

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“ ESTUDIO DE LA CONTAMINACION POR LA PRESENCIA DE  
BACTERIAS Y HONGOS EN LA ZONA DE LAVADO DE LAS  
UNIDADES RECOLECTORAS DE RESIDUOS SOLIDOS EN LA  
PLANTA DE TRANSFERENCIA DE LA EMPRESA RELIMA (HUAYNA  
CAPAC)”**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO SANITARIO**

**PRESENTADO POR:**

**CARLOS ALBERTO VIDAL CHAMORRO  
HECTOR SANTIAGO ANTICONA SUAREZ**

**LIMA, PERÚ**

**2013**

## DEDICATORIA

### **HECTOR SANTIAGO A.**

Agradezco en primer lugar al dueño de mi vida, Dios

A mis mayores bendiciones, mis hijos Abigail y Santiago, y mi

Amada esposa Chío

A mis padres por enseñarme desde su humildad a

Siempre perdonar por más que nos hieran, siempre

Levantarse, ser constantes y trabajar con ahínco

A mis amigos, por sus sinceras palabras de aliento en

Los momentos más difíciles.

### **CARLOS VIDAL CH.**

A *Dios* por su infinito Amor y misericordia.

A mis queridos Padres, Francisco y María, por su

Confianza a lo largo de todo este tiempo.

A mí amada *esposa* Janett, llegaste en el momento

Correcto, y tus consejos siempre son oportunos,

Gracias por ser única, a mi primogénito *Salvador*.

Y no puedo olvidar a mi abuela Eufemia, que me

Enseño lo que es luchar por lo que uno más quiere, y aquí lo logré

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, quien nos da la fuerza y sabiduría para poder alcanzar las metas que uno se traza y quien nos da ánimo en los momentos difíciles. Gracias!

Nuestro agradecimiento sincero a la Dra. Amparo Becerra, por habernos brindado la posibilidad de realizar nuestra tesis, poniendo su confianza en nosotros, pero muy especialmente por sus consejos y su paciencia.

Al Ing. Rafael Winchez Guzmán por su valiosa orientación, colaboración y estímulo en el desarrollo de la presente investigación.

A nuestros Padres, por su ayuda incondicional, sin sus sabios consejos no hubiéramos podido llegar a culminar nuestros objetivos.

A la Empresa "CIA. RELIMA S.A" y a todas las personas que han contribuido con el recojo de muestras y análisis de datos.

Y por último, a todas las instituciones que facilitan la labor de investigación, poniendo a nuestro alcance datos y recursos que nos han ayudado en la interpretación de los resultados de nuestro estudio.

## RESUMEN

La presente Tesis tiene por objetivo conocer los diferentes tipos de agentes biológicos presentes en el aire del área de lavado de unidades de recolección de residuos sólidos que pudieran estar originando problemas de salud pública.

Los efectos en los trabajadores que operan en el área de lavado de las unidades de recolección de residuos sólidos domésticos pudieran estar siendo considerables, tales como lo demuestran otros estudios que concluyen en la presencia desde simples reacciones alérgicas hasta el desarrollo de algunas enfermedades. En tal sentido, se procedió a determinar un área representativa para dicho estudio. Escogiéndose así a RELIMA, que consciente de esta situación tomó la iniciativa de permitir y dar todas las facilidades para el presente Estudio de Investigación de los Agentes Biológicos en la planta de transferencia Huayna Capac.

Para alcanzar el referido objetivo de nuestro estudio, se diseñó una investigación cualitativa, de tipo observacional. Las muestras ambientales para la determinación de la concentración de agentes biológicos se obtuvieron por el sistema de impactación en placa de agar, que usó como instrumento de medición, el **BioStage Impactors** a un caudal de 28.3 l/min. y biocassettes cat 225 - 9800, especiales para la recolección de la posible presencia de los agentes contaminantes en estudio, estos biocassettes se colocaron en tres puntos básicos.:

**Punto 1;** el cual fue ubicado a una distancia similar al que estarían los trabajadores, al realizar el lavado de las unidades recolectoras.

**Punto 2;** dicho punto fue ubicado a una distancia aproximada de un metro y medio de las unidades recolectoras, en el mismo momento que estas están siendo lavadas, esto es para imitar la presencia de terceros alrededor de las unidades recolectoras durante su lavado.

**Punto 3;** este último punto fue ubicado en la zona de mantenimiento de unidades, el cual es un lugar ajeno directamente a la zona de lavado

Dichas observaciones se hicieron con el objetivo a su vez de establecer comparaciones del posible impacto sobre la salud, tanto del personal directamente involucrado en el problema como en aquellos ajenos a la exposición directa. Posterior a este paso, se trasladó los biocassettes a un laboratorio debidamente implementado (Laboratorios de la Facultad de Microbiología de la Universidad

Nacional Mayor de San Marcos) y en el que a su vez se solicitó el apoyo de un profesional Biólogo, para la manipulación y realización de los cultivos de los contaminantes biológicos sometidos a estudio, tanto para **Bacterias** (*Mycobacterium Tuberculosis*, *Legionella Pneumophila*, *Bacilus Anthracis*, *Bacillus sp* y *Micrococcus sp*) y **Hongos** (*Penicillium SP.*, *Histoplasma Capsulatum*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Gunninghamella*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium* y *Micelio sterilia*).

Los resultados que se obtuvieron fueron comparados en base a estudios previos, que nos sirvieron como estándares de medición, ya que en nuestro país no existen normas técnicas y menos aún estándares que alerten de la posible contaminación sobre las personas en este tipo de actividad laboral. Los estudios a los que nos referimos básicamente son los de **Warner & Col. 1993, PBI (Pool Bioanalysis Italiana) y ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists –Comité de bioaerosoles)**.

Lo obtenido de nuestros resultados, nos refiere que; en el *Punto 1*, se halló  $2.85 \times 10^2$  UFC/M<sup>3</sup>, existiendo así un nivel de contaminación intermedia en el aire positiva para la bacterias del género *Bacillus sp*. Para lo que respecta a Hongos, se halló  $2.50 \times 10^2$  UFC/M<sup>3</sup> del tipo *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium*

En el análisis del *Punto 2*, se encontró  $1.85 \times 10^2$  UFC/M<sup>3</sup>, clasificado en un nivel de contaminación intermedia, para las bacterias del género *Bacillus sp* y *Micrococcus sp*; en cuanto a los hongos se halló los mismos resultados que para el *Punto 1*,  $2.50 \times 10^2$  UFC/M<sup>3</sup> del tipo *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium*. Y por último al evaluar el *Punto 3*, todas las muestras resultaron negativas a la presencia de agentes biológicos.

## INDICE

<b>I</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>10</b>
1.1	ANTECEDENTES	10
1.2	JUSTIFICACION	17
1.3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.3.1	DEFINICION DE TERMINOS	20
1.3.2	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	22
<b>II</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>23</b>
2.1	OBJETIVO GENERAL	24
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	24
<b>III</b>	<b>MARCO TEORICO</b>	<b>25</b>
3.1	CONTAMINANTE BIOLOGICO	25
3.2	AGENTES BIOLOGICOS	27
3.2.1	DEFINICIONES DE AGENTE BIOLOGICO	28
3.2.1.1	DEFINICION BIOLOGICA	28
3.2.1.2	DEFINICION LEGAL	28
3.3	BIOAEROSOL	29
3.4	TIPOS DE AGENTES BIOLOGICOS	31
3.4.1	BACTERIAS	31
3.4.1.1	MORFOLOGIA	32
3.4.1.2	ALIMENTACION	35
3.4.1.3	CLASIFICACION	37
3.4.1.4	RELACION ENTRE BACTERIA Y HUESPED	37
3.4.1.5	BACTERIAS PATOGENAS	38
3.4.1.6	PRINCIPALES BACTERIAS COMO AGENTES BIOLOGICOS DEL AIRE	42
3.4.2	HONGOS	53
3.4.2.1.	ESTRUCTURA	53
3.4.2.2.	HONGOS PATOGENOS PARA EL SER HUMANO	56
3.4.1.3	PRINCIPALES HONGOS COMO AGENTES BIOLOGICOS DEL AIRE	60
3.5	EFFECTOS DE LOS AGENTES BIOLOGICOS	67
3.6	CLASIFICACION DE LOS AGENTES BIOLOGICOS	70
3.7	PRINCIPALES ENFERMEDADES PROVOCADAS POR LOS BIOAEROSOLES	72
3.8	PLANTAS DE TRANSFERENCIA	81
3.8.1.	DEFINICION	81
3.8.2.	SISTEMAS DE TRANSFERENCIA	83
3.8.3.	JUSTIFICACION DE UNA ESTACION DE TRANSFERENCIA	84
3.8.4.	TIPOS DE ESTACIONES	84
3.8.4.1	ESTACIONES DE DESCARGA DIRECTA	85
3.8.4.2	ESTACIONES DE DESCARGA INDIRECTA	87

3.8.5.	PLANTAS DE TRANSFERENCIA EN LIMA	89
3.8.6.	ZONA DE LAVADO DE UNIDADES RECOLECTORAS DE RESIDUOS SOLIDOS	90
3.9	SALUD OCUPACIONAL	90
3.9.1.	DEFINICION	90
3.9.2..	SALUD OCUPACIONAL EN EL LAVADO DE UNIDADES DE RECOLECCION	91
3.9.2.1	RIESGOS FISICOS	92
3.9.2.2	RIESGOS BIOLÓGICOS	92
<b>IV</b>	<b>MARCO LEGAL</b>	<b>93</b>
4.1	ASPECTOS LEGISLATIVOS EN LA SALUD OCUPACIONAL	93
<b>V</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>97</b>
<b>VI</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>98</b>
6.1	DETERMINACION DE VARIABLES	98
6.2	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	98
<b>VII</b>	<b>METODOLOGIA Y MATERIALES</b>	<b>99</b>
7.1	DESCRIPCION DEL METODO	99
7.2	METODOS ANALITICOS	99
7.3	PROCEDIMIENTO	100
7.3.1.	DEFINICION	100
7.3.2.	AREA DE ESTUDIO	101
7.3.3.	UBICACIÓN	101
7.3.3.1	DATOS DE ACCESO DE LA PLANTA DE TRANSFERENCIA HUAYNA CAPAC	102
7.3.4.	DESCRIPCION DE LA PLANTA DE TRANSFERENCIA HUAYNA CAPAC	102
7.3.4.1	ZONA DE ENTRADA	105
7.3.4.2	OFICINAS Y DEPARTAMENTOS	105
7.3.4.3	AREA DE LAVADO DE LAS UNIDADES DE RECOLECCION	105
7.4	PUNTOS DE MEDICION	111
7.5	MANIPULACION, ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y ELIMINACION DE LAS MUESTRAS	114
7.6	TECNICAS ANALITICAS	115
7.7	MATERIALES	122
<b>VIII</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>123</b>
8.1	DISCUSION DE RESULTADOS	129
<b>IX</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>132</b>
<b>X</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>132</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>133</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>138</b>

**INDICE DE TABLAS**

1. BIOAEROSOLES DOMINANTES EN FUNCION DEL SUSTRATO	9
2. AGENTES BIOLÓGICOS CON EFECTOS ALERGENICOS	23
3. CLASIFICACION DE LOS AGENTES BIOLÓGICOS	24
4. PRINCIPALES ENFERMEDADES POR LOS BIOAEROSOLES	92
5. ENFERMEDADES RESPIRATORIAS NO INFECCIOSAS	96
6. INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA DE TRANSFERENCIA	103
7. NIVELES DE MICROORGANISMOS EN EL AIRE Y EL POLVO	104
8. MATERIALES	105
9. MUESTRAS DE AIRE DE LA ZONA DE LAVADO, PUNTO1	105
10. MUESTRAS DE AIRE DE LA ZONA DE LAVADO, PUNTO2	105
11. MUESTRAS DE AIRE DE LA ZONA DE LAVADO, PUNTO3	105

**INDICE DE FOTOGRAFIAS**

1. ZONA DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SOLIDOS	22
2. PROCESO DE LAVADO DE UNIDADES DE RECOLECCION	23
3. BALANZA ELECTRONICA	106
4. AREA DE LAVADO DE UNIDADES DE RECOLECCION	107
5. OPERARIO DE LAVADO Y EQUIPO DE SEGURIDAD	108
6. ZONA DE PESAJE DE SEMY TRAYLERS	111
7. TOMA DE MUESTRAS PUNTO 1	112
8. TOMA DE MUESTRAS PUNTO 2	113
9. TOMA DE MUESTRAS PUNTO 3	113
10. ALAMACENAJE DE MUESTRAS	114
11. ANALISIS EN LABORATORIO	117
12. PLACAS CON MUESTRAS DE AGENTES BIOLOGICOS	118

## I. INTRODUCCION

### 1.1. ANTECEDENTES

El tema de los agentes biológicos en el aire, o llamados también bioaerosoles, es un tema de estudio que data desde la antigüedad con Lucretius (55 a.C.) quien observó las partículas de polvo brillando en un rayo de sol en una habitación oscura y concluyó que su movimiento se debía al bombardeo de innumerables e invisibles átomos en el aire. Aunque fue necesario esperar al descubrimiento del microscopio para ver que en el aire había microorganismos vivos. Las esporas de los hongos fueron vistas por un botánico napolitano, Valerius Cordus, en el siglo XVI, pero fue Micheli (1679-1737) quien primero las dibujó observando las esporas de los mohos que se transmitían por el aire (Miquel y Cambert, 1901). Leeuwenhoek (1722) observa y describe por primera vez las bacterias en distintos ambientes y supone que «estos animáculos pueden ser transportados por el viento mediante el polvo que flota en el aire». Varron (116-26 a. C) fue uno de los primeros que intuyó la presencia en el aire de organismos vivos. Esta idea la vuelven a retomar Roger Bacon, en el siglo XIII y Fracastorio de Verona, en el XVI, el cual indica en su obra «De contagionibus » (1546) que las enfermedades infecciosas eran producidas por un «contagium vivum» y que podían transmitirse a través del aire «ad distans» (Bulloch, 1938). Posteriormente se demostró la presencia en el aire de varias bacterias patógenas como *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Mycobacterium tuberculosis*, etc. y que, por tanto, a través de él podían transmitirse enfermedades infecciosas como la escarlatina, tuberculosis, tosferina y rubéola (Macé, 1913). La presencia en el aire confinado de estreptococos de la boca, hizo sugerir a Gordon (1904) que estas bacterias podían usarse como índice de contaminación respiratoria del aire. En aquella época se pensó que la transmisión no era posible a través de grandes distancias, ni siquiera de un barrio a otro dentro de una misma ciudad, sino que era necesaria una gran proximidad, y que el contagio se debía a secreciones respiratorias de una persona enferma a otra sana (Flügge, 1897).

Tuvo gran importancia el descubrimiento de los «núcleos goticulares», demostrando que algunos microorganismos patógenos podían transmitirse a grandes distancias y sobrevivir en el ambiente durante semanas o meses

En los años cuarenta se realizan numerosos estudios por Bourdillon y sus colaboradores. Investigaciones muy amplias, que comprendían desde aires confinados como casas, hospitales (1946) y fábricas (1948), hasta la investigación de la supervivencia de las bacterias (1948).

Ya en la década de los años cincuenta; se caracterizó por la aparición de una Ciencia multidisciplinaria, la Aerobiología, en la que se estudian los microorganismos del aire desde todos sus aspectos: identidad, comportamiento, movimientos y supervivencia, así como sus implicaciones con otros microorganismos, el hombre, los animales y la vegetación.

Varios autores estudian la supervivencia de los microorganismos en los aerosoles, tanto bacterias: *Bacillus* (Harper et al., 1952), *Escherichia coli* y *Pseudomonas* (Brown, 1953), *Corynebacterium*, *Micrococcus*, *Serratia* y *Mycobacterium* (Ferry et al., 1958), *Staphylococcus* (Webb, 1959); como hongos: *Aspergillus*, *Pestalotia* (Mazur y Weston, 1955); o virus: influenza (Schechmeister, 1950).

Como hemos visto, a lo largo del siglo XX el interés por la Microbiología del aire ha sido variable, alternándose épocas de entusiasmo con otras de escepticismo. Actualmente, nos encontramos en un período de renovación de este interés en todos los ambientes lo que ha supuesto un resurgimiento de la Aerobiología y un desarrollo de la actividad investigadora en este campo, pues es de conocimiento que la exposición a las bacterias, hongos, micotoxinas y virus presentes en el aire supone un peligro biológico potencial (Clark et al 1991).

Es especialmente en las plantas de tratamiento de residuos, instalaciones en cuyo interior pueden hallarse potencialmente concentraciones muy elevadas de agentes microbiológicos como bacterias, hongos, protozoos y/o endotoxinas producidas por los mismos (Tolvanen y cols., 2005; Tolvanen y Hänninen, 2005, 2006).

Sin embargo, las condiciones laborales características de plantas de tratamiento de residuos urbanos pueden ser muy diferentes en función de varios parámetros como

la tipología de los materiales entrantes, los propios procesos de tratamiento, las condiciones climatológicas de la zona, etc. Entre ellos, el tipo de residuo orgánico y la tecnología usada parecen ser los dos factores determinantes de *Aspergillus fumigatus* y bacterias mesófilas totales generados durante el manejo de los residuos orgánicos (Sánchez-Monedero y cols., 2006).

En consecuencia, los niveles de contaminación obtenidos en estudios puntuales pueden resultar difícilmente comparables a los hallados en otras investigaciones precedentes. De todos modos, diversas investigaciones han apuntado niveles aproximados de contaminación microbiológica en el interior y las cercanías de plantas de compostaje (Fischer y cols., 2008). En un estudio de exposición ocupacional a agentes biológicos, Lavoie y cols. (2006) detectaron concentraciones medianas de hasta 50,300 UFC/m<sup>3</sup> de bacterias y de 101,700 UFC/m<sup>3</sup> de hongos en diferentes escenarios de trabajo en Québec (Canadá).

En España, son muy escasos los estudios publicados referentes a los problemas de salud laboral en plantas de compostaje. Recientemente, Solans y cols. (2007) realizaron un amplio estudio para caracterizar la exposición a hongos y bacterias en una planta de selección de residuos de envases. Las concentraciones más elevadas de hongos y bacterias gram negativas se observaron en la nave de selección de envases (>12.000 y 5.280 UFC/m<sup>3</sup>, respectivamente), mientras que los mínimos niveles se hallaron en el exterior de las instalaciones (750 y 85 UFC/m<sup>3</sup>, respectivamente)

Sánchez – Monedero en el 2006, realizó un estudio acerca de la generación de bioaerosoles en estaciones depuradoras de aguas residuales, hallándose los principales focos de emisión y en donde se encontraron concentraciones de bacterias mesófilas en el aire, con un recuento de 1787,450 y 2330 ufc en los diferentes puntos, y concluyendo así que se constituyen un riesgo biológico, al que podrían estar expuestos lo trabajadores en las estaciones depuradoras de aguas residuales.

José L. Domingo(2006-2008) de la universidad de Rovira, en España , después de muchas revisiones y compilaciones, realizó un proyecto de investigación, basada en el diseño de un programa preventivo sobre los riesgos de la salud en los

trabajadores, expuestos a contaminantes microbiológicos y químicos, en las plantas de compostaje de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (Ecoparc-2/ Montcada), en el que, el objetivo de la investigación fue evaluar la exposición ocupacional en las 4 áreas de la planta de compostaje (recepción, selección, compostaje y biometanización). Se analizaron los niveles en aire de bacterias totales y gram-negativas, así como de hongos (a 25°C y 37°C). Controlándose las concentraciones de los mismos contaminantes microbiológicos en puntos al exterior de la planta, para ser utilizadas como valores de referencia se determinaron cada 3 meses con el fin de estudiar cualquier posible tendencia estacional.

Hallándose la presencia de *Aspergillus fumigatus* y las concentraciones más elevadas de microorganismos (excepto de bacterias totales y *A. fumigatus* a 37°C) en las cabinas de selección, siendo estos trabajadores los más expuestos a los contaminantes químicos y microbiológicos emitidos durante el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. Especialmente significativas fueron las diferencias en las concentraciones de bacterias halladas en las cabinas de selección, en comparación con los valores de las zonas exteriores y de biometanización. A diferencia de las bacterias, no observaron diferencias notables de los niveles de hongos respecto a los puntos de referencia. Así mismo, se observaron niveles relativamente más elevados de bioaerosoles en la estación de verano.

Otras investigaciones revisadas coinciden también en establecer que las principales actividades antropogénicas generadoras de bioaerosoles fungí y consideradas potenciales fuentes de emisión, por liberar una gran cantidad de microorganismos a la atmósfera, se encuentran asociadas a sistemas de tratamiento de aguas residuales, plantas de tratamiento de residuos orgánicos, compostaje o disposición en rellenos sanitarios; resultando este último, en la emisión de aerosoles biológicos, algunos de los cuales son potencialmente patógenos, y denotando gran importancia el reino fungí, al ser uno de los más estudiados por el alto impacto que ejerce sobre la salud pública.

Así, Vélez-Pereira (2009) realizó una investigación sobre la evaluación de la concentración de bioaerosoles fungí asociados al relleno sanitario en Colombia, en

donde se realizaron seis campañas de monitoreo en dos jornadas (mañana y tarde) en seis estaciones: tres ubicadas en las unidades de proceso del relleno sanitario y tres en comunidades aledañas, por medio de la recolección de muestras en Agar Saboreaud-Dextrosa y en donde pudieron identificar diecinueve géneros, con predominancia de *Aspergillus* spp en un 45%, *Penicillium* spp un 23% y *Geotrichum* spp en un 18%; además de reportarse una alta concentración de hongos respirables perjudiciales a la salud del personal que labora en el relleno sanitario.

Diversos trabajos de investigación realizados en otros países, especialmente en México, revelan que el Lavado de Vehículos recolectores de Residuos sólidos se tienen que regir a estándares, que se permita ver el grado de incidencia de riesgo que se pueda generar en el aire por efecto del contacto del agua con el Vehículo recolector.

El Centro Nacional de Condiciones de Trabajo - Barcelona (Ministerio de Trabajo e Inmigración - España) realizó un estudio denominado " Determinación Ambiental de Agentes Biológicos en una Planta de Transferencia de Residuos", donde indican que; "Se ha observado una asociación entre la actividad laboral en plantas de tratamiento de residuos y la aparición de distintos síntomas en los trabajadores, como irritación de la piel, ojos y membranas mucosas, trastornos gastrointestinales y respiratorios y el síndrome tóxico por polvo orgánico". La aparición de esta sintomatología se ha relacionado con la exposición a bioaerosoles.

El objetivo de este estudio ha sido determinar la exposición laboral a agentes biológicos en una planta de transferencia de residuos sólidos urbanos (RSU). La concentración fúngica más elevada se ha obtenido en el interior de la nave de transferencia (3960 ufc/m<sup>3</sup>), y está formada mayoritariamente por los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*. En el resto de los puntos analizados la concentración ambiental y la flora fúngica obtenidas han sido similares a la obtenida en el exterior de la planta. Los puntos de medición que se seleccionaron en este estudio fueron: exterior, talleres, oficinas, nave de transferencia, cabina control compactadora, nave de lavado de contenedores, depuradora físico - química.

Para nuestros antecedentes, hemos seleccionado los resultados obtenidos en la medición hecha a la nave de lavado de contenedores, donde se señala que; la

concentración ambiental de hongos obtenidas fue de 180 ufc/m<sup>3</sup>, para Cladosporium (52%), Alternaria (15%), Aspergillus fumigatus (7%), Aspergillus flavus (4%), Aspergillus niger (4%) y Penicillium (4%). Así mismo, la concentración ambiental de Bacterias obtenidas fue de 1190 ufc/m<sup>3</sup>, para el Staphylococcus (76%) y el Micrococcus (9%), por lo cual el Centro Nacional de Condiciones de Trabajo concluye, expresando: "Los trabajadores que desarrollan su actividad en una planta de transferencia de residuos sólidos urbanos pueden estar expuestos a agentes biológicos; esta exposición se produce mayoritariamente en forma de hongos y, en menor intensidad, bacterias gram positivas".

Ya en nuestro país, el estudio de Contaminantes Biológicos es muy escaso y más aún aquellas que se encuentran en el aire, no realizándose estudios o haciéndose en forma aislada, pero sin mayor relación y evaluación del posible impacto sobre la salud del trabajador que labora en diversos puntos de nuestro país, y más aún en los trabajadores que se desempeñan en el lavado de vehículos recolectores de residuos sólidos, que como lo detallan diversas investigaciones, son zonas riesgosas y potenciales del desarrollo de contaminantes biológicos y que estos a su vez se constituyen como fuentes generadoras de posibles enfermedades.

Distintos estudios han observado la aparición en estos trabajadores del denominado síndrome tóxico del polvo orgánico que se ha asociado con la exposición permanente en este tipo de instalaciones a una gran variedad de bacterias, sobretodo gram negativo, hongos y endotoxinas que se pueden liberar al ambiente durante el proceso.

Este síndrome se caracteriza por la aparición de dolor de cabeza en los trabajadores, síntomas similares a los de una gripe (por ejemplo, fiebre), así como irritación de los ojos y del tracto respiratorio superior, fatiga, náuseas y diarrea. Estos síntomas pueden aparecer poco tiempo después de iniciar la jornada de trabajo y a menudo han desaparecido al día siguiente.

También se han producido incrementos significativos en la frecuencia de aparición de trastornos gastrointestinales (náuseas, vómitos o diarreas) entre trabajadores de plantas de compostaje. Así mismo, dos estudios muestran la aparición en un caso,

de alveolitis alérgica y aspergillosis invasiva por *Aspergillus fumigatus* y, en otro, de pneumonitis hipersensitiva.

En cualquier caso, es importante señalar que los efectos sobre la salud parecen ser debidos a la naturaleza del propio proceso y son independientes del tipo de residuos tratados

En tal sentido, en nuestro país son muy pobres las investigaciones en este campo y por lo tanto, la sustentación científica que lleve a establecer normas técnicas de prevención de riesgos, que acojan y protejan la salud de los trabajadores peruanos, que se desempeñan en el lavado de las unidades recolectoras de residuos sólidos en las plantas de transferencia son nulas.

Con el Propósito de recopilar exhaustivamente mayores antecedentes para la realización y culminación de la presente tesis, solicitamos a entidades como; DIGESA y CENSOPAS datos que nos puedan ayudar a complementar y profundizar en el estudio de los agentes biológicos (Hongos y Bacterias). Es por eso que mediante documento (Ver anexo 1), solicitamos a DIGESA, parámetros de la calidad de aire de la ciudad de Lima, para poder compararlos con los hallados en nuestro muestreo realizado en la Planta de Transferencia de Residuos sólidos Huayna Cápac. Por su lado, DIGESA, mediante documento (ver anexo2), nos remite un informe referente a la información solicitada, donde nos comunica que esta entidad no realiza evaluación de Hongos y Bacterias en calidad de aire, por lo que no puede brindarnos la información solicitada. Sin embargo nos sugiere solicitar información al Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente (CENSOPAS), perteneciente al Instituto Nacional de Salud (INS). Sin embargo, esta entidad nos comunicó que tampoco tienen en sus registros los datos solicitados. Esto es solo una confirmación de nuestra preocupación, dado que no existen registros sobre estudios de límites permisibles sobre contaminantes biológicos en nuestro país. Y por ende no existen normas técnicas y menos aún estándares que alerten de la posible contaminación sobre las personas en este tipo de actividad laboral

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

El proceso de lavado de las unidades de recolección de residuos sólidos, es un tema de salud ocupacional (salud de las personas), es así que, se empezaron a determinar directrices en pos del mismo; es por eso que ciertos países empiezan a crear normas técnicas que fundamenten y orienten a seguir un proceso correcto. Este no es el caso de nuestro país en el que no existen referidas normas que si lo poseen países europeos tales como España en que inclusive existe un *“Consejo de las Comunidades Europeas para la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos, físicos y biológicos durante el trabajo”*, en la que se prevén directivas sobre agentes determinados.

Una de las principales preocupaciones de toda compañía debe ser el control de higiene y salud ocupacional para proteger a sus trabajadores y por ende sus recursos materiales y financieros.

Las enfermedades profesionales son factores que interfieren en el desarrollo normal de las actividades laborales, incidiendo negativamente en la productividad y por consiguiente amenazando su solidez y permanencia en el ámbito laboral. En consideración a lo anterior, toda compañía debe asumir su responsabilidad en buscar y poner en práctica las medidas necesarias que contribuyan a mantener y mejorar los niveles de eficiencia en las operaciones de la empresa y brindar a sus trabajadores un medio laboral seguro.

El presente trabajo de investigación pretende determinar el estudio de los bioaerosoles y la problemática que podría traer consigo sobre la salud de los trabajadores en la Planta de Transferencia Huayna Cápac, durante el lavado de las unidades de recolección de residuos sólidos.

La exposición del trabajador, al que se encuentra durante el proceso de lavado de las unidades de recolección, son microorganismos aerotransportados, adheridos a los aerosoles de agua originados durante dicho proceso, los cuales ocasiona una serie de perturbaciones físicas y biológicas (alergias, diarreas, irritación de la piel, ojos y membranas mucosas, trastornos gastrointestinales y respiratorias, etc.) que modifican las condiciones iniciales de salud de la persona.

En tal sentido, los efectos patológicos en los trabajadores, debido a la exposición de los aerosoles originados en el proceso de lavado pueden ser considerables. Para lo cual existen instituciones como; Centers For Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Manual Of Analytical Methods ( Niosh 0800, Niosh 0801, Niosh 900) y la Agencia Federal de Salud e Higiene Ocupacional (OSHA) que tienen métodos estándares para el muestreo de factores de riegos dentro de una industria.

En nuestro país, de acuerdo a la información encontrada, no se han desarrollado investigaciones sobre Estudios contaminantes biológicos por efecto del lavado de vehículos recolectores de residuos sólidos. Por lo tanto es importante encontrar parámetros de cuantificación de bioaerosoles biológicos en el aire al realizarse el lavado de las unidades recolectoras de residuos sólidos, de esta manera saber en cuánto puede contribuir dicha investigación para tomar medidas preventivas en el trabajador.

Así mismo, el presente trabajo de investigación busca contribuir a la reducción de la contaminación directa al medio ambiente.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Muchos son los problemas que ocasionan los residuos sean sólidos, líquidos o gaseosos, debido fundamentalmente a un manejo inapropiado de los mismos y específicamente por inconveniente de disposición final, esto nos lleva a un nivel de contaminación tanto del suelo, agua y aire, con graves consecuencias para la salud de la población y en general para la preservación del ecosistema.

El grado de contaminación presente en ambientes, es la causa de muchos y múltiples problemas de variada naturaleza que pueden abarcar desde una simple fatiga o incomodidad, hasta síntomas comparables con alergia, enfermedades respiratorias, infecciones y cáncer, entre otros. Existen instituciones como la agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA), Centers For Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Manual Of Analytical Methods ( Niosh 0800, Niosh 0801, Niosh 900) y la Agencia Federal de

Salud e Higiene Ocupacional (OSHA) que tienen métodos estándares para el muestreo de factores de riesgos dentro de una industria.

Los daños causados en el proceso de manejo y disposición final de residuos sólidos son incalculables, entre estos daños podemos nombrar a microorganismos aerotransportados, adheridos a los aerosoles de agua, que se originan en el proceso del lavado de las unidades de recolección de residuos sólidos, los cuales ocasiona una serie de perturbaciones físicas y biológicas (alergias, diarreas, irritación de la piel, ojos y membranas mucosas, trastornos gastrointestinales y respiratorias, etc.) que modifican las condiciones iniciales de salud de la persona.

Existen suficientes indicios de que en el área de servicio de lavado de unidades de recolección de residuos sólidos, coexisten sustancias, capaz de alterar sus propiedades físicas y proveer las condiciones necesarias para el desarrollo y crecimiento de microorganismo que alteren las propiedades biológicas del aire lo cual puede originar efectos sobre la salud de las personas.

Los efectos en los trabajadores que operan en el área de lavado de las unidades de recolección de residuos sólidos domésticos son considerables. En tal sentido, conscientes de esta situación hemos tomado la iniciativa de prevenir esta situación, elaborando el Estudio de Investigación de Agentes Biológicos en plantas de transferencia.

El Estudio utilizó técnicas de Metodología para Agentes Biológicos Ocupacionales, y como instrumento de medición, se usó el **BioStage Impactors** a un caudal de 28.3 l/min. y biocassettes cat 225 - 9800, utilizando la celulosa con placas petri sobre un medio enriquecido de agar, de manera que estas no causen perjuicio al ambiente, molestias a la población o daños a la salud pública.

Así mismo, obtener el conocimiento de los diferentes tipos de agentes biológicos en el aire del área de lavado de unidades de recolección de residuos sólidos que originan problemas de salud pública.

Es el tema directo de esta investigación, ya que no está establecido a nivel normativo en nuestro país ni en el de nuestro entorno socioeconómico.

### 1.3.1 DEFINICION DE TERMINOS

- **ADN:** Acido desoxirribonucleico
- **ARN:** Acido Ribonucleico.
- **DBO<sub>5</sub>:** Demanda Bioquímica de Oxígeno, definida por la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos, mientras se estabiliza la materia orgánica putrescible, bajo condiciones aerobias, de tiempo y temperatura específicos (5 días y a 20°C).
- **DQO:** Demanda Química de Oxígeno, que expresa la cantidad de oxígeno consumida por los cuerpos reductores en un agua sin intervención de los microorganismos.
- **UFC:** Unidad formadora de colonia
- **Parámetro:** Valor numérico o dato fijo que se considera en el estudio o análisis de una característica, se refiere a una característica física, química y/o biológica de un efluente.
- **pH:** Logaritmo de signo negativo, de la concentración de iones hidrógeno expresado en moles por litro.
- **Cultivo:** un cultivo es un método para la multiplicación de microorganismos, tales como bacterias , hongos y parásitos, en el que se prepara un medio óptimo para favorecer el proceso deseado.
- **Agar - Nutritivo:** el que crecerá todo tipo de microorganismos, y que será el adecuado para el conteo total de microorganismos viables.
- **Agar Sabouraud:** Es al que se añade cloranfenicol, y se utiliza para captar hongos y levaduras (el cloranfenicol evita el desarrollo de microorganismos que enmascararían el crecimiento de los hongos y levadura).
- **Agar Sangre (=TSA = Trypticase Soja Agar) :** El AS al 5% con base de Trypticase-Soja es un medio de uso general que permite el crecimiento tanto de microorganismos exigentes como no exigentes, que incluyen bacterias aerobias y anaerobias, aunque no es medio de elección para anaerobios. Permite visualizar reacciones hemolíticas que producen muchas especies bacterianas. También

permite el crecimiento de algunos gérmenes exigentes como estreptococos, neumococos, etc.

- **Medio Mc Conkey:** Este medio se utiliza para el aislamiento de bacilos Gram negativos de fácil desarrollo, aerobios y anaerobios facultativos. Permite diferenciar bacterias que utilizan o no, lactosa en muestras clínicas, de agua y alimentos. Todas las especies de la familia Enterobacteriaceae desarrollan en el mismo
- **Medio- Chapman:** Medio para la detección de estafilococos patógenos en muestras de alimentos y otros materiales, mediante la técnica de filtración por membrana..
- **Trypticase - Soy – Agar:** suministrado en frascos, es un medio de uso general completado parcialmente que, vertido en placas de Petri o tubos, favorece el crecimiento de microorganismos tanto no exigentes como moderadamente exigentes. En la microbiología clínica, no se utiliza para el aislamiento de patógenos a partir de muestras clínicas, pero puede ser utilizado para el cultivo de cepas bacterianas.
- **SST:** Sólidos suspendidos Totales
- **SSV:** Sólidos Suspendidos Volátiles
- **ST:** Sólidos totales.
- **STV:** Sólidos totales volátiles.
- **Aceites y grasas:** los lípidos son componentes biológicos que son solubles en solventes no polares como benceno, cloroformo y éter, y son prácticamente insolubles en agua. Consecuentemente, éstas moléculas son diversas tanto en lo referente a su estructura química como a su función biológica.
- **Sólidos sedimentables:** Los sólidos sedimentables: son los que sedimentan al dejar el agua residual en condiciones de reposo durante una hora, este tiempo también depende del tamaño del sedimentador.
- **Residuo urbano o municipal:** Los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquéllos que no tengan la clasificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades. También se

considerarán como residuos urbanos los procedentes de la limpieza vial (vía pública, zonas verdes, áreas recreativas y playas), animales domésticos muertos, muebles, enseres, vehículos abandonados y residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y de reparaciones domiciliarias.

### 1.3.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

La Planta de Transferencia de Huayna Cápac, es una instalación especialmente construida para realizar la transferencia de residuos sólidos desde las unidades de recolección hacia unidades de gran capacidad, y posteriormente hacia su disposición final en los rellenos sanitarios de Portillo Grande y de Zapallal.

En tal sentido, estas unidades de recolección requieren mantenimiento y limpieza periódicamente, con el fin de mantenerlos en condiciones operativas y sanitarias adecuadas para satisfacer los requerimientos sanitarios. Por lo cual requieren ser lavadas frecuentemente para eliminar la materia orgánica en descomposición que queda adherida a las paredes después de la descarga realizada. Para este proceso de limpieza vienen utilizando un producto llamado *simple Greem*, el cual es un limpiador desengrasante concentrado, el mismo que se aplica mediante un equipo de lavado a presión.



**Foto1:** Zona de transferencia de residuos sólidos de las unidades de recolección hacia las unidades de mayor capacidad

Es por ello que esta Planta de transferencia cuenta con un área de lavado, donde las unidades de recolección encargados de la evacuación y transporte de los residuos domésticos son lavados inmediatamente después de su descarga.

Producto del lavado de estas unidades, se originan bioaerosoles de agua contaminados en el aire, que pueden afectar a la salud del operario, el cual se encuentra en contacto directo con estos bioaerosoles y de forma constante. Por lo cual, se realizó la identificación de agentes biológicos en el aire como (bacterias, hongos) para su debido control en la prevención de la salud ocupacional.

Es así que, después de observar el proceso de lavado de las unidades de recolección y saber cuál es el impacto de los bioaerosoles sobre el ser humano, nos preguntamos:

¿Cuál es el nivel de exposición a bacterias y hongos que tienen los operarios, encargados de realizar el lavado de unidades de recolección de residuos sólidos en la Planta de Transferencia Huayna Cápac?



**Foto 2:** Operario de la zona de Lavado de unidades recolectoras, durante el proceso de lavado de las unidades de recolección de residuos sólidos.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar cualitativa y cuantitativamente la calidad de aire en la zona de lavado de los vehículos recolectores de residuos sólidos tomando como indicadores la presencia de bacterias y hongos.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar la presencia de los diferentes agentes biológicos sometidos a estudio
- Determinar las concentraciones de las bacterias y hongos medidos en unidades formadoras de colonia por metro cúbico (ufc/m<sup>3</sup>) en los diferentes puntos de la zona de lavado y de mantenimiento.
- Mapear las áreas contaminadas de la zona de lavado

### III. MARCO TEORICO

#### 3.1 CONTAMINANTE BIOLÓGICO

Se entiende por contaminante biológico a los microorganismos y parásitos que pueden estar presentes en el puesto de trabajo y causar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad. Este tipo de contaminantes puede estar presente en trabajos con animales, recolección de residuos sólidos, asistencia sanitaria, instalaciones deportivas etc. Así mismo, podemos decir que son seres vivos, a diferencia de los contaminantes físicos y químicos.

Los contaminantes biológicos penetran en el ser humano y pueden causar diferentes enfermedades: Infecciosas, alérgicas y parasitarias.

Los contaminantes biológicos se clasifican en:

- Virus
- Bacterias
- Protozoos
- Hongos
- Gusanos

Los contaminantes ambientales de procedencia biológica (bioaerosoles) están constituidos por las partículas, las moléculas de tamaño grande, o los compuestos orgánicos volátiles que están vivos o que proceden de un organismo vivo. En los bioaerosoles se pueden encontrar los microorganismos (cultivables, contables y los microorganismos muertos), y los fragmentos, toxinas y partículas producto de los desechos de todo tipo, cuyo origen es la materia viva.

La supervivencia, reproducción y dispersión al aire de los contaminantes biológicos dependen en gran medida, de las condiciones del entorno en que se encuentran. Factores tales como la temperatura, la humedad relativa, el movimiento del aire, la luz, las fuentes de alimento y por descontado, su presencia, van a determinar el grado en que los contaminantes biológicos se encontrarán en un ambiente.

En general, las temperaturas bajas inhiben el crecimiento de muchos microorganismos; no obstante, algunos de ellos (por ejemplo, mohos y levaduras) se desarrollan bien en ambientes fríos. Otras especies microbianas (por ejemplo,

Aspergillus, Legionella pneumophila o Thermoactinomyces vulgaris), alcanzan su desarrollo óptimo a temperaturas elevadas.

Los ambientes muy húmedos favorecen el desarrollo de los hongos, de las bacterias y de los ácaros del polvo doméstico. El grado y tipo de luz también pueden favorecer o inhibir el desarrollo de los microorganismos. Por ejemplo, la luz ultravioleta inhibe dicho crecimiento y la ausencia de luz impide la formación de esporas de algunos hongos (Altemaria sp.).

Los organismos vivos precisan de nutrientes para su supervivencia y desarrollo; éstos son muy variados pero, resumiendo, se podría decir que el agua y la materia orgánica son los dos recursos principales de que se sirven estos organismos para vivir. Por lo tanto, todos aquellos materiales y estructuras en las que se reúnan esas dos condiciones pueden ser considerados como substratos colonizables por los microorganismos.

Una vez que los microorganismos se han asentado en un substrato (reservorio) e iniciado su desarrollo (amplificación), su paso al aire (diseminación), estará condicionado por varios factores, como pueden ser: su arrastre provocado por el movimiento del aire, de las personas o de la maquinaria; la alteración del reservorio debida principalmente, a obras de demolición, al movimiento de tierras o a las operaciones de limpieza.

La evaluación de la exposición a cualquier tipo de contaminante debería iniciarse con la recogida de la máxima información posible relativa a las características del trabajo y de su entorno y a las alteraciones de la salud existente o sospechada. Esta información, a menudo, proporciona las guías por donde deberá transcurrir la investigación. Lamentablemente, en algunas ocasiones las tareas de detección e identificación clara de los contaminantes, el establecimiento de las relaciones causa-efecto y la eliminación y prevención de los focos de contaminación no son sencillas. En particular, la evaluación de las exposiciones a contaminantes biológicos patógenos supone, además, una serie de retos.

En primer lugar, se debe conocer cómo, dónde y qué se ha de muestrear. En ocasiones, la concentración ambiental de este tipo de contaminantes no está siempre ligada a un proceso de trabajo, sino a las diversas fases del desarrollo

microbiológico (por ejemplo, liberación del polen, formación de esporas, producción de toxinas o de compuestos orgánicos volátiles), y a los factores que favorecen su diseminación.

En segundo lugar, se debe conocer cómo interpretar los resultados de una forma correcta, ya que la mera presencia de microorganismos o proteínas, incluso en concentraciones ambientales elevadas, no son prueba definitiva de que hayan causado una enfermedad.

El hecho de que hoy en día se desconozcan las relaciones dosis-respuesta entre muchos contaminantes biológicos y enfermedades en los seres humanos es, quizás, el mayor obstáculo a la hora de establecer unos criterios de valoración que faciliten la evaluación de la exposición a dichos contaminantes.

Como hemos podido observar, en la clasificación de contaminantes biológicos se encuentran los virus, bacterias, protozoos, hongos y gusanos. Para la elaboración de la presente tesis y en vista a los antecedentes estudiados, hemos visto como conveniente poder profundizar en los Hongos y bacterias, las cuales describimos a continuación.

### **3.2. AGENTES BIOLÓGICOS**

Son organismos o restos de organismos que afectan la calidad del aire en espacios abiertos. Algunos de ellos pueden deteriorar las superficies, no sólo en interiores sino también al aire libre. Estos contaminantes se desplazan a través del aire y son a menudo invisibles. Entre los más comunes podemos mencionar las bacterias, el musgo, los hongos, la caspa de mascotas, la saliva de los gatos, los ácaros del polvo, las cucarachas y el polen.

Dos condiciones deben cumplirse para favorecer la actividad de los agentes biológicos; la presencia de nutrientes y humedad.

### 3.2.1 DEFINICIONES DE AGENTES BIOLÓGICOS

#### 3.2.1.1 DEFINICION BIOLOGICA

Un agente biológico también llamado bioagente o agente de amenaza biológica es una bacteria, virus, priones, o los hongos que pueden causar infecciones, alergias, toxicidad o crear un peligro para la salud humana<sup>(1)</sup>. Dos condiciones deben cumplirse para favorecer la actividad de los agentes biológicos; la presencia de nutrientes y humedad.

#### 3.2.1.2 DEFINICION LEGAL

La definición legal de agente biológico, establece como agente biológico: "microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de causar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad" <sup>(2)</sup>

Esto incluye, por un lado, a los virus, las bacterias, los hongos, los protozoos y los helmintos o gusanos parásitos capaces, en tanto que son seres vivos y con capacidad de multiplicarse, de ocasionar infección en las personas.

Pero también incluye todos aquellos productos y/o sustancias derivados de los mismos con capacidad de producir otros efectos adversos para la salud.

---

<sup>(1)</sup> *The Control of Substances Hazardous to Health Regulations; Reyno Unido; 2002*

<sup>(2)</sup> *Artículo 2 del Real Decreto 664/1997, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo; Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales; España;1997*

### 3.3. BIOAEROSOL

Los bioaerosoles son partículas de tamaño microscópicas suspendidas en el aire, bien de origen biológico o que pueden afectar a los seres humanos causándoles algún tipo de alergia, toxicidad o infección. Los bioaerosoles pueden estar constituidos por virus, bacterias, esporas, polen, hongos y en general, cualquier resto de microorganismo con un diámetro aerodinámico comprendido entre  $0,5 \mu\text{m}$  a  $100 \mu\text{m}$ , desde unas pocas moléculas hasta el tamaño en el que dichas partículas no pueden permanecer suspendidas en el gas al menos durante unas horas.

Las principales vías de exposición a estos microorganismos son por inhalación, ingestión y contacto con la piel. Pero la inhalación es la que da lugar a los mayores problemas para la salud. Dentro del amplio intervalo de tamaños, los bioaerosoles de mayor importancia, desde un punto de vista sanitario, son los que tienen un tamaño inferior a  $5 \mu\text{m}$ , ya que por su tamaño tan pequeño pueden ser inhalados y alcanzar fácilmente los alvéolos pulmonares, donde pueden depositarse y causar infecciones o reacciones alérgicas.

La característica más relevante de los bioaerosoles es el comportamiento aerodinámico que presentan estas partículas cuando son emitidas al aire. Una vez que se encuentran en suspensión, su comportamiento aerodinámico va a estar gobernado por sus propiedades físicas (forma, tamaño y densidad) y las condiciones medio ambientales (corrientes de aire, humedad y temperatura).

Las partículas de mayor tamaño (con un diámetro aerodinámico superior a  $10 \mu\text{m}$ ) tienden rápidamente a sedimentar por acción de las fuerzas gravitacionales, mientras que las partículas muy pequeñas (inferiores a  $0,1 \mu\text{m}$ ) son transportadas por movimientos brownianos y presentan un comportamiento similar a un gas, permaneciendo así en suspensión. Sin embargo, las partículas con un diámetro aerodinámico entre  $0,1$  y  $10 \mu\text{m}$ , presentan un comportamiento intermedio ya que su movimiento está afectado en mayor o menor medida por ambos tipos de fuerzas.

La velocidad de sedimentación teórica de las partículas con tamaños entre  $0,1$  y  $1 \mu\text{m}$  es aproximadamente de  $0,01 \text{ cm s}^{-1}$ , lo que supone que estas partículas, necesitarían más de 5 horas antes de sedimentar en el suelo a una altura de 2

metros. Estas condiciones ideales no se pueden extrapolar cuando las partículas se encuentran al aire libre, expuestas a distintas condiciones ambientales, donde los factores tales como turbulencias atmosféricas, temperatura y humedad, pueden aumentar la velocidad de sedimentación hasta  $1 \text{ cm s}^{-1}$ , incluso en estos casos, los bioaerosoles podrían permanecer suspendidos durante varios minutos antes de ser depositados en el suelo o en cualquier otra superficie. Durante el tiempo que permanecen suspendidas en el aire, las partículas podrían ser transportadas por la acción del viento a distancias que pueden variar, desde unos pocos metros hasta varios kilómetros.

Los factores ambientales, además de gobernar el comportamiento aerodinámico de los bioaerosoles, también determinan su estabilidad y viabilidad. Los microorganismos en suspensión están expuestos a distintos tipos de estrés ambiental que dan lugar a su inactivación. Los factores que más influencia tienen en la viabilidad de los microorganismos son detallados a continuación.

- Contenido de agua en los microorganismos
- Humedad relativa del aire
- Temperatura
- Oxígeno
- Otros factores característicos de ambientes al aire libre (presencia de iones, radiación solar, etc.)

El hecho de que estas partículas puedan permanecer en suspensión, sean viables y fácilmente transportables por el viento, las convierte en uno de los principales problemas en las plantas de transferencia de residuos sólidos. El riesgo biológico asociado a la inhalación de estos bioaerosoles puede afectar tanto a los trabajadores de esta planta que están en contacto directo con los focos donde se generan, como los habitantes de las zonas colindantes.

El término “**BIOAEROSOL**” es utilizado para describir el conjunto de materia particulada de origen biológico (vegetal, animal o microbiológico), suspendida en el aire. Según la definición de la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), un Bioaerosol puede comprender:

- **Microorganismos patógenos y no patógenos:**

- Microorganismos vivos y cultivables
- Microorganismos vivos, pero no cultivables
- Microorganismos muertos

- **Fragmentos y estructuras de los microorganismos**

- Por ejemplo, trozos de hifas o esporas fúngicas

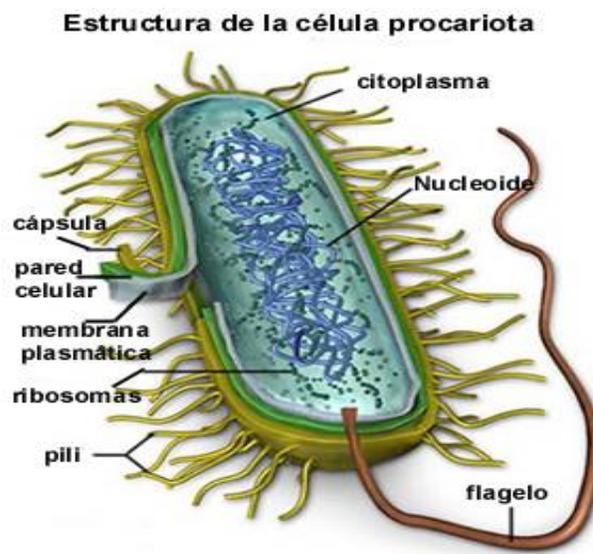
- **Sustancias tóxicas y alérgicas**

- Endotoxinas
- Micotoxinas
- $\beta$  (1,3)-glucanos
- Enzimas
- Peptidoglicanos
- Alérgenos vegetales (fundamentalmente polen)
- Alérgenos animales (derivados de invertebrados y de vertebrados).

### 3.4. TIPOS DE AGENTES BIOLÓGICOS

#### 3.4.1 BACTERIAS

Las bacterias son microorganismos procariontes (no poseen membrana nuclear por lo que su ADN está libre en la célula) de organización muy sencilla. Pertenecen al reino Protista.



### 3.4.1.1 MORFOLOGIA

Los elementos bacterianos se dividen en:

#### 1. ELEMENTOS OBLIGADOS

##### • PARED BACTERIANA

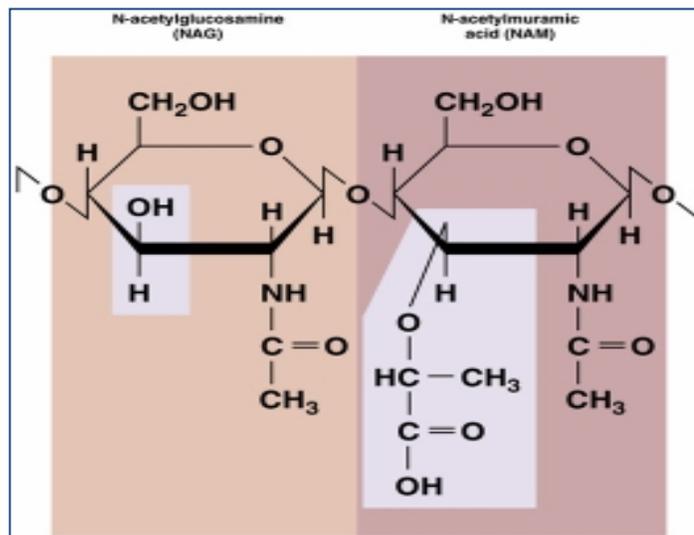
Es una estructura compleja y fundamental para la bacteria formada por **peptidoglicanos** (mureína o glucopeptido), cuyos componentes básicos son:

- El N-acetilglucosamina (NAG)
- El N-acetilmurámico (NAM).
- Un tetrapéptido:

Compuesto por aminoácidos que se alternan en sus configuraciones L y D. De estos aminoácidos, el D-glutamato, D-alanina y el ácido mesodiaminopimélico no se encuentran en otra proteína conocida.

El **peptidoglicano** representa el 5-20 % de la composición de la pared de las bacterias Gram negativas y el 90 % en las Gram positivas.

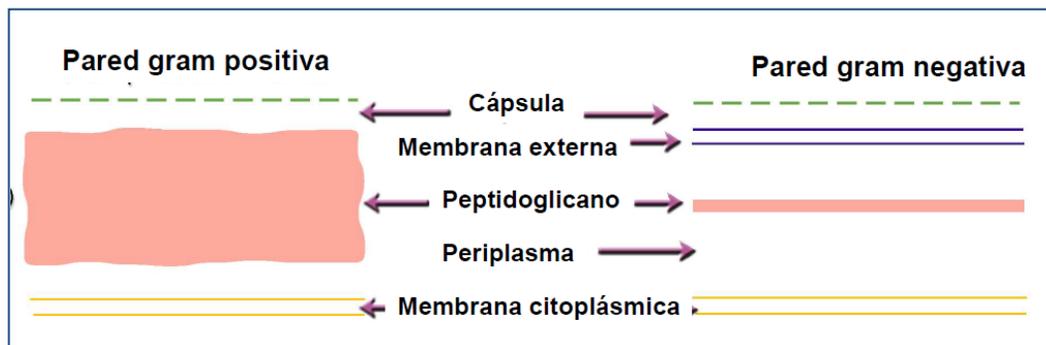
Fig.1: Componentes del Peptidoglicano



El espesor del peptidoglicano varía según se trate de bacterias Gram positivas o Gram negativas:

En las bacterias Gram positivas es una capa sólida de 50-100 moléculas de peptidoglicanos, en las bacterias Gram negativas tiene un espesor de solo una o dos moléculas. Por su rigidez le da su forma peculiar a la bacteria, protegiéndola de los cambios de la presión osmótica del medio que la rodea.

**Fig.2: Pared Bacteriana**



Es el lugar donde se localizan numerosos determinantes antigénicos que permiten diferenciar a las bacterias entre sí. La endotoxina de algunos grupos también se encuentra aquí.

La pared celular se constituye (se "fabrica") mediante una serie de etapas enzimáticas en las que participan al menos 30 enzimas. A su vez también es el sustrato donde actúan antimicrobianos como los beta-lactámicos y participa en la división celular.

- **MEMBRANA CITOPLASMÁTICA**

Está formada por fosfolípidos y proteínas, y a diferencia de las eucariotas, no contiene esteroides (excepto el mycoplasma).

Las enzimas del transporte electrónico se encuentran aquí (produce energía). Los componentes de la capsula y la pared celular son sintetizados aquí; también es una barrera osmótica, selectiva y activa. Actúa como barrera osmótica para la célula.

Contiene sistemas de transporte para los solutos y regula el transporte de productos celulares hacia el exterior.

Las bacterias gram negativas tienen dos membranas: una interna y otra externa, mientras que las gram positivas, solo poseen una membrana (interna).

Es sitio de acción de detergentes y antibióticos polipeptídicos como la polimixina

- **CITOPLASMA**

Formado 85 % por agua. Contiene los ribosomas y el cromosoma bacteriano.

- **RIBOSOMAS**

Compuestos por ARN ribosómico. Su importancia radica en ser el sitio de acción de numerosos antibióticos: Aminoglucosidos, tetraciclinas, cloranfenicol, macrolidos y lincosamidas.

- **NUCLOIDE (NUCLEOIDE) O CROMOSOMA BACTERIANO**

Llamado también equivalente nuclear. No posee membrana nuclear (de allí el término nucleoide). Está formado por un único filamento de ADN apilado (superenrollado). Confiere sus peculiaridades genéticas a la bacteria. Regula la síntesis proteica.

## 2. ELEMENTOS FACULTATIVOS

- **CAPSULA**

Estructura polisacárida de envoltura. Factor de virulencia de la bacteria. Protege a la bacteria de la fagocitosis y facilita la invasión. Permite la diferenciación en tipos serológicos.

- **FLAGELOS**

Estructuras proteicas, de mayor longitud que los pili. De estructura helicoidal y locomotores (responsables de la motilidad bacteriana). Según la posición de los flagelos tenemos bacterias: Monotricas: un flagelo en un extremo o ambos. Logotricas: varios flagelos en un extremo o ambos. Peritricas: flagelos en toda la superficie.

- **FIMBRIAS O PILI**

Son estructuras cortas parecidas a pelos. Visibles solo al Microscopio Electrónico. Carentes de motilidad. Los poseen fundamentalmente las Gram negativas. Intervienen en la adherencia de las bacterias al huésped. Facilitan el intercambio de ADN durante la conjunción bacteriana. Tiene capacidad antigénica.

- **ESPORAS**

Estructura presente en algunas especies bacterianas exclusivamente bacilares. Le permite a la célula sobrevivir en condiciones extremadamente duras. El material genético de la célula se concentra y es rodeado por una capa protectora, que hace que la célula sea impermeable a la desecación, al calor y numerosos agentes químicos. Se coloca en una situación metabólica de inercia. Puede permanecer meses o años así. Cuando las condiciones son más favorables se produce la germinación, con la formación de una célula única que después se reproduce con normalidad. El esporo no se tiñe con los colorantes habituales y se identifica como una zona clara, redondeada u ovalada, que contrasta con el resto de la bacteria que aparece coloreada.

- **GLICOCALIX**

Entramado de fibrillas polisacáridas situadas en posición extracelular. Facilita la adherencia.

- **PLASMIDOS**

Los plásmidos (plasmidios) son elementos extracromosómicos compuestos por ADN de doble cadena, con frecuencia circular, autoreplicativos y autotransferibles.

- **TRANSPOSONES.**

Los transposones (genes saltarines o móviles) son elementos compuestos de ADN que pueden moverse de forma autosuficiente a diferentes partes del genoma bacteriano. No poseen la capacidad de autoreplicarse pero pueden transferirse a través de plasmidios. El transposon al cambiar de posición puede arrastrar una secuencia de ADN contigua y originar cambios fenotípicos en la bacteria.

### 3.4.1.2 ALIMENTACIÓN BACTERIANA

El éxito evolutivo de las bacterias se debe en parte a su versatilidad metabólica. Todos los mecanismos posibles de obtención de materia y energía podemos encontrarlos en las bacterias.

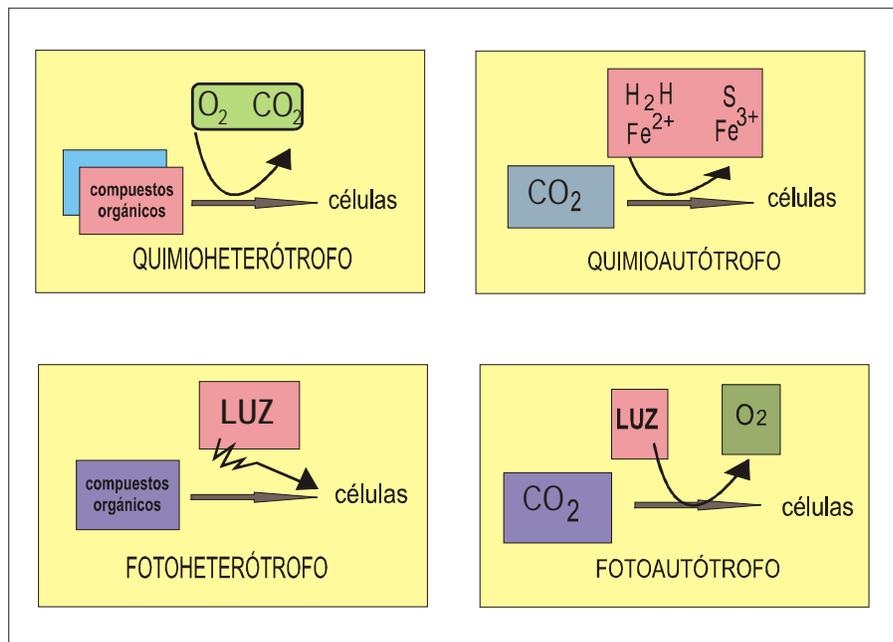
- **Según la fuente de carbono** que utilizan, los seres vivos se dividen en **autótrofos**, cuya principal fuente de carbono es el CO<sub>2</sub>, y **heterótrofos** cuando su fuente de carbono es materia orgánica.

- **Según la fuente de energía**, los organismos o seres vivos pueden ser **fotoótrofos**, cuya principal fuente de energía es la luz, y **quimiótrofos**, cuya fuente de energía es un compuesto químico que se oxida.

Atendiendo a las anteriores categorías, entre las bacterias podemos encontrar las siguientes formas, como puede apreciarse:

- **1. Las bacterias quimio heterótrofas**, utilizan un compuesto químico como fuente de carbono, y a su vez, este mismo compuesto es la fuente de energía. La mayor parte de las bacterias cultivadas en laboratorios y las bacterias patógenas son de este grupo.
- **2. Las bacterias quimio autótrofas**, utilizan compuestos inorgánicos reducidos como fuente de energía y el  $\text{CO}_2$  como fuente de carbono. Como, por ejemplo, Nitrobacter, Thiobacillus.
- **3. Las bacterias foto autótrofas**, utilizan la luz como fuente de energía y el  $\text{CO}_2$  como fuente de carbono. Bacterias purpúreas.
- **4. Las bacterias fotoheterótrofas**, utilizan la luz como fuente de energía y biomoléculas como fuente de carbono. Ejemplos como Rodospirillum y Cloroflexus.

**Fig. 3: Organismos Quimiótrofos**



### 3.4.1.3 CLASIFICACIÓN DE LAS BACTERIAS

Esta identificación se realiza sobre la base de modelos, agrupados en familias y especies en la clasificación bacteriológica.

Las bacterias se reúnen en once órdenes:

- ***Eubacteriales, esféricas o bacilares***, que comprenden casi todas las bacterias patógenas y las formas fotótrofas.
- ***Pseudomonadales***, orden dividido en diez familias entre las que cabe citar las *Pseudomonae* y las *Spirillaceae*.
- ***Espiroquetales*** (*treponemas, leptospiras*).
- ***Actinomicetales*** (*micobacterias, actinomicetes*).
- ***Rickettsiales***.
- ***Micoplasmales***.
- ***Clamidobacteriales***.
- ***Hifomicrobiales***.
- ***Beggiatoales***.
- ***Cariofanales***.
- ***Mixobacteriales***

### 3.4.1.4 RELACIONES ENTRE LA BACTERIA Y SU HUÉSPED

Ciertas bacterias viven independientes de otros seres vivos. Otras son parásitas, pueden vivir en simbiosis con su huésped ayudándose mutuamente o como comensales (sin beneficio), y también pueden ser patógenas, es decir, vivir de su huésped.

La virulencia es la aptitud de un microorganismo para multiplicarse en los tejidos de su huésped (creando en ellos alteraciones). Esta virulencia puede estar atenuada (base del principio de la vacunación) o exaltada (paso de un sujeto a otro). La virulencia puede ser fijada por liofilización. Parece ser función del huésped (terreno) y del entorno (condiciones climáticas). La puerta de entrada de la infección tiene igualmente un papel considerable en la virulencia del germen.

El poder patógeno es la capacidad de un germen de implantarse en un huésped y de crear trastornos en él. Dicho poder patógeno está ligado a dos causas:

- **La producción de lesiones en los tejidos** mediante constituyentes de la bacteria, como pueden ser enzimas que ella excreta y que atacan tejidos vecinos, o productos tóxicos provenientes del metabolismo bacteriano.
- **La producción de toxinas.** Se puede tratar de toxinas proteicas (exotoxinas excretadas por la bacteria, transportadas a través de la sangre y que actúan a distancia sobre órganos sensibles) o de toxinas glucoproteicas (endotoxinas), estas últimas actuando únicamente en el momento de la destrucción de la bacteria y pudiendo ser responsables de choques infecciosos en el curso de septicemias provocadas por gérmenes gram negativos en el momento en que la toxina es brutalmente liberada.

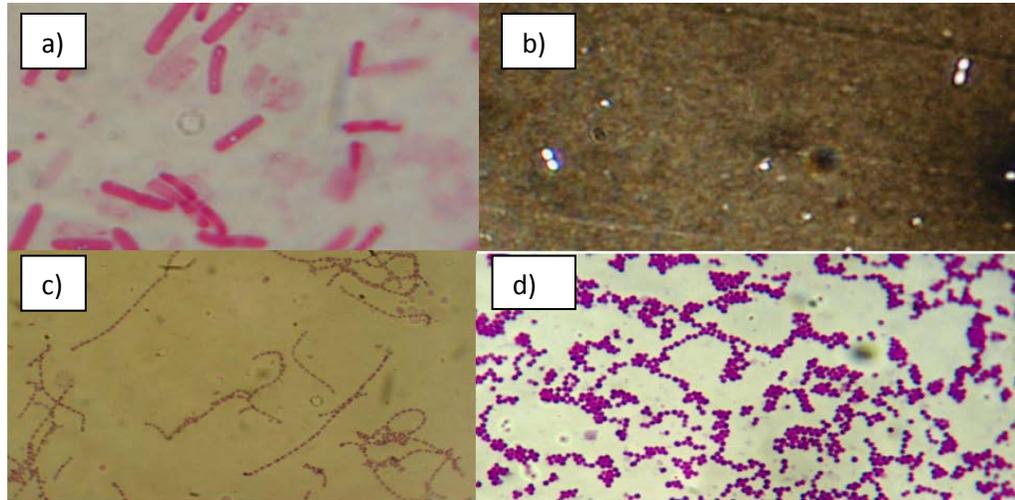
A estas agresiones microbianas, el organismo opone reacciones defensivas ligadas a procesos de inmunidad, mientras que el conflicto huésped-bacteria se traduce por manifestaciones clínicas y biológicas de la enfermedad infecciosa.

#### **3.4.1.5 BACTERIAS PATÓGENAS**

Todas las bacterias patógenas son eubacterias, es decir procariotas unicelulares. El tamaño medio de las bacterias patógenas humanas es de alrededor de 1 micra. *Bacillus Anthracis* es la mayor (1-1,3 X 3-10 micras) y las más pequeñas pertenecen al género *Mycoplasma* (0,1 X 0,2 micras). Las bacterias pueden adoptar diferentes formas. Se denominan cocos las de forma esférica y bacilos las alargadas; cuando los bacilos se curvan como una “coma” se llaman vibrios, y si forman espirales espirilos. Los actinomicetos son bacterias filamentosas formadas por largos filamentos e incluso ramificadas.

Aunque todas son unicelulares, a menudo quedan unidas tras la división celular y dan lugar así a agrupaciones características: diplococos (cuando forman parejas), estreptococos (cocos en hilera), estafilococos (cocos en racimos) o sarcinas (en forma de cubo).

**Figura Nº 4:** *Diferentes formas y agrupaciones características de bacterias:*



*a) Bacilos; b) diplococos; c) estreptococos y d) estafilococos.*

La mayor parte de las bacterias no son alérgenos excesivamente potentes, a excepción de las bacterias termófilas. Entre las bacterias termófilas destacan: *Saccharopolyspora rectivirgula* o *Thermoactinomyces vulgaris*.

Los componentes de las paredes bacterianas, tanto de las bacterias Gram negativo como de las Gram positivo descritos más adelante, sí tienen propiedades proinflamatorias que pueden inducir síntomas respiratorios.

Casi doscientas especies de bacterias son patógenas para el ser humano; es decir, causantes de enfermedades.

El efecto patógeno varía mucho en función de las especies y depende tanto de la virulencia de la especie en particular como de las condiciones del organismo huésped.

Entre las bacterias más dañinas están las causantes del cólera, del tétanos, de la gangrena gaseosa, de la lepra, de la peste, de la disentería bacilar, de la tuberculosis, de la sífilis, de la fiebre tifoidea, de la difteria, de la fiebre ondulante o brucelosis, y de muchas formas de neumonía.

En la *tabla 1* se muestran los bioaerosoles (fundamentalmente hongos y bacterias) dominantes en función del sustrato sobre el que se desarrollan.

Las endotoxinas, componentes de la pared celular de las bacterias Gram negativo, han sido reconocidas como un importante factor etiológico de las enfermedades profesionales del aparato respiratorio, incluidas el asma no alérgico y el ODTS.

Estudios experimentales muestran efectos asociados a la inhalación de endotoxinas tales como: fiebre; escalofríos; malestar (síntomas pseudos gripales); leucocitosis; inflamación de las vías aéreas; síntomas del asma (tos seca, disnea, opresión torácica, etc.); obstrucción bronquial; así como, una disminución de la función pulmonar dependiente de la dosis y disminución de la capacidad de difusión pulmonar. En numerosos estudios realizados en diferentes sectores de actividad se ha revelado una asociación positiva entre la exposición a endotoxina y los efectos mencionados. Entre los sectores de actividad en los que se ha descrito exposición a endotoxinas se pueden destacar: la industria del algodón y, en general, de la fibra vegetal; la cría de ganado, en particular, pollos y cerdos; mataderos, manejo de residuos, fabricación de compost; procesamiento de patatas, etc.

Asimismo, los peptidoglicanos, que son componentes de la pared celular de las bacterias. En estudios realizados sobre estos compuestos sugieren que principalmente inducirían respuesta inmunológica atópica. La exposición laboral a estos compuestos está relacionada con aquellas actividades en las que la presencia de bacterias sea importante, por ejemplo: manejo de residuos y fabricación de compost, mataderos, almacenamiento de alimentos o serrerías, entre otros.

**Tabla 1. Bioaerosoles dominantes en función del sustrato**

SUBSTRATO	HONGOS - BACTERIAS
PRODUCTOS ALIMENTICIOS	Cahuates Aspergillus, Penecillum, Eutorium, Emericella, Trichothecium, Paecilomyces, Fusarium
	Cereales (cultivo) Alternaria, Chaetomiun, Cladosporium, Epicoccum, Fusarium, Helminthosporium, Trichoderma
	Cereales(silo) Aspergillus, Eurotium, Penecillum, Absidiam Mucor, Rhizopus
	Cereales (harinas y derivados) Aspergillus, Absidia, Alternaria, Cladosporium, Fusarium, Trichotecium, Mucor, Scopulariopsis.
	Frutas y legumbres Penecillum, Phomopsis, Diplodia, Botrytis, Geotrichum, Monilia, Trichotecium, Fusarium, Alternaria, Aspergillus, Paelomyces
	Huevos Penicillum, Aspergillus, Cladosporium, Mucor.
	Prodúctos lácteos (queso) Mucor, Penicillum, Cladosporium, Scopulariopsis, Epicoccum, Trichoderma, Alternaria, Botrytis, Trichothecium.
	Prodúctos lácteos (mantequilla y margarina) Alternaria, Aspergillus, Eurotium, Phialophora, Phoma, Penicillum.
	Carnes y charcutería Aspergillus, Chrysonilia, Geotrichum, Cladosporium, Gemoyses, Penicillum
PRODUCTOS DIVERSOS	Maderas y plantas Alternaria, Aureobasidium, Chaetomium, Cladosporium, Bipolaris, Fusarium, Trichoderma, Ulocladium.
	Cosméticos Aspergillus, Paecilomyces.
	Cuero Aspergillus, Eurotium, Aureobasidium, Catenularia, Neosatorya, Paecilomyces, Penecillum.
	Corcho Penecillum, Aspergillus, Trichoderma
	Productos celulósicos mojados Chaetomium, Cladosporium, Aspergillus, Penecillum, Stachybotris, Ulocladium.
	Materias plásticas Aspergillus, Aureobasidium, Penecillum.
	Aluminio y acero Aspergillus, Trichoderma
	Papel Aspergillus, Penecillum, Chaetomium, Acremonium, Baeauveria, Cladosporium, Epicoccum, Paulospora, Phoma, Airebasidium, Phoma, Cladosporium, Alternaria, Fusarium, Trichoderma, Gilomastix, Penecillum.
	Pinturas y adhesivos Alternaria, Aspergillus, Mucor, Trichoderma Penecillum.
	Polvo doméstico Cladosporium, Aspergillus, Penecillum, Aurebasidium, Acremonium, Fusarium
	Productos petrolíferos Aspergillus, Scopulariopsis
	Tabaco Alternaria, Aspergillus, Eurotium, Emericella, Epicoccum, Aurebaasidium, Cladosporium, Dendroochium, Trichoderma
	Textiles (algodón) Aspergillus, Curvularia, Memnoniella, Myrothecium, Paelomyces, Lariopsis, Trichoderma.
	Textiles (yute) Alternaria, Aspergillus, Fusarium, Microsporum, Phoma, Scopulaiopsis, Trichoderma
	Textiles (lana) Eurotium, Penecillum.
	Vidrio Fusarium, Bacterias: Pseudomonas.
Fluidos de corte	
AMBIENTE DE TRABAJO	Panaderías Penecillum, Aspergillus, Cladosporium.
	Oficinas (ventilación, humidificadores) Aspergillus, Alternaria, Cladosporium, Acremonium, Aurebasidium, Mucor, Penecillum, Bacerias: Legionella,
	Residuos domésticos (compostaje) Aspergillus, Alternaria, Paelomyces, Penecillum, Trichoderma, Bacterias: Actynomyces
	Tratamiento de aguas residuales Aspergillus, Penecillum, Cladosporium
	Granjas Aspergillus, Penecillum, Absidia, Rhizomocur, Fusarium, Wallemia, Curvularia.
	Serrerías Aspergillus, Crytostoma, Paelomyces, Penecillum, Phizopues, Serpula, Monilia.

### 3.4.1.6 PRINCIPALES BACTERIAS COMO AGENTES BIOLÓGICOS DEL AIRE

#### A) **MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS**

En la práctica se acostumbra señalar como sinónimos a *M. tuberculosis* y bacilo tuberculoso, pero conviene recordar que, taxonómicamente, existen dos especies emparentadas genéticamente y a la vez, aunque poco frecuente, agentes de tuberculosis, que son *Mycobacterium bovis* y *Mycobacterium africanum*.

- ***MORFOLOGIA, ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN***

La morfología característica suele ser bacilar, ligeramente curvada, siendo la observable en frotis provenientes de cultivo más regular que la que se observa en frotis de materiales patológicos. Como todas las células procariontas, las *Mycobacterias* poseen un citoplasma, la membrana celular y un espacio periplásmico que lo separa de una gruesa y compleja pared celular.

A continuación se describirán las particularidades de estas estructuras en *M. tuberculosis*, las cuales son útiles para diferenciarlo de otras bacterias y comprender su interacción.

- ***NATURALEZA DE LA ENVOLTURA DE M. TUBERCULOSIS***

La envoltura bacteriana provee protección y soporte a las bacterias y también poseen mecanismos que permiten el intercambio de sustancias entre la bacteria y el medio ambiente. Hay una marcada similitud tanto química como estructural entre las envolturas de la mayoría de las bacterias. *M. tuberculosis* y otras *Mycobacterias* son biológicamente similares a las bacterias Gram+ (aunque frente a la tinción de Gram las *Mycobacterias* son débilmente Gram+ o no se tiñen); pero tienen aspectos distintos. En especial, se debe destacar que, aunque ambos poseen péptidoglican, las moléculas unidas o asociadas a este polímero son, en las *Mycobacterias*, fundamentalmente de naturaleza lipídica en vez de proteínas y lipopolisacáridos, como en otras bacterias.

La envoltura consiste en dos partes principales: la membrana plasmática y, alrededor de ella, la pared celular. La primera le otorga a la célula protección

osmótica y transporte de iones y moléculas, en tanto que la segunda le brinda soporte mecánico y protección.

Un importante tema de investigación ultra estructural relaciona cada componente con su función biológica, pero esto ha sido exitoso sólo con los componentes mayores ya que las moléculas menores asociadas a la envoltura están todavía pobremente comprendidas.

- **PARED CELULAR**

La pared celular está constituida por tres capas. Con tinciones convencionales su apariencia es:

- Capa interna moderadamente electrón-densa, compuesta por el péptidoglican cuya estructura es similar a la de otras bacterias;
- Capa media, más ancha que la anterior y electrón-transparente, compuesta por polisacárido, el arabinogalactano, cuyos extremos distales están esterificados con ácidos grasos de alto peso molecular, los ácidos micólicos, de tamaño y estructura única para las Mycobacterias (70-90 átomos de Carbono).
- Capa externa de grosor variable, electrón-opaca, de la cual no puede conocerse con las técnicas actuales, su exacta composición, aunque se le atribuye una estructura glucolípida. En la figura 1 se observa un esquema de la envoltura: Además de los componentes anteriores existen proteínas asociadas a la pared, algunas con función enzimática (necesarias para la construcción y reconstrucción de los polímeros de la pared durante el proceso de división celular y crecimiento), otros recientemente descubiertos con función de porina. Estas últimas, encontradas en bajo número, lo que está de acuerdo con la baja permeabilidad de las Mycobacterias a las moléculas hidrofílicas.

- **MEMBRANA CITOPLASMICA**

La membrana plasmática de las Mycobacterias aparece en cortes ultra finos como una membrana biológica trilaminar clásica, es decir, dos capas electrón-densas separadas por una capa transparente. Sin embargo, tiene como característico la

presencia de moléculas de lipopolisacáridos, lipoarabinomananos (LAM), lipomnanos y fosfatidil-inositol-manósidos.

- **FISIOLOGIA Y METABOLISMO**

El metabolismo de las Mycobacterias es muy variable, encontrándose las Mycobacterias de crecimiento rápido que crecen en menos de tres días en medios simples, así como Mycobacterias que crecen lentamente y necesitan medios más ricos, hasta *M. leprae* que aún no ha podido ser cultivada en medios sin células.

Los medios de cultivo pueden ser sólidos o líquidos, dependiendo de su uso. Los medios sólidos pueden ser en base de agar o en base de huevos (Lowenstein-Jensen), siendo este último el más usado. Entre 3 a 5 semanas se observa el desarrollo de colonias para las

Desde el punto de vista de los requerimientos atmosféricos *M. tuberculosis* y la mayoría de las micobacterias, son aerobios estrictos, excepto *M. bovis* que es microaerófilo. El crecimiento es favorecido con una atmósfera de 5-10% de CO<sub>2</sub>.

La temperatura óptima de crecimiento es variable; *M. tuberculosis* lo hace a 37°C con un rango entre 30 y 42°C.

- **RESISTENCIA A LOS AGENTES FISICOS Y QUIMICOS**

Las Mycobacterias son altamente resistentes a la desecación y permanecen viables en el esputo desecado de 6 a 8 meses cuando están protegidas de la luz solar directa. Son, en general, más resistentes a los agentes desinfectantes que otras formas vegetativas, pero son destruidos por procedimientos de pasteurización

- **FACTORES DE VIRULENCIA**

- ***Sobrevida en fagocitos***

Un aspecto característico de *M. tuberculosis* que contribuye a su virulencia es su habilidad para crecer dentro de monocitos y macrófagos. Aún no está aclarado exactamente como *M. tuberculosis* entra en el macrófago. Existen dos posibilidades no totalmente aclaradas:

1.- Mediante el proceso habitual de fagocitosis mediado por la opsonización por C3b o C3b.

2.-La bacteria estimula su propia fagocitosis a través de invasinas. Por otra parte, se sabe actualmente que un factor de virulencia que podría contribuir a la supervivencia de *M. tuberculosis* en los macrófagos, es su habilidad para prevenir la acidificación del fagosoma. Habitualmente la ingestión de una bacteria por fagocitosis es seguida de la acidificación del fagosoma, mediada por ATPasas de la membrana fagosomal, la que bombea protones hacia el interior de esta estructura, reduciendo el pH en él. Dicha acidificación no sólo inhibe el desarrollo bacteriano sino que, además, es un paso importante en la fusión lisosoma-fagosoma, y en la activación de los factores bactericidas liberados durante la fusión. *M. tuberculosis* presumiblemente contrarresta la acidificación produciendo amoníaco y de esta manera mantiene las condiciones óptimas para el crecimiento dentro de las vesículas. Otro mecanismo recientemente estudiado contra la destrucción fagocítica es debido a los glucolípidos abundantes de la pared de *Mycobacterias*, que protegería las bacterias de las formas tóxicas de O<sub>2</sub> producidas en el fagolisosoma. Interferencia con la activación de los macrófagos Aunque *M. tuberculosis* puede sobrevivir dentro de los macrófagos no activados, la bacteria es destruida por las mismas células activadas. El interferón gamma y, en general, las citoquinas (producidas por las células T, especialmente la CD4) son esenciales para la activación de los macrófagos. *M. tuberculosis* produce compuestos como el lipoarabinomanano que suprime la activación de las células T.

Se ha encontrado una proteína secretada por *M. tuberculosis*, el antígeno 85A, que se une a la fibronectina, la cual puede estimular las células T al unirse a sus receptores. De modo que el Ag. 85A puede prevenir la activación de células T mediada por la fibronectina y, de ese modo, impedir la activación de macrófagos.

- ***Destrucción tisular***

Muchos patógenos bacterianos causan daño en los tejidos del huésped por desencadenar una respuesta inflamatoria local o sistémica. Esta hipótesis es una posible explicación del daño pulmonar causado por *M. tuberculosis* y hay gran

interés en detectar qué antígenos son los responsables del desencadenamiento de esta respuesta destructiva del hospedero. Se sabe poco acerca de los antígenos más importantes responsables de esta respuesta, pero los implicados en la actualidad son:

- 1.- Ácidos micólicos de la pared celular (factor cuerda). Son tóxicos cuando son inyectados a animales y pueden desencadenar una respuesta inflamatoria;
- 2.- Muramil dipéptido, estimula el sistema inmune y dispara la producción de citoquinas; compuestos de la pared no identificados y productos tóxicos liberados por los lisosomas que estimulan la producción de factor de necrosis tumoral alfa (NFT). Sería una hipótesis que explicaría el daño pulmonar.

- **PATOGENIA**

Los núcleos goticulares conteniendo muy pocos bacilos, dispersos en el aire, provenientes de un sujeto enfermo con tuberculosis pulmonar abierta, son lo suficientemente pequeños para no quedar atrapados en el aparato mucociliar bronquial y así alcanzar el espacio terminal aéreo donde comienza la multiplicación. El foco inicial es casi siempre de localización subpleural generalmente ubicado en la zona media de los pulmones donde el mayor flujo aéreo favorece el establecimiento de los bacilos inhalados. Excepcionalmente se encuentra el foco inicial en otras áreas (por Ej.: piel, intestino, orofaringe, genitales).

En la mayoría de los casos el foco pulmonar inicial es único aunque en un 25% de los casos pueden ser múltiples.

En el pulmón las bacterias son ingeridas por los macrófagos alveolares, los cuales pueden tener un bajo grado de actividad antimicobacteriana como para eliminar pequeñas cantidades de bacilos. Sin embargo, la multiplicación bacteriana no puede ser impedida y, eventualmente, destruye los macrófagos. Hacia el foco son atraídos desde el torrente sanguíneo linfocitos y monocitos, diferenciándose los últimos en macrófagos que ingieren las bacterias liberadas de las células degeneradas y lentamente se desarrolla una o más áreas de neumonitis.

Los macrófagos infectados son llevados por vía linfática a ganglios linfáticos regionales (hiliares, mediastinales y, a veces, supraclaviculares o retroperitoneales), pero en el huésped no inmune no son retenidos allí y se puede diseminar por vía

hemática a diferentes tejidos, hecho condicionado por el tipo de flujo sanguíneo. Preferentemente se ubicarán en: ganglios linfáticos, riñones, epífisis de huesos largos, espacio subaracnoideo, pero el sitio más importante serán las áreas apicales pulmonares.

Antes del desarrollo de hipersensibilidad el desarrollo bacteriano no está inhibido tanto en el foco inicial como en los metastásicos, dando lugar a sitios de probable evolución a enfermedad progresiva en los ápices pulmonares o en focos extrapulmonares prontamente o después de largos períodos de latencia. Los bacilos tuberculosos que continúan multiplicándose lesionan los órganos donde están localizados, provocando licuefacción de los tejidos, donde crecen extracelularmente, llegando a ser millones. En estas condiciones es fácil que, dado el gran número de bacilos, aparezcan mutantes resistentes a los agentes antituberculosos.

La hipersensibilidad retardada aumenta el riesgo de licuefacción, provocándola los monocitos atraídos por las linfoquinas secretadas por los linfocitos sensibilizados, que al transformarse en macrófagos con sus enzimas proteasas, nucleasas y, quizás, lipasas, conducen a la licuefacción. La licuefacción produce extensa destrucción en los tejidos y proporciona vías para la diseminación de los bacilos de un órgano como el pulmón a otras localizaciones. El material de licuefacción, con gran cantidad de bacilos, puede, por drenaje o por golpes de tos, extenderse por vía bronquial a otras zonas del mismo pulmón o al contralateral.

Si la enfermedad no se desarrolla en el pulmón o en otro lugar en los 2 años siguientes a la implantación inicial el riesgo de enfermedad posterior será escaso.

Un 5% aproximadamente de los infectados desarrolla la enfermedad durante el primer año y otro 5% lo hará más tarde como resultado de reactivaciones de los bacilos persistentes dentro de viejos focos de infección. Estas reactivaciones tardías se producen habitualmente en las zonas altas del pulmón, pero puede ocurrir en cualquier parte del cuerpo.

- **CLÍNICA**

Tuberculosis primaria. Primoinfección tuberculosa En cualquier área donde el bacilo se localice provocará una reacción inflamatoria que constituye el chancro de

inoculación, habitualmente pulmonar y mucho menos frecuentemente digestivo, cutáneo o mucoso.

Alrededor del bacilo se agrupan una serie de células mononucleadas linfocitos y macrófagos con algunas células gigantes (células de Langhans). El centro de este folículo o granuloma suele necrosarse y luego se calcifica. En la mayoría de los casos se produce la destrucción de las Mycobacterias y la única evidencia de infección es un test cutáneo de hipersensibilidad a la tuberculina positivo y otras veces los bacilos pueden persistir en forma latente. En una minoría de casos los antígenos en el complejo primario (foco pulmonar inicial más ganglio linfático regional) alcanzarían una concentración suficiente que el desarrollo de hipersensibilidad resultaría en una necrosis y calcificación visible radiológicamente. Junto con el desarrollo de hipersensibilidad pueden asociarse manifestaciones alérgicas como eritema nodoso o queratoconjuntivitis flictenular. La mayoría de estos casos quedan en esta primoinfección que da lugar a la alergia tuberculínica ya la inmunidad tuberculosa que provoca un estado defensivo en el organismo hacia nuevas infecciones o a la diseminación de la infección en curso. Esta inmunidad fallará bajo alguna circunstancia que produzca inmunodepresión, provocando una enfermedad tuberculosa meses o años después de la infección por el mismo bacilo: reinfección endógena o por reinfección exógena (adquisición de un nuevo bacilo del exterior).

- **ENFERMEDAD TUBERCULOSA**

Se manifiesta por un gran polimorfismo con variadas localizaciones, ya sean pulmonares o extrapulmonares (menos frecuentes). La tuberculosis pulmonar puede ser aguda, neumónica o bronconeumónica. Puede provocar una diseminación hematógena con afectación miliar o meníngea, así como también complicaciones bronquiales debido a adenopatías mediastinales que pueden ocasionar atelectasias por comprimir el árbol bronquial.

- **EPIDEMIOLOGÍA**

M. tuberculosis infecta a 1.7 billones de personas en el mundo (1/3 de la población mundial) y causa 3 millones de muertes por año. Los dos factores esenciales para su rápida diseminación son el hacinamiento que favorece la transmisión aérea y la

población con baja resistencia natural. La distribución etaria de la enfermedad refleja el grado de transmisión en una población dada. Es por esta razón que la enfermedad en la vejez es generalmente debida a reactivación de una infección adquirida en el pasado, mientras que en los niños pequeños indica transmisión activa en la comunidad. Además, actualmente la tuberculosis está siendo más frecuentemente diagnosticada en adultos jóvenes y la principal razón es la infección HIV en estos pacientes. La incidencia de tuberculosis activa en esta población es mucho mayor que en la población general y debido a esta observación es que se incluye desde 1993 a la tuberculosis pulmonar o extrapulmonar en la definición de caso de SIDA. Según los criterios de los CDC (Centers for Disease Control, USA), todo paciente HIV+ con menos de 200 células CD4 y un cuadro de tuberculosis diagnosticado equivale a un estadio SIDA.

- ***MECANISMO DE TRANSMISIÓN***

- Vía respiratoria: sin lugar a dudas la más frecuente, llevándose a cabo por gotitas de Pflügge o núcleos goticulares de Wells
- Vía digestiva: generalmente a través de la leche contaminada;
- Vía cutánea-mucosa: excepcional.

- ***POBLACIÓN SANA SUSCEPTIBLE***

Cualquier persona sana puede ser susceptible de enfermar de tuberculosis dependiendo de su estado inmunitario, de factores socioeconómicos y de factores individuales como edad (extremos de la vida), sexo y receptividad genética.

- ***RIESGO DE INFECCIÓN***

El determinante de riesgo más importante es el contacto directo con el paciente y la infecciosidad de este. Los casos con microscopía + son altamente infecciosos en tanto que aquellos con cultivo positivo solamente son mucho menos infecciosos.

El grado de positividad del esputo y los patrones de tos son también importantes. Antes de la aparición del SIDA se establecía que la presencia de cavidad era necesaria para la contagiosidad, sin embargo, los pacientes con SIDA y tuberculosis

pulmonar pueden ser altamente contagiosos en ausencia de cavitación (RX de tórax normal).

## **B) LEGIONELLA PNEUMOPHILLA**

Legionella es una bacteria ambiental. Su hábitat es las aguas dulces de lagos y ríos. Se encuentra en bajas concentraciones en el plancton al interior de protozoos como Hartmannella y Acanthamoeba, o formando parte de la biopelícula. A través de las redes de agua potable, accede a equipos tales como torres de refrigeración, sistemas centralizados de agua caliente, equipos de aerosolterapia y sistemas de agua climatizada entre otros. A partir de estas instalaciones, Legionella puede infectar al hombre por inhalación de micro-aerosoles contaminados con la bacteria. Se reconocen dos formas clínicoepidemiológicas de la infección: “fiebre de Pontiac”, forma no neumónica, en general autolimitada, descrita como un “Flu like”; y legionelosis: neumonía con alteración del estado de conciencia.

Actualmente se han identificado 42 especies y más de 64 serogrupos. Legionella pneumophila serogrupo 1, responsable de más de 90% de los casos de legionelosis, es un bacilo gramnegativo de 0,3 a 0,9  $\mu\text{m}$  de ancho y desde 1,5 a 15  $\mu\text{m}$  de largo. Se puede presentar como cocobacilo en los tejidos infectados y formas bacilares alargadas en los medios de cultivo (Figura 1). Desde el punto de vista metabólico es aerobia estricta, capnófila, poco sacarolítica. Los aminoácidos son su principal fuente de energía, siendo fastidiosa para su aislamiento in vitro ya que requieren hierro y cisteína. Es catalasa, oxidasa y gelatinasa positiva.

- **DIAGNÓSTICO DE LABORATORIO**
- **CULTIVO**

Se recomienda el medio BCYE suplementado con polimixina B, anisomicina y cefamandol. Puede ser aislada desde muestras respiratorias; sin embargo, la sensibilidad del cultivo de expectoración es baja (50% en laboratorios especializados). Las muestras de lavado broncoalveolar poseen mejor sensibilidad. Legionella crece a partir de las 48 hrs. De incubación, a 37 °C, en aerobiosis. Las

colonias son de color azulado y de textura esmerilada (aspecto de "vidrio molido"). En la tinción de Gram se observa como bacilos gramnegativos largos y finos.

Se determina su dependencia a la cisteína y se confirma su identificación mediante aglutinación con partículas de látex. Un informe de cultivo negativo, sólo se emite después de 10 días de incubación y revisión periódica.

- ***INMUNOFLUORESCENCIA DIRECTA***

Esta técnica puede detectar Legionella en muestras respiratorias y tejidos en dos a cuatro horas; sin embargo, puede dar falsos positivos por reacciones cruzadas. Su sensibilidad varía entre 25 y 66%. El lavado broncoalveolar ha mostrado mejor rendimiento que la aspiración transtraqueal y la expectoración. Detección de antigenuria: es, sin duda, el aporte más significativo en el diagnóstico de Legionella. Es una prueba rápida que utiliza inmunocromatografía de membrana para detectar antígenos en orina en 15 minutos.

### **C) BACILLUS ANTHRACIS**

El Bacillus Anthracis es el agente etiológico del ántrax o carbunco. Es una bacteria Gram positiva, en forma de bastón de 2 a 11 µm, con lados paralelos y extremos rectos o ligeramente cóncavos, recubierta por una cápsula formada un polímero del ácido D-glutámico. Las células se asocian, protegidas por una envoltura capsular de apariencia uniforme, formando diplobacilos, o en largas cadenas cuando provienen de cultivos, y en parejas o cadenas de tres a cuatro cuando si se aíslan a partir de organismos infectados. Forman esporas de aspecto elipsoidal de 1 a 1.5 µm, ubicadas en el centro sin producir deformaciones del cuerpo bacteria.

El nombre de la especie, Anthracis, proviene del griego anthrakis "carbón", y se refiere al carbunco cutáneo, la patología más común producida por la bacteria, en el cual se forma una gran lesión negra en la piel. El carbunco es una zoonosis que afecta tanto a humanos como a animales; según la vía de infección se clasifica en tres tipos: carbunco cutáneo, pulmonar y digestivo.

Las esporas son muy resistentes a la temperatura y a los desinfectantes químicos, aunque se muestran muy sensibles a la penicilina. Es frecuente encontrar esporas en productos derivados de animales como lana o pienso. El proceso de esporulación se realiza siempre fuera del animal infectado. Las esporas se transforman en la forma vegetativa en medios favorables como la sangre y otros tejidos biológicos, ya sea animales o humanos, en particular ricos en aminoácidos, nucleótidos y en glucosa. El *Bacillus Anthracis* es un organismo aerobio.

Las esporas suelen encontrarse en suelos alcalinos, y se cree que la germinación está relacionada con cambios bruscos de temperatura. Las bacterias penetran a través de heridas (carbunco cutáneo), vía oral (carbunco gastrointestinal) o por inhalación (carbunco inhalatorio), y éste último es el más grave. Una vez dentro del huésped, las bacterias se difunden y se multiplican en los ganglios linfáticos hasta que alcanzan el torrente sanguíneo.

- **PATOGENIA**

El *B. Anthracis* tiene al menos 89 cepas conocidas, varían de entre las altamente virulentas con aplicaciones en armas biológicas y bioterrorismo, y las cepas benignas usadas por ejemplo en inoculaciones.

- **ESTRUCTURA**

En condiciones de estrés ambiental, las bacterias de *B. Anthracis* naturalmente producen endosporas, los cuales descansan en la tierra y pueden sobrevivir por décadas. Cuando son ingeridas por vacas, por ovejas o por otros herbívoros, la bacteria comienza a reproducirse dentro del animal, y puede llegar a provocarle la muerte, para luego continuar reproduciéndose en el cuerpo sin vida. Una vez que los nutrientes se agotan, se producen nuevas esporas y el ciclo de vida se repite.

La acción patógena del *Bacillus Anthracis* está mediada principalmente por dos factores de virulencia:

- **Sustancia P:** un polipéptido capsular, compuesto por polímeros de ácido D-glutámico. Tiene propiedades antifagocitarias, lo que promueve la invasión bacteriana. De hecho, las cepas encapsuladas no son virulentas.
- **Factor B:** una exotoxina de naturaleza proteica, responsable de los síntomas clínicos. Son tres constituyentes protéicos en la toxina del bacilo, una llamado el

antígeno protector, otra el factor edematoso y el factor letal. La deficiencia de estos elementos protéicos reduce la virulencia del organismo en un factor de 1000.

La infección con el *B. Anthracis* requiere la presencia de las tres exotoxinas. Existe un factor A antigénico pero carece de importancia inmunológica ya que no genera anticuerpos.

El organismo puede cultivarse en medios de cultivo con nutrientes ordinarios en condiciones tanto aeróbicas como anaeróbicas. Las infecciones con *B. Anthracis* se pueden tratar con penicilina y con otros antibióticos activos en contra de las infecciones con bacterias Gram positivas.

### **3.4.2 HONGOS**

Los hongos son eucariotas, es decir, poseen núcleo, mitocondrias, sistemas de endomembranas y otros rasgos típicos de las células eucariotas. Estos rasgos permiten distinguir los hongos microscópicos de las bacterias procariontas.

Son formas complejas de vida que presentan una estructura vegetativa denominada micelio que está formada por hifas (estructuras filiformes por las que circula el citoplasma plurinucleado). Esta estructura vegetativa surge de la germinación de sus células reproductoras o esporas.

Su hábitat natural es el suelo, pero algunos componentes de este grupo son parásitos tanto de hombres y animales como de vegetales.

#### **3.4.2.1. ESTRUCTURA DE LOS HONGOS**

Los hongos pueden desarrollarse en medios de cultivo especiales formando colonias de dos tipos:

- **LEVADURIFORMES**

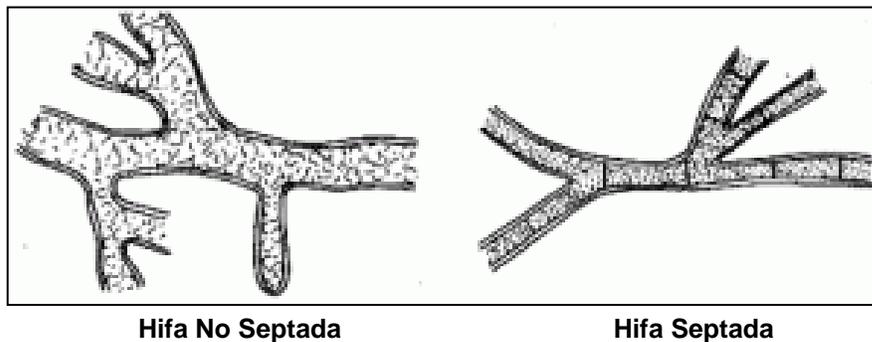
Las colonias levaduriformes son pastosas o cremosas, formadas por microorganismos unicelulares que cumplen las funciones vegetativas y reproductivas.

- **FILAMENTOSAS**

Las colonias filamentosas pueden ser algodonosas, aterciopeladas o pulverulentas; son constituidas fundamentalmente por elementos multicelulares en forma de tubo: **las hifas**.

Las hifas pueden ser continuas o cenocíticas y tabicadas o septadas. Poseen hifas septadas los hongos de las divisiones Ascomycota, Basidiomycota y Deuteromycota y poseen hifas cenocíticas los de las divisiones Mastigomycota e Zygomycota.

**Fig. 5: Tipos de Hifas**



Al conjunto de hifas se da el nombre de micelio. El micelio que se desarrolla en el interior del sustrato, funcionando también como elemento de sustentación y de absorción de nutrientes es llamado micelio vegetativo.

El micelio que se protege en la superficie y crece por encima del medio de cultivo es el micelio aéreo.

Cuando el micelio aéreo se diferencia para sustentar los cuerpos de fructificación o propágulos, constituye el micelio reproductivo.

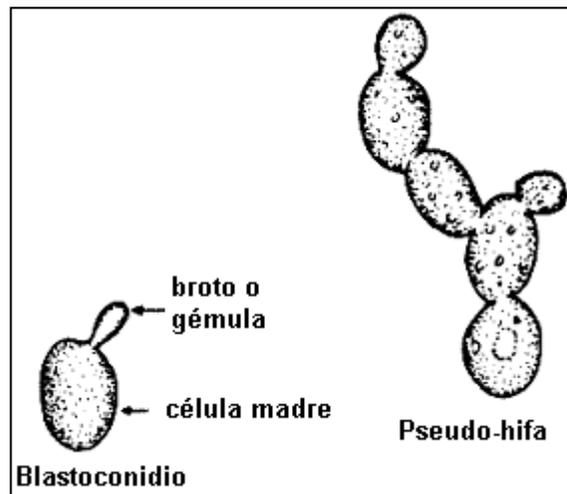
Los propágulos u órganos de disseminación de los hongos, son clasificados, según su origen, en externos e internos, sexuales y asexuados. Más allá que el micelio vegetativo no tenga específicamente funciones de reproducción, algunos fragmentos de hifa pueden desprenderse del micelio vegetativo y cumplir funciones de propagación, una vez que las células fúngicas son autónomas.

Estos elementos son denominados taloconidios y comprenden los:

- **Blastoconidios**
- **Arthroconidios**
- **Clamidoconidios**

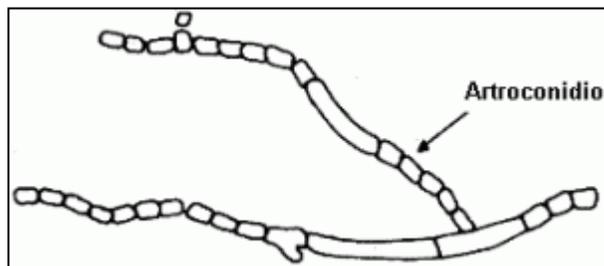
**Los Blastoconidios** también denominados gémulas, son comunes en las levaduras y se derivan por brote de la célula madre. A veces, los Blastoconidios permanecen enlazados a la célula madre, formando cadenas, las pseudos hifas, cuyo conjunto es el pseudomicelio.

**Fig.6: Blastoconidios**



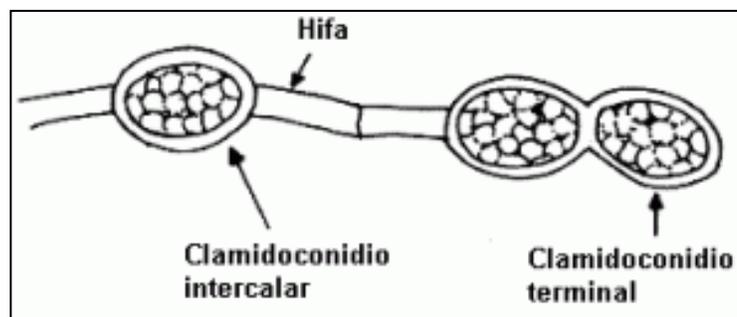
**Los Arthroconidios** están formados por fragmentación de las hifas en segmentos rectangulares. Se encuentran en los hongos del género *Geotrichum*, en *Coccidioides immitis* y en Dermatófitos.

**Fig. 7: Arthroconidios**



**Los Clamidoconidios** tienen función de resistencia, semejantes a la de las esporas bacterianas. Son células, generalmente redondeadas, de volumen aumentado, con paredes dobles y espesas, en las cuales se concentra el citoplasma. Su localización en el micelio, puede ser apical o intercalar. Se forman en condiciones ambientales adversas, como escasez de nutrientes, agua y temperaturas no favorables al desarrollo fúngico.

**Fig. 8: Clamidoconidios**



Entre otras estructuras de resistencia deben ser mencionados los esclerotos, que son corpúsculos duros y parenquimatosos, formados por el conjunto de hifas y que permanecen en estado de hibernación hasta la aparición de condiciones adecuadas para su germinación. Son encontrados en especies de hongos de las divisiones Ascomycota, Basidiomycota y Deuteromycota.

#### **3.4.2.2 HONGOS PATOGENOS PARA EL SER HUMANO**

El elevado número de conidios presentes en el aire y la baja incidencia de las micosis en hospedadores inmunocompetentes nos demuestra que, a pesar de que la mayor parte de las personas están expuestas a un gran número de hongos, estos microorganismos son habitualmente eliminados por los mecanismos defensivos del hospedador. El desarrollo de una infección fúngica depende del estado de los mecanismos defensivos del hospedador, los factores de virulencia del hongo y la dosis infectante o tamaño del inóculo fúngico.

En general, los hongos causan enfermedades en hospedadores inmunodeprimidos, aunque existe un pequeño grupo de hongos que son patógenos primarios.

El ser humano posee dos tipos de mecanismos defensivos que son muy eficaces frente a la infección: los inespecíficos y los específicos. Los primeros son importantes en la lucha contra las micosis y se basan en la barrera física constituida por la piel y las mucosas, el efecto de interferencia debido a la microbiota normal asociada a dichas estructuras, la actividad de diversas sustancias anti fúngicas presentes en las mucosas y secreciones, y la actividad fagocítica de los neutrófilos y macrófagos.

La importancia de dichos factores se observa en pacientes que presentan alteraciones en su funcionamiento (quemados, portadores de prótesis orales, personas con tratamientos prolongados con antibióticos de amplio espectro o con tratamientos que eliminan los neutrófilos, etc.), ya que los convierte en especialmente susceptibles a la infección fúngica. Los macrófagos alveolares juegan un papel muy importante en la protección del tracto respiratorio inferior, fagocitando los conidios inhalados, mientras que los monocitos y otros tipos de células fagocíticas se encargan de la fagocitosis de los hongos que se encuentran en la sangre y tejidos.

Los mecanismos defensivos específicos son muy eficaces en el control de la mayoría de las micosis y la respuesta protectora se produce como consecuencia de una activación de los linfocitos Th1. Dichas células liberan citocinas que activan los macrófagos, leucocitos polimorfonucleares, células NK y linfocitos T citotóxicos, aumentando su capacidad fungicida.

La inducción de una respuesta inmune celular generalizada se asocia con el desarrollo de respuestas protectoras en las micosis invasoras, pero su participación en la protección en las mucosas puede depender de la localización anatómica.

Los anticuerpos pueden tener un efecto fungicida directo sobre algunos hongos o actuar como opsoninas facilitando la fagocitosis y la acción de las células K. No todos los isotipos de un anticuerpo tienen las mismas características y se ha descrito que mientras una IgG3 frente a un epitopo de la cápsula protegía frente a la meningoencefalitis criptocócica en un modelo murino, una IgG1 frente al mismo

epitopo no lo hacía. Observaciones similares se han realizado con anticuerpos monoclonales anti-*Candida albicans* y demuestran la inducción de anticuerpos protectores y no protectores durante el desarrollo de la infección. Por el contrario, la respuesta humoral puede ser perjudicial en las aspergilosis alérgicas, que se producen en pacientes con niveles elevados de anticuerpos IgE contra antígenos de *Aspergillus*.

El dimorfismo está presente en los patógenos primarios y en algunos hongos oportunistas como *Candida albicans* y esta capacidad del hongo para desarrollar dos tipos de crecimiento (filamentoso y levaduriforme) favorece una mejor adaptación al hospedador y facilita la evasión de los mecanismos defensivos ya que existen diferencias antigénicas entre las dos fases de crecimiento. En los hongos patógenos primarios, el crecimiento filamentoso se produce en el ambiente, mientras que el crecimiento levaduriforme se produce cuando infecta.

En *Candida albicans* el dimorfismo presenta características especiales ya que cuando se encuentra colonizando las mucosas se desarrolla fundamentalmente como levadura, mientras que cuando invade los tejidos se observan levaduras e hifas. Los filamentos de *Candida albicans* facilitan la adhesión a las células del hospedador, la penetración tisular a la vez que dificultan la fagocitosis. Las hifas son más difíciles de fagocitar que las levaduras y permiten el escape del interior de la célula fagocítica al romper la membrana citoplásmica del fagocito.

La adhesión de los hongos a las superficies del hospedador es un paso fundamental en la patogenia de la infección fúngica. Han sido caracterizadas un gran número de adhesinas, siendo en su mayor parte proteínas o glicoproteínas que se unen a receptores del hospedador de naturaleza similar.

La mayoría de los hongos se desarrollan en la naturaleza en condiciones muy diferentes a las que encontrarán en el hospedador humano. En general, los hongos presentan una temperatura óptima de crecimiento inferior a la del cuerpo humano y están habituados a condiciones menos reducidas que las que se encuentran en los tejidos humanos.

Por tanto, para iniciar una infección un hongo ha de ser capaz de crecer a 37 °C en las condiciones de óxidoreducción que existen en los tejidos. Así, aislamientos de

*Sporothrix schenckii* que no crecen bien a temperaturas superiores a 35 °C producen infecciones cutáneas, mientras que los que crecen bien a 37 °C dan lugar a infecciones diseminadas.

Algunas enzimas producidas por los hongos pueden facilitar la multiplicación del propio hongo, favoreciendo la diseminación por los tejidos del hospedador. Ejemplos de estas enzimas son las proteasas (capaces de romper a la IgA e IgA secretora) y fosfolipasas de *Candida albicans*, las queratinasas de los dermatofitos, y las elastasas de *Aspergillus fumigatus*.

En algunos hongos, la capacidad patógena puede depender de la producción de endo y exotoxinas. Algunos hongos filamentosos, entre los que se encuentran especies de los géneros *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*, producen micotoxinas cuando crecen sobre semillas de maíz y otros cereales. La ingestión de estas semillas se ha asociado con el desarrollo de tumores hepáticos y daño renal. Las micotoxinas más estudiadas son las aflatoxinas, fumonisinas y ocratoxinas. Aunque los mecanismos defensivos del hospedador impiden en la mayoría de los casos el desarrollo de una micosis, la exposición a dosis elevadas de conidios puede producir una infección pulmonar o una enfermedad alérgica. Así, la inhalación de un número elevado de conidios de *Ajiellomyces capsulatus* (*Histoplasma capsulatum*) por personas que habían visitado una cueva habitada por murciélagos infectados por el hongo, ha dado lugar al desarrollo de casos de histoplasmosis pulmonar. También se ha descrito el desarrollo de una criptococosis pulmonar en una persona que trabajaba en un palomar. La inhalación de grandes cantidades de conidios de *Aspergillus fumigatus* existentes en los silos donde se almacena la hierba y el grano puede causar una alveolitis alérgica extrínseca o una aspergilosis broncopulmonar alérgica.

Existe un amplio espectro de enfermedades fúngicas como los micetismos, causados por la ingestión de setas venenosas; las micotoxicosis, por la ingestión de alimentos contaminados con micotoxinas; diferentes alergias, por la sensibilización a alérgenos fúngicos y micosis, enfermedades infecciosas causadas por hongos. Estas últimas pueden dividirse en cuatro grupos:

- **Superficiales, afectan** a las capas más externas de la piel y el pelo pero no se produce invasión.
- **Cutáneas, afectan** a las capas queratinizadas de la piel, pelo y uñas.
- **Subcutáneas** y
- **Profundas**, donde la micosis se extiende por los órganos y tejidos

La acción patógena difiere si está relacionada con hongos que forman parte de la microbiota normal de las mucosas humanas (**micosis endógenas**) o con hongos que se multiplican en el medio ambiente (**micosis exógenas**). Las candidiasis son un ejemplo del primer caso, ya que *Candida albicans* y otras especies del género *Candida* se encuentran habitualmente colonizando las mucosas humanas. Las candidiasis de las mucosas se originan cuando se produce una alteración de los mecanismos defensivos, generalmente locales y en algunos casos sistémicos, mientras que las candidiasis invasoras se producen cuando el hongo accede al interior del hospedador, generalmente a través de la mucosa intestinal.

Las micosis exógenas se producen fundamentalmente por inhalación de conidios transportados por el aire. Si los conidios no son eliminados en el pulmón el hongo puede multiplicarse y extenderse a otras localizaciones. Ejemplos de estas micosis son la neumocistosis, la aspergilosis, la criptococosis y la histoplasmosis.

En el caso de las micosis superficiales, la transmisión se produce por contacto con los conidios fúngicos que se encuentran en el suelo, objetos o animales (dermatofitosis). En las micosis subcutáneas la entrada del hongo es por implantación traumática, habitualmente por pinchazos con espinas y astillas contaminadas por hongos que se encuentran en el suelo y en la superficie de árboles y arbustos (p.ejem. esporotricosis).

### 3.4.2.3 PRINCIPALES HONGOS COMO AGENTES BIOLÓGICOS DEL AIRE

#### A) **PENICILLIUM SP**

Las especies de *Penicillium* son reconocidas por su denso cepillar como las estructuras del espora-cojinete. Los conidióforos son simples o ramificados y son terminados por los racimos de fialides en forma de botella. Las esporas (conidios) se producen en cadenas secas de las extremidades de los fialides, con la espora más

joven en la base de la cadena, y son casi siempre verdes. La ramificación es una característica importante para identificar especie del *Penicillium*. Algunos no son ramificados y llevan simplemente un racimo de fialides en la tapa del estípote. Otros pueden tener un racimo de ramas, cada cojinete un racimo de fialides. Un tercer tipo tiene ramas el llevar de una segunda pedido de ramas, llevando alternadamente un racimo de fialides. Estos tres tipos de sistemas del cojinete de la espóra (penicilli) se llaman monoverticillate, bivericillate y tervicillate respectivamente.

El *Penicillium* es un género grande y encontrado casi por todas partes, y siendo comúnmente el género de hongos más abundante en suelos. La fácil proliferación de los *Penicillium* en los alimentos es un problema. Algunas especies producen toxinas y pueden hacer el alimento no comestible o aún peligroso. Es una buena práctica desechar los alimentos que demuestran el desarrollo de cualquier moho. Por otra parte otras especies de *Penicillium* son beneficiosas para los seres humanos. Los quesos tales como el roquefort, brie, camembert, stilton, etc. se crean a partir de su interacción con algunos *Penicillium* y son absolutamente seguros de comer. La penicilina es producida por el hongo *Penicillium chrysogenum*, un moho ambiental

## **B) HISTOPLASMA CAPSULATUM**

Es una levadura que en el estado saprofita crece en forma de micelios.

La fase saprofítica se encuentra en suelos con alto contenido en heces de ave o de murciélago. La forma infectante es una microconidia oval lisa o finamente equinulada, de 1-6  $\mu\text{m}$ , que se forma sobre las hifas o sobre cortos pedúnculos. Se puede cultivar a 25-30 °C en SDA, dando colonias algodonosas, blanquecinas a morenas, que una vez maduras forman también macroconidias esféricas de 8-14  $\mu\text{m}$  pigmentadas, de pared gruesa y aspecto de "mina submarina".

En Agar BHI-Cisteína-Sangre a 37 °C crece levaduriforme en colonias redondas, mucoides y color crema, con pequeñas blastosporas ovals a esféricas de 2-5  $\mu\text{m}$ , con gemación de base estrecha. La forma blastosporada aparece también en los tejidos infectados, a menudo en grandes números en el citoplasma de histiocitos y macrófagos.

El transporte aéreo de microconidias y de fragmentos miceliares del suelo contaminado da lugar a la deposición alveolar vía la inhalación. La susceptibilidad a la difusión dentro del huésped se aumenta con las defensas celulares deterioradas del anfitrión.

La conversión miceliar a la forma patógena de la levadura ocurre de forma intracelular. Las teorías propuestas sugieren que las levaduras pueden producir las proteínas que inhiben la actividad de proteasas lisosomales.

Mientras que la respuesta de la inmunidad del anfitrión se mantenga (gracias a medicamentos), el crecimiento de la levadura cesa en el plazo de 1-2 semanas después de la exposición debido a que se activa la actividad fungistática de macrófagos contra las levaduras intracelulares. Con la maduración adicional de la respuesta transmitida por células, se retrasa o inhibe la hipersensibilidad hacia esa especie, esto ocurre de 3 a 6 semanas después de la exposición.

### **C) ASPERGILLUS**

Aspergillus es un hongo filamentoso hialino ubicuo, productor de enfermedades de distribución universal que ocasionalmente pueden aparecer en forma de brotes hospitalarios tras obras de remodelación.

#### **• CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS**

Se conocen unas 900 especies de Aspergillus, que Rapper y Fennell clasifican en 18 grupos, de los que sólo 12 se relacionan con enfermedad humana: *Aspergillus fumigatus* (85%), *A. flavus* (5-10%), *A. niger* (2-3%), *A. terreus* (2-3%), *A. versicolor*, *A. nidulans*, *A. glaucus*, *A. clavatus*, *A. cervinus*, *A. candidus*, *A. flavipes* y *A. ustus*. Esta clasificación se basa en las siguientes características morfológicas del hongo: tamaño y forma de las cabezas conidiales, morfología de los conidióforos, fiálides y métulas, y en la presencia de células de Hülle y de esclerocios. En la siguiente figura se muestran las principales estructuras morfológicas del género *Aspergillus*.

#### **• PATOGENIA**

*Aspergillus* es un ejemplo de lo que denominamos "patógeno oportunista", es decir, que suele afectar a pacientes con mecanismos de defensa comprometidos. Entre los factores de patogenicidad de este hongo se encuentran:

- El pequeño tamaño de sus conidias que permite que sean aspiradas y que pueda causar infección en el pulmón y en los senos paranasales.
- Su capacidad de crecer a 37°C, lo que le hace idóneo para afectar al humano.
- Su capacidad de adherencia a superficies epiteliales y posiblemente endoteliales y su gran tendencia a invadir los vasos sanguíneos.
- La producción de un gran número de productos extracelulares tóxicos para las células de los mamíferos (elastasa restrictocina, fumigatoxina, etc.).

#### • **MANIFESTACIONES CLÍNICAS**

Es esencial reconocer que *Aspergillus* puede ser un colonizador, causar enfermedad alérgica, infección local o ser responsable de cuadros invasivos de gran gravedad. Es labor del microbiólogo obtener la información clínica necesaria para poder diferenciar estas situaciones.

Brevemente algunos ejemplos de las diversas infecciones causadas por este microorganismo:

**Onicomycosis:** No es demasiado frecuente. Ciertas especies como *A. fumigatus* y *A. versicolor* pueden afectar a uñas distróficas, dando lugar a hiperqueratosis y a un cambio en la coloración de las mismas.

**Otomycosis:** Producidas principalmente por *A. niger* y *A. fumigatus*. Puede aparecer prurito local y vértigo, con eliminación de cerumen rico en masas de micelio. Ciertas condiciones como el eczema y la seborrea favorecen la colonización por *Aspergillus*.

**Sinusitis alérgica:** Los senos paranasales están ocupados por moco rico en eosinófilos, cristales de Charcott-Leyden e hifas.

**Aspergilosis broncopulmonar alérgica:** Suele deberse a la inhalación de conidias e hifas de *Aspergillus*. El paciente presenta eosinofilia, infiltrados pulmonares hemorrágicos, bronquiectasias centrales y una prueba cutánea positiva para *Aspergillus*. Las IgE totales y las IgG anti-*Aspergillus* en suero están elevadas. En casos crónicos puede aparecer fibrosis pulmonar con pérdida gradual de la función pulmonar. En ocasiones, cuando se entra en contacto con grandes cantidades de alérgeno (trabajadores de molinos de grano, de silos, etc.), puede producirse una

alveolitis alérgica extrínseca por *Aspergillus*. Los síntomas aparecen varias horas después de la exposición y consisten en tos seca, disnea y, en ocasiones, fiebre.

***Aspergilomas***: Producidos por colonización de cavidades previas (tuberculosis, sarcoidosis, histoplasmosis o bronquiectasias) por *Aspergillus*. Pueden ser asintomáticos o cursar con hemoptisis, sobreinfección bacteriana o invasión tisular. El diagnóstico es fundamentalmente radiológico, a partir de la visualización de cavidades con una masa opaca rodeada de aire que se mueve cuando el paciente cambia de postura. Las imágenes se observan mucho mejor con tomografía computarizada o resonancia magnética que con radiología simple. El diagnóstico radiológico siempre ha de acompañarse de la presencia de niveles altos de IgG frente a *Aspergillus* y la presencia, generalmente intermitente, de tinciones y cultivos con *Aspergillus* de las secreciones respiratorias. En ocasiones los aspergilomas pueden localizarse en los senos maxilares dando lugar a cefalea, rinorrea y secreción postnasal.

***Aspergilosis pulmonar invasiva***: En los últimos años la incidencia de aspergilomas ha disminuido, mientras que la aspergilosis pulmonar invasiva (API) ha ido en aumento. En pacientes con leucemia, la incidencia de API oscila entre el 5-24%, y en trasplantados de órgano sólido entre el 1 y el 10%. Los factores de riesgo más importantes son la neutropenia (<500 y, sobre todo, <100 células/106/l), la neutropenia prolongada, el tratamiento con esteroides, la enfermedad del injerto contra huésped en los trasplantes de médula ósea, el rechazo agudo y la enfermedad por CMV en los trasplantados de órgano sólido y el SIDA avanzado. Las manifestaciones clínicas suelen comenzar con la aparición de fiebre, seguida a los pocos días de síntomas respiratorios como dolor torácico, tos, taquipnea o hemoptisis. Los infiltrados radiológicos se detectan mejor por tomografía computarizada y pueden ser variados (nódulos, cavitación, lesiones triangulares con base pleural, etc.). La infección puede diseminarse por vía hematológica o extenderse a estructuras contiguas, como los grandes vasos, produciendo hemorragias en ocasiones fatales. La detección de anticuerpos frente a *Aspergillus* no tiene utilidad en el diagnóstico de la API. La mortalidad es muy elevada.

***Aspergilosis pulmonar necrosante crónica:*** Suele afectar a ancianos con enfermedades pulmonares previas. Tiene un curso lento (meses o años), con aparición de infiltrados en los lóbulos superiores, fibrosis y cavitaciones. El paciente desarrolla anticuerpos frente a *Aspergillus* detectables en el laboratorio. Aunque no suele haber complicaciones, pueden producirse neumotórax, aspergilomas o, incluso, aspergilosis pulmonar invasiva.

***Sinusitis:*** La rinosinusitis aguda afecta, sobre todo, a pacientes muy inmunodeprimidos, mientras que la crónica puede aparecer en pacientes inmunocompetentes. En el primer caso no es rara la extensión a los tejidos contiguos imitando la mucormicosis rinoorbitaria o incluso la afectación del SNC por extensión local o por vía hematógena, con producción de infartos cerebrales, meningitis o abscesos intracraneales.

Otras manifestaciones sistémicas de *Aspergillus* incluyen la endocarditis, aneurismas micóticos, infección de prótesis vasculares, osteomielitis, endoftalmitis y afectación de órganos como el cerebro, estómago, hígado, bazo y riñones. Hasta el 30% de las aspergilosis invasivas son diseminadas.

#### **D) CLADOSPORIUM**

Género perteneciente a la familia-forma *Demaciáceas* (Orden forma Moniliales, Subdivisión Deuteromicotinas) que engloba a unas 40 especies, algunas de ellas fitopatógenas y la mayoría saprofitas sobre vegetación o sobre el suelo; algunas de sus especies son capaces de atacar celulosa, pectina y lignina. Es un género de distribución cosmopolita, siendo uno de los taxones más aislado y abundante en los recuentos aerobiológicos de todo el mundo.

Es ampliamente citado como productor de asma y esporosis, e incluso algunas de sus especies actúan como oportunistas y son capaces de intervenir en ciertos procesos micóticos pulmonares, atacar la piel, producir cromoblastomicosis y lesiones neurotrópicas.

Aunque el mayor interés por estos hongos, desde el punto de vista sanitario, viene dado por la capacidad alergógena de sus conidios, que pueden alcanzar en la

atmósfera, tanto en interiores como en exteriores de edificaciones, concentraciones muy altas. Según datos de la Unidad de Alergia del Hospital Reina Sofía de Córdoba, en esta provincia, *Cladosporium* es el tercer alérgeno fúngico en importancia tras *Alternaria* y *Aspergillus*; de los pacientes sensibles a hongos, el 22 % lo son a este taxon.

*Cladosporium* (teleomorfo: *Mycosphaerella*) forma en cultivo colonias de color oliváceo y a veces grises o marrones; aterciopeladas, flocosas o pelosas; a veces presenta estromas. Sus conidióforos son macronematosos o semimacronematosos simples o poco ramificados, con una coloración marrón o verdosa, y de superficie lisa o ligeramente granulosa en algunas especies. Muchas de sus especies poseen ramoconidios con o sin septos. La célula conidiógena es poliblastica, generalmente integrada y simpodial; da lugar a conidios que generalmente quedan en cadenas acrópetas, o a veces se presentan solitarios. Pueden ser de forma variada (elipsoidales, limoniformes, oblongos, esféricos, subesféricos, fusiformes), con una cicatriz en la base y pueden ser unicelulares o poseer 1-3 septos transversales; poseen pared lisa, verrugosa o equinada, hialina a pigmentada, de color oliváceo a marrón oscuro.

En Andalucía Central, los conidios de *Cladosporium* están presentes en el aire de interior y exterior durante todo el año, las mayores concentraciones se alcanzan durante el final del verano y principios del otoño, alcanzándose en ocasiones niveles muy altos (36.047 conidios/m<sup>3</sup> hora el 16/10/86). En esta provincia se han identificado 9 especies, siendo el género más abundante en el aire de exterior (66 % de todas las esporas contabilizadas con Burkard spore-trap), mientras que los estudios realizados en interiores ocupa el segundo lugar. Sin embargo, y a pesar de la abundancia de los conidios de *Cladosporium* en el aire, y de ser considerado como fuente alimenticia de determinados ácaros del polvo doméstico, curiosamente su presencia en éste es muy inferior a la del aire, y así aparece citado en diferentes recuentos de hongos en este sustrato.

## E) CUNNINGHAMELLA

Cunninghamella es un género de hongos en los Mucorales orden, y el Cunninghamellaceae familia. Los miembros de este género son de uso frecuente en los estudios que investigan el metabolismo de los fármacos, ya que estas especies metabolizan una amplia gama de medicamentos en formas similares a los sistemas de enzimas de mamíferos. Muchas especies son capaces de oxidar los hidrocarburos aromáticos policíclicos, una clase de moléculas orgánicas estables que tiende a persistir en el medio ambiente y contiene muchos conocidos cancerígenos y mutagénicos compuestos.

### 3.5 EFECTOS DE LOS AGENTES BIOLÓGICOS

Pueden causar tres tipos de enfermedades

- **Alergias:** desencadenadas por la exposición a polvos orgánicos de mohos, enzimas o ácaros. Debido a la reacción de los antígenos.
- **Infecciones:** causadas por virus, bacterias o parásitos (helmintos, hongos, artrópodos...)
- **Envenenamiento o efectos tóxicos (endotoxinas, micotoxinas)** No se suele dar en prevención.

## VÍAS DE ENTRADA



**Tabla 2. Agentes biológicos con efectos alérgicos o tóxicos <sup>(3)</sup>**

AGENTE BIOLÓGICO		Clasificación	Notas
<b>Bacterias y afines</b>	<i>Clostridium botulinum</i>	2	T
	<i>Clostridium tetani</i>	2	T.V.
	<i>Cornebacterium diphtheriae</i>	2	T.V.
	<i>Escherichia coli</i> , cepas verocitóticas(0157:H7 ó 103)	3(*)	T
	<i>Shigella dysenteriae</i> (tipo1)	3(*)	A
<b>Parásitos</b>	<i>Ascaris lumbricoides</i>	2	A
	<i>Ascaris suum</i>	2	A
<b>Hongos</b>	<i>Aspergillus fumigatus</i>	2	A
	<i>Candida albicans</i>	2	A
	<i>Coccidioides immitis</i>	3	A
	<i>Cryptococcus neoformans</i> var. <i>Neoformans</i>	2	A
	<i>Cryptococcus neoformans</i> var. <i>gatti</i>	2	A
	<i>Epidermophyton floccosum</i>	2	A
	<i>Microsporum</i> spp	2	A
	<i>Penicillium marneffe</i>	2	A
<p>T Producción de toxinas    V Vacuna eficaz disponible    spp otras especies del género pueden</p> <p>A Posibles efectos alérgicos    (*) Normalmente no infeccioso a través del aire    construir un riesgo para la salud</p>			

<sup>(3)</sup> Artículo 2 del Real Decreto 664/1997, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo; Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales; España; 1997

Esta lista constituye una de las principales herramientas en la evaluación de los riesgos laborales por exposición a agentes biológicos, ya que la inclusión de un determinado agente en uno de los grupos da idea de la peligrosidad intrínseca del mismo. En la tabla, se resumen los agentes biológicos que tienen alguna de dichas indicaciones.

A la vista de los criterios de clasificación, esta lista únicamente contempla a los agentes biológicos patógenos. En consecuencia, no proporciona información sobre agentes biológicos que, sin causar infección, pueden provocar el resto de efectos adversos contemplados en la definición. Buena parte de esos efectos (alérgicos y tóxicos) se manifiestan en las vías respiratorias y los pulmones.

### **3.6. CLASIFICACION DE LOS AGENTES BIOLOGICOS**

**GRUPO 1:** aquél que resulta poco probable que cause una enfermedad en el hombre

**GRUPO 2:** aquél que puede causar una enfermedad en el hombre y puede suponer un peligro para los trabajadores, siendo poco probable que se propague a la colectividad y existiendo, generalmente profilaxis o tratamiento eficaz.

**GRUPO 3:** aquél que puede causar una enfermedad grave en el hombre y presenta un serio peligro para los trabajadores, con riesgo de que se propague a la colectividad y existiendo generalmente una profilaxis o tratamiento eficaz.

**GRUPO 4:** aquél que causando una enfermedad grave en el hombre supone un serio peligro para los trabajadores, con muchas probabilidades de que se propague a la colectividad y sin que exista generalmente una profilaxis o un tratamiento eficaz.

**Tabla 3.** Clasificación de los Agentes Biológicos

<b>Grupo de Riesgo</b>	<b>Riesgo Infeccioso</b>	<b>Riesgo de la Propagación a la Colectividad</b>	<b>Profilaxis o Tratamiento eficaz</b>
<b>1</b>	<b>Poco probable que cause enfermedad</b>	<b>NO</b>	<b>Innecesario</b>
<b>2</b>	<b>Pueden causar una enfermedad y constituir un peligro para los trabajadores</b>	<b>Poco probable</b>	<b>Posible generalmente</b>
<b>3</b>	<b>Pueden provocar una enfermedad grave y constituir un serio peligro para los trabajadores</b>	<b>Probable</b>	<b>Posible generalmente</b>
<b>4</b>	<b>Pueden provocar una enfermedad grave y constituir un serio peligro para los trabajadores</b>	<b>Elevado</b>	<b>No conocido en la actualidad</b>

*(\*) Fuente: Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo; Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos.*

### 3.7. Tabla 4.-Principales Enfermedades Provocadas por los Bioaerosoles

ENFERMEDAD	PRINCIPALES SECTORES DE ACTIVIDAD	VIAS DE ENTRADA	PREVENCIÓN Y CONTROL
<b>Leishmaniosis</b> Agente: Protozoo: Leishmani Tropica (L. Cutánea) Leishmania Donovanii (L. Visceral)	Trabajos en zonas pantanosas, arrozales, salinas	Picadura de insecto portador del parásito	Eliminación de animales que actúen como reservorio (roedores, perros, etc.). Control de plagas: uso de insecticidas. Inmunoprofilaxis con cepas atenuadas
<b>Histoplasmosis</b> Agente: Hongo: Histoplasma Capsulatum	Trabajadores de graneros, gallineros, granjeros, trabajadores empujados en demoliciones y en actividades de urbanización	Inhalación de los elementos reproductores del hongo (microconidios)	Control de ambientes pulvigenos Rociamiento de los suelos con agua y desinfectante Equipos de protección personal
<b>Dermatofitosis</b> Agente: Hongo: Varias especies de Microsporium y Trichophyton	Ganaderos, granjeros y mataderos tratantes y trasnpostistas de ganado	Contacto con animales infectados Inhalación de esporas	Control veterinario de los animales estabulados Sanitación y desinfección de establos. Higiene personal
<b>Equistosomiasis</b> Agente: Helminto Trematodo: Schistoma mansoni S. japonicum S. haematobium..	Tareas agrícolas de irrigación, arrozales, cañas de azúcar, pescadores	Contacto con aguas contaminadas	Control y eliminación de huéspedes intermedirarios (caracoles). Saneamiento ambiental: red de aguas. Formación del personal expuesto. Equipos de protección personal.
<b>Anquilostomiasis</b> Agente: Helminto: Nematodo. Ancylostoma duodenale, Necator americanus.	Trabajadores de minas, túneles excavadores de zanjas, trabajadores de alcantarillado, manipuladores de abonos orgánicos	invasión de la piel por larvas	Adecuadas instalaciones higiénicas: lavabos, duchas, vestuarios. Equipos de protección personal. Ropas de trabajo diferente a las ropas de calle. Drenaje y ventilación de suelos a fin de evitar el desarrollo de larvas
<b>Miiasis</b> Agente: Artrópodo: larvas de dípetros (moscas)	Pastores, ganaderos, manipuladores de abonos orgánicos, trabajadores de alcantarillas, granjeros.	Dérmica	Control de plagas (moscas) mediante el uso de insecticidas. Utilización de repelentes de las moscas parasitarias de diversos animales domésticos que facultativamente pueden atacar al hombre
<b>"Parálisis de garrapata"</b> Agente: Artrópodo: garrapatas	Todos aquellos en lo que estén presente los animales	Inoculación de toxinas	Control y eliminación del agente, que a su vez es un importante vector de otras importantes infecciones víricas, bacterianas, protozoarias y helmínticas.

ENFERMEDAD	PRINCIPALES SECTORES DE ACTIVIDAD	VIAS DE ENTRADA	PREVENCIÓN Y CONTROL
<b>Alergias respiratorias y de contacto</b> Agente: Artrópodos : ácaros	Todos aquellos en lo que estén presente los animales, forrajes y en todas aquellas situaciones en que los ácaros puedan sobrevivir	Exposición a los agentes	Extremas condiciones higiénicas de animales y sus instalaciones. Programas de desinfección
<b>Hepatitis Vírica</b> Agente: virus de la hepatitis B	Cirujanos, dentistas, trabajadores de la salud, personal técnico y auxiliar de laboratorio, bancos de sangre	Transmisión oral. Transmisión parenteral	Vacunación. Utilización de material desechable Esterilización del instrumental adecuado tratamiento (esterilización, incineración) residuos: fluidos biológicos tejidos y cadáveres, material de desecho. Formación e información del trabajador sobre los posibles riesgos Utilización de material de laboratorio de Bioseguridad Prendas de protección Personal
<b>Hidrofobia (Rabia)</b> Agente: virus de lyssa Tipo A	Veterinarios, cuidadores de animales de laboratorio. Fabricación de vacunas, granjeros, pastores laboratorios en los que se manipule el virus	Mordeduras de animales domésticos y/o salvajes infectados. Inhalación de partículas o aerosoles que contengan el virus Inoculación accidental con material contaminado	Vacunación de animales domésticos Vacunación de trabajadores expuestos Destrucción de animales y cadáveres infectados Tratamiento inmediato de mordeduras o heridas producida por animales infectados o sospechosos de estarlo. Prácticas bioseguras de laboratorio. Medidas físicas de contención del virus (cabinas de seguridad biológica)
<b>Carbunco Antrax</b> Agente: Bacteria: bacillus anthracis	Veterinarios, granjeros, carniceros, fábricas textiles, trabajadores de la piel y de la lana, ganaderos	Contacto directo con animales infectados, piel, lana. Ingestión, inhalación de esporas	Vacunación de animales y personal expuesto Destrucción de animales y cadáveres infectados Eliminación de polvo en fábrica Formación e información del trabajador sobre los posibles riesgos Prendas de protección Personal
<b>Leptospirosis (enfermedad de weil)</b> Agente: Bacteria: Leptospira interrogans	Agricultores, recolectores de caña de azúcar, ganaderos, veterinarios, manipuladores de alimentos, trabajadores de construcción, trabajadores de alcantarillas	Penetración de las bacterias a través de roturas y laceraciones de la piel por contacto con aguas polucionadas con orinas infectadas	Vacunación de animales y trabajadores expuestos Control de plagas (roedores) Eliminación de residuos líquidos Control y depuración de aguas Equipos de protección personal Higiene personal
<b>Amebiasis</b> Agente: Protozoo: Entamoeba histolytica	Ganaderos, cuidadores de animales de zoológico, cuidadores de animales de laboratorio de investigación, trabajadores en zonas pantanosas	Contacto con aguas contaminadas Ingestión de alimentos contaminados	Control, depuración, desinfección de aguas Prácticas higiénicas en la manipulación de alimentos Tratamiento de los animales infectados Equipos de protección personal

En los últimos años han surgido diferentes actividades industriales en las que la exposición a agentes biológicos puede ser importante. Industrias tales como las de producción de sustancias biológicas altamente purificadas, las dedicadas al tratamiento de aguas residuales, a la recogida de residuos orgánicos o a la fabricación de compost. Esto ha producido un renovado interés en el conocimiento de las posibles exposiciones a bioaerosoles y de los efectos adversos para la salud asociados a las mismas.

En muchas situaciones existe exposición a mezclas complejas de toxinas, alérgenos o a agentes químicos, lo que supone un amplio rango de efectos adversos potenciales. Como consecuencia de estas exposiciones y en términos generales se pueden distinguir tres grandes grupos de enfermedades: las infecciosas, las respiratorias y el cáncer. En esta nota técnica de prevención se tratarán exclusivamente las enfermedades respiratorias.

Los síntomas respiratorios y el deterioro de la función pulmonar son los aspectos más estudiados entre los efectos asociados a la exposición a bioaerosoles. Estos efectos van de las condiciones agudas leves, que apenas afectan la vida diaria, a enfermedades respiratorias severas crónicas. En general, los síntomas respiratorios de origen laboral son consecuencia de la inflamación de las vías respiratorias causada por exposiciones específicas a toxinas, alérgenos o a otros agentes o que favorecen el proceso inflamatorio. A la vista de los mecanismos inflamatorios y de los subsiguientes síntomas, se puede efectuar una distinción entre enfermedades respiratorias alérgicas y enfermedades respiratorias no alérgicas. Los síntomas respiratorios no alérgicos reflejan una inflamación específica no inmune de las vías aéreas; mientras que los síntomas respiratorios alérgicos son consecuencia de una inflamación específica inmune en la que varios anticuerpos (inmunoglobulinas IgE e IgG) juegan un papel fundamental en la respuesta inflamatoria.

En la tabla 3 se muestran las principales enfermedades respiratorias, los agentes causales y algunos ejemplos de actividades laborales en las que puede ocurrir la exposición.

**Tabla 5. Enfermedades respiratorias no infecciosas<sup>(4)</sup>**

ENFERMEDAD		AGENTES	ACTIVIDADES
No Alérgica	Asma no alérgica	Hongos	Agricultura e industrias relacionadas
	Rinitis no alérgica	Bacterias	Tratamiento de aguas residuales
	Bronquitis crónica	Actinomicetes	Elaboración y manipulación de abonos
	Obstrucción crónica de las vías aéreas	Endotoxinas	Industria alimentaria
	Síndrome del polvo orgánico tóxico (ODTS)	$\beta(1,3)$ -glucanos Peptidoglicanos Micotoxinas Otros componentes de origen microbiano, vegetal o animal	Procesado de fibras animales y vegetales Industria de la madera Producción de papel Procesos de fermentación Mecanizado metálico (fluidos de corte) Recolección de basuras Oficinas ( sistemas de ventilación y climatización contaminados)
Alérgica	Asma alérgica	Hongos	Elaboración de compost
	Rinitis alérgica	Enzimas microbianas	Agricultura e industrias relacionadas
	Neumonitis hipersensitiva/ Alevolititis alérgica extrínseca/Pulmón de granjero	Proteínas de vegetales (soja, látex) Proteínas de animales (roedores) Proteínas de invertebrados	Producción de enzimas e industriales biotecnológicas Industria alimentaria Panificadoras Fabricación de detergentes Sector sanitario (látex) Veterinarios Animales de compañía (cría y venta) Estabularios Industria de biopesticidas (invertebrados)

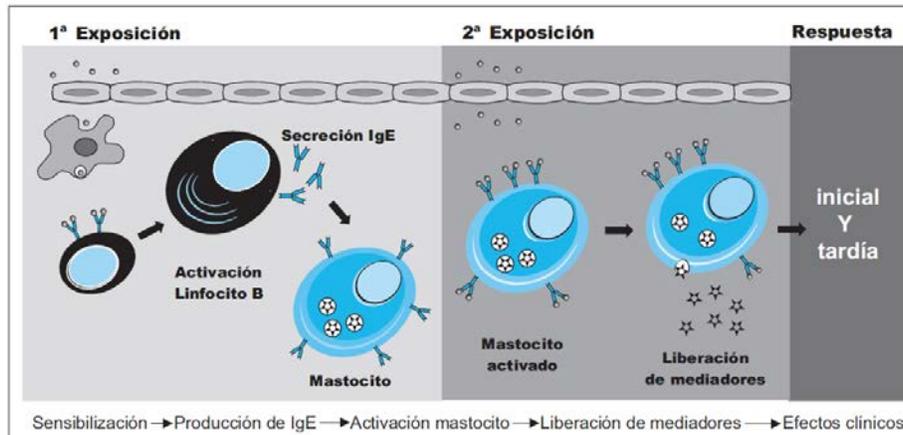
Buena parte de las enfermedades respiratorias contempladas, se desarrollan a través de mecanismos inmunológicos cuyo objetivo es el control y eliminación de cualquier elemento extraño. Para ello, lo primero es reconocer dicho elemento para, a continuación, desarrollar una respuesta adecuada que consiga su destrucción. El sistema inmune cuenta con diversos mecanismos que se pueden agrupar en dos categorías: innatos y adaptativos.

<sup>(4)</sup> Artículo 2 del Real Decreto 664/1997, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo; Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales; España;1997

Los mecanismos innatos se basan en la activación del complemento por la vía alternativa y en la acción de los fagocitos (monocitos/macrófagos y neutrófilos) y de los mastocitos.

Los mecanismos adaptativos se basan en la acción de los linfocitos T y linfocitos B. Estos últimos segregan anticuerpos específicos; mientras que los linfocitos T colaboran en la formación de los anticuerpos y en la acción destructiva de los macrófagos. Los excesos, defectos o errores de la inmunidad conducen a la manifestación de enfermedades tales como: alergias, inmunodeficiencias o autoinmunidad. La alergia es una reacción desmesurada del sistema inmune (hipersensibilidad) frente al elemento extraño. Casi todas las reacciones alérgicas son el resultado de una respuesta inmune denominada hipersensibilidad inmediata tipo I (atópica o anafiláctica), que consiste en reacciones inflamatorias causadas por la liberación masiva de mediadores inflamatorios (histamina, triptasa, prostaglandinas y leucotrienos), por parte de leucocitos basófilos y mastocitos cuando se unen el antígeno con el anticuerpo IgE presente en la membrana de las células. Estos mediadores son los causantes de los síntomas, los cuales, según la vía de entrada y el grado de difusión del alérgeno, pueden adoptar una forma localizada, como la rinitis o el asma, o generalizada, como las reacciones anafilácticas (picaduras insectos, medicamentos, etc.). La hipersensibilidad tipo I se produce en dos etapas: sensibilización y desencadenamiento. Durante la etapa de sensibilización los anticuerpos IgE producidos en respuesta al antígeno se unen a los receptores de membrana de los mastocitos y/o basófilos.

En la fase de desencadenamiento, y tras una nueva exposición al antígeno, ocurre la unión del antígeno a los anticuerpos fijados en las células provocando la activación y liberación de los mediadores produciéndose los síntomas característicos. En la figura se muestra un esquema de este mecanismo de acción.

**Fig.9: Hipersensibilidad tipo I**

Otro de los mecanismos inmunológicos que intervienen en la aparición de enfermedades respiratorias, concretamente en las alveolitis alérgicas extrínsecas, es la hipersensibilidad tipo III o hipersensibilidad mediada por inmunocomplejos. La reacción alérgica se produce cuando se acumula un gran número de complejos inmunes formados por la unión del antígeno y el anticuerpo soluble, fundamentalmente IgG o IgM. Estos complejos pueden provocar una inflamación extensa que daña los tejidos.

### A) ASMA

El asma es una enfermedad caracterizada por el estrechamiento reversible de los bronquios debido al aumento de la reactividad bronquial frente a diversos estímulos que producen inflamación.

Durante un ataque de asma, los músculos lisos de los bronquios producen un espasmo y los tejidos que revisten a las vías aéreas se inflaman segregando mucosidad. Este hecho reduce el diámetro de los bronquios (broncoconstricción) dificultándose así la respiración. El desencadenante de estos efectos es la liberación, por parte de mastocitos y eosinófilos, de sustancias tales como la histamina y los leucotrienos. La liberación de estas sustancias se produce como consecuencia del estímulo provocado por determinados agentes extraños, los alérgenos, entre los que se pueden distinguir el polen o las sustancias de alto peso

molecular de origen biológico. Esta respuesta también es propiciada por otros factores como pueden ser la inhalación de sustancias irritantes, el estrés, la ansiedad, respirar aire frío o hacer ejercicio.

Los síntomas más característicos del asma son los siguientes: tos, sibilancias, opresión torácica, dificultad en la respiración. En función de si los síntomas aparecen o no tras un período de latencia se pueden distinguir dos tipos: el inmunológico mediado por la inmunoglobulina IgE y como respuesta a la exposición a agentes de alto peso molecular y algunos de bajo peso molecular, y el no inmunológico que no presenta período de latencia, también conocido como asma irritativa. En la tabla 4 se muestran algunos ejemplos de agentes biológicos y de sustancias de origen biológico implicadas en procesos asmáticos.

**Tabla 6. Bioaerosoles dominantes en función del sustrato <sup>(5)</sup>.**

		COMPUESTO	ACTIVIDAD
COMPUESTOS DE PESO MOLECULAR ELEVADO	Polvo vegetal y harinas	Polvo de cereales	Granjeros, Trabajadores portuarios, Molinos
		Harinas de trigo, centeno	Panderías
		Lúpulo	Industria cervecera
		Harina y polvo de soja	Procesamiento de Soja
		Ricino	Fertilizantes
		Cacao	Industria alimentaria
		Café verde	Industria de café
		Hojas de té	industria del té
		Semillas de algodón, lino	industria textil
		Linaza	Extracción de aceites
	Enzimas vegetales	Papaína, Diastas	Industria alimentaria
		Pectinasa, Bromelina	Industria farmacéutica
	Gomas vegetales	Caraya, Goma arábica, Guar	Aditivos, estabilizadores, espesantes, imprentas
		Látex	Industria de látex, Biosanitarios
Hongos y esporas	Alternaria, Aspergillus, Cladosporium	Paanderías, Granjas, cultivadoras de setas	
Enzimas animales	Ácaros de cereales	Molinos	
	Cochinilla	Fabricación de carmín	
COMPUESTOS DE BAJO PESO MOLECULAR	Maderas	Cedro rojo, Cedro del librano, Boj sudafrocano, Roble, caoba, iroco	Aserraderos, acabados de maderas, carpinterías, ebanisterías, fabricación de moldes
	Otros	Colofonia	Tinturas de piel, industria química
		Piretrinas	Fumigación

(5) *Artículo 2 del Real Decreto 664/1997, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo; Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales; España; 1997*

## **B) RINITIS**

Rinitis es el término que describe los síntomas producidos por irritación o inflamación nasal. Entre los síntomas cabe destacar: goteo nasal, picor, estornudos y congestión nasal. Esta enfermedad a menudo coexiste con otras enfermedades respiratorias como por ejemplo el asma.

Existen dos tipos de rinitis dependiendo o no de la intervención de los mecanismos inmunitarios:

- **Rinitis alérgica:** esta condición ocurre cuando el sistema inmunitario responde de forma excesiva a determinadas sustancias tales como: polen, hongos, ácaros, pelo animal, productos químicos, humo de tabaco, alimentos, medicinas o veneno de insectos, que el organismo reconoce como extrañas. Tras un primer contacto con el alérgeno, una persona atópica (con predisposición genética) queda sensibilizada. Un contacto posterior con el alérgeno va a provocar una respuesta desmesurada del sistema inmunitario. En concreto, la que se produce en estos casos es la hipersensibilidad tipo I comentada anteriormente.

- **Rinitis no alérgica:** esta forma de rinitis no depende de la presencia de la inmunoglobulina IgE y no es consecuencia de una reacción alérgica. Los síntomas pueden ser provocados por el humo de tabaco, olores fuertes, el frío, infecciones o el uso excesivo de descongestionantes.

## **C) NEUMONITIS POR HIPERSENSIBILIDAD**

La neumonitis por hipersensibilidad (NH), también conocidas como alveolitis alérgica extrínseca (AAE) puede definirse como una enfermedad pulmonar de base inmunológica producida por una amplia gama de antígenos que llegan al pulmón por vía inhalatoria, vehiculizados por polvos orgánicos e inorgánicos de procedencia diversa, generalmente de origen ocupacional, y que dan lugar a enfermedades cuyos nombres suelen hacer referencia a la actividad laboral que desarrollan las personas expuestas.

Los rasgos más característicos de la enfermedad se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Afectación bilateral y difusa de bronquiolos terminales, alvéolos e intersticio pulmonar.
- Inflamación constituida por infiltrado celular mononuclear que frecuentemente deriva de la formación de granulomas y fibrosis.
- Presentación de la enfermedad con patrón agudo, subagudo o crónico.
- Detección en el suero de los pacientes de anticuerpos precipitantes frente al antígeno responsable.

No está perfectamente establecido el mecanismo inmunológico que interviene, pero los síntomas y los datos clínicos hacen pensar en una respuesta de hipersensibilidad de tipo III, relacionada con complejos antígeno anticuerpo tipo IgG y el complemento.

Las características clínicas de las NH son similares, independientemente de su etiología pueden presentarse en forma aguda, subaguda o crónica. La forma aguda suele comenzar al cabo de 4-6 horas tras una exposición antigénica intensa y breve. Se observa tos, fiebre, escalofríos, mialgias, malestar general y disnea habitualmente sin sibilancias. Los síntomas remiten completamente y de forma espontánea al cabo de 18-24 horas a no ser que vuelva a exponerse al antígeno causal. La forma subaguda de NH es más común y se produce tras la exposición a largo plazo y a dosis bajas. Los síntomas son insidiosos y recuerdan los de las bronquitis crónica, con anorexia, astenia, pérdida de peso, tos, más o menos productiva, y disnea de esfuerzo. Es importante sospechar el diagnóstico en esta fase, pues la exposición persistente puede ocasionar lesión pulmonar irreversible (fibrosis intersticial e insuflación pulmonar). La forma crónica se caracteriza por tos y disnea progresiva de esfuerzo e insuficiencia respiratoria. En esta forma la fibrosis pulmonar se hace progresiva, difusa e irreversible.

## **D) SÍNDROME TÓXICO POR POLVO ORGÁNICO (ODTS)**

Es una enfermedad aguda febril no alérgica, caracterizada por: fiebre, temblores, tos seca, opresión torácica, disnea, dolor de cabeza, dolores musculares y articulares, fatiga, náusea y malestar general. Los síntomas hacen pensar en la gripe, pero normalmente desaparecen al día siguiente. Bajo este nombre se pueden englobar otras enfermedades tales como: las fiebres de los manipuladores de grano (síndrome de los silos), la bisinosis, la fiebre de los humidificadores y climatizadores, el síndrome de los poceros y otras fiebres inhalatorias.

Esta enfermedad es típica de trabajadores expuestos a niveles elevados de polvo orgánico normalmente en espacios confinados. Los mecanismos fisiopatológicos son diversos, entre ellos cabe señalar el papel asignado a las endotoxinas bacterianas, a las micotoxinas, al  $\beta(1,3)$ - glucanos o a la activación del complemento por la vía alternativa. La sintomatología es muy similar a la de la neumonía hipersensitiva. El diagnóstico diferencial no está completamente establecido, pero la opinión compartida es que en ODTS los cambios en la función pulmonar son reversibles, se pueden detectar linfocitos en el lavado broncopulmonar, pero no se detecta fibrosis.

### **3.8. PLANTA DE TRANSFERENCIA**

#### **3.8.1 Definición**

Una estación de transferencia de residuos sólidos, se define como el conjunto de equipos e instalaciones donde se lleva a cabo el transbordo de dichos residuos, de los vehículos recolectores a vehículos de carga en gran tonelaje, para transportarlos hasta los sitios de destino final (rellenos sanitarios). El concepto ingenieril más puro de cualquier estación de transferencia, pretende privilegiar sistemáticamente, los aspectos de rentabilidad y eficiencia. Sin duda alguna, el objetivo fundamental de una estación de transferencia, es incrementar la eficiencia global de los servicios de manejo de los residuos sólidos municipales, a través de la economía que se logra

con la disminución del costo general de manejo, así como por la reducción en los tiempos de transporte y la utilización intensiva de los equipos y el recurso humano.

Las estaciones de transferencia, contrario a lo que normalmente se piensa, no son infraestructura propia del modernismo actual, ya que presentan un concepto que siempre ha acompañado al ser humano en su desarrollo.

Se tiene noticia que las primeras estaciones de transferencia, diseñadas técnicamente y construidas ingenierilmente, fueron de tipo marítimo y aparecieron en las ciudades de Nueva York y Lisboa; así mismo, fueron pioneras las estaciones ferroviarias de París y Sao Paulo. En el inicio de este siglo se encontraban estaciones de transferencia marítimas en Río de Janeiro, donde también se empleaba el tranvía como transporte suplementario.

Es a partir de este siglo, que el empleo de las instalaciones se torna cada vez más frecuente en las grandes capitales mundiales, por el acelerado crecimiento poblacional que registraron en esa época. Posteriormente, cuando aparecen los primeros vehículos motorizados, estas instalaciones entran en desuso, para irrumpir nuevamente en el escenario de los servicios de aseo urbano a partir de los años 50's, sobre todo en los 60's y particularmente en la región de América latina una década después; debido fundamentalmente al éxodo de la población rural hacia los centros urbanos, que a la fecha, ha convertido a no pocas capitales latinoamericanas, en las ciudades con mayor población a escala mundial.

Ahora bien, es difícil establecer a manera de receta, cuando es necesario contar con una estación de transferencia; sin embargo, casi es posible afirmar sin temor a equivocarse, que todas las ciudades con más de 1 millón de habitantes requieren este tipo de instalaciones, aunque justo es decir que se registran casos de centros habitacionales con mucho menos población, que también las demandan. Es por esta razón y debido a que en la actualidad, por lo menos en América Latina, el fenómeno de conversión de la población rural en urbana, aún se sigue manifestando, haciendo cada vez más grandes y más poblados los centros urbanos y alejado cada vez más los sitios de disposición final de los centros donde se generan los residuos, que la necesidad de contar con estaciones de transferencia

bien planeadas, adecuadamente ubicadas, técnicamente bien diseñadas y construidas y también, eficientemente operadas; requiere cada vez mayor atención. Es imprescindible entonces, tener los procedimientos, metodologías, herramientas de planeación y diseño, así como los programas de vigilancia, control y monitoreo ambiental; que permitan contar con instalaciones de transferencia de residuos sólidos municipales como las antes descritas, de manera que la inversión que implica este tipo de infraestructura, sea debidamente canalizada y aprovechada.

### **3.8.2 SISTEMAS DE TRANSFERENCIA**

El propósito de los sistema de transferencia es recibir los residuos sólidos de vehículos recolectores para transferirlos a un vehículo de mayor capacidad y así ser transportados a la planta de tratamiento o al sitio de disposición final, estos grandes vehículos suelen ser camiones, tráileres, vagones de ferrocarril o barcos.

En la actualidad el sistema de transferencia para residuos sólidos municipales es está volviendo una instalación necesaria en las grandes ciudades, debido al continuo alejamiento de los sitios de tratamiento y de disposición final.

Los tráileres de transferencia generalmente transportan una carga útil aproximada de 20-25 toneladas de residuos, y reciben un promedio de cinco a seis vehículos recolectores. Las principales ventajas que presentan un sistema de transferencia se describen a continuación:

- Disminución de los costos globales de transporte y de horas improductivas de mano de obra empleada en la recolección
- Reducción del tiempo improductivo de los vehículos de recolección en su recorrido al sitio de disposición final.
- Aumento de la vida útil y disminución en los costos de mantenimiento de los vehículos recolectores.
- Incremento de la eficiencia de los servicios de recolección, por medio de una cobertura más homogénea y balanceada en las rutas de recolección.

- Mayor regularidad en el servicio de recolección debido a la disminución de desperfectos de ejes, muelles, suspensiones y llantas que sufrían al transitar hasta el sitio de disposición final.

### **3.8.3 JUSTIFICACIÓN DE UNA ESTACION DE TRANSFERENCIA**

Se debe mencionar que no solamente debe de dársele la importancia a la reducción en costo y tiempo que se puede lograr con una estación de transferencia, ya que este tipo de instalaciones cuando son bien planeadas y operadas generan una serie de bondades complementarias, de entre las cuales podemos mencionar las siguientes

- El tiempo no-productivo de los vehículos de recolección se reduce, ya que estos vehículos no transitan de ida y vuelta al sitio de disposición final.
- Cualquier reducción en el kilometraje recorrido por los vehículos de recolección, origina un ahorro en los costos de operación.
- El costo de mantenimiento que se aplique a los vehículos de recolección, puede reducirse cuando estos vehículos no transiten más al sitio de disposición final, ya que muchos de los daños a suspensiones, ejes y llantas ocurren en los sitios de disposición final.
- El periodo de vida útil de los vehículos se incrementa, puesto que la flota de recolección estará transitando por calles y caminos, generalmente en buenas condiciones, con el fin de efectuar un trabajo más ligero al no transitar con carga hasta el sitio de disposición final

### **3.8.4 TIPOS DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA**

Las estaciones de transferencia han ido surgiendo a nivel mundial debido a la problemática de la recolección de basura y a partir del análisis costo-beneficio, ya que se observó que los costos de recolección se elevan y los tiempos que se hacían hacia los sitios de disposición final eran muy grandes y no cubrían las necesidades de recolección a la población. Entonces se pensó en las estaciones de transferencia para que los vehículos recolectores se concentraran y depositaran los residuos

sólidos en otros vehículos de mayor capacidad y estos son los que irían hacia los sitios de disposición final.

Han surgido diferentes maneras de verter los residuos a las transferencias, las cuales también han ido mejorando por las necesidades y experiencias obtenidas en los diferentes países del mundo.

A continuación se enuncian y describen tres tipos de los más prácticos y comunes.

- Estaciones de descarga directa
- Estaciones de descarga indirecta
- Estaciones combinadas (carga directa e indirecta)

#### **3.8.4.1 Estaciones de descarga directa**

El sistema de transferencia de descarga directa, consiste en el transbordo de los residuos sólidos de los vehículos recolectores mediante vaciado por gravedad a un tráiler descubierto, con una capacidad que varía entre 20 a 25 Toneladas. Este tipo de estaciones recibe a los vehículos recolectores, los cuales son registrados y pesados, posteriormente se dirigen hacia las rampas de acceso de patio de maniobras donde se ubican las líneas de servicio, las cuales cuentan con un determinado número de servidores (tolvas), que descargan los residuos a los vehículos de transferencia. Paralelamente los vehículos de transferencia se colocan en el patio de carga, un vez llenos, se realiza el despunte para posteriormente colocar la lona que cubre los residuos y no se dispersen en el traslado al sitio de disposición final.

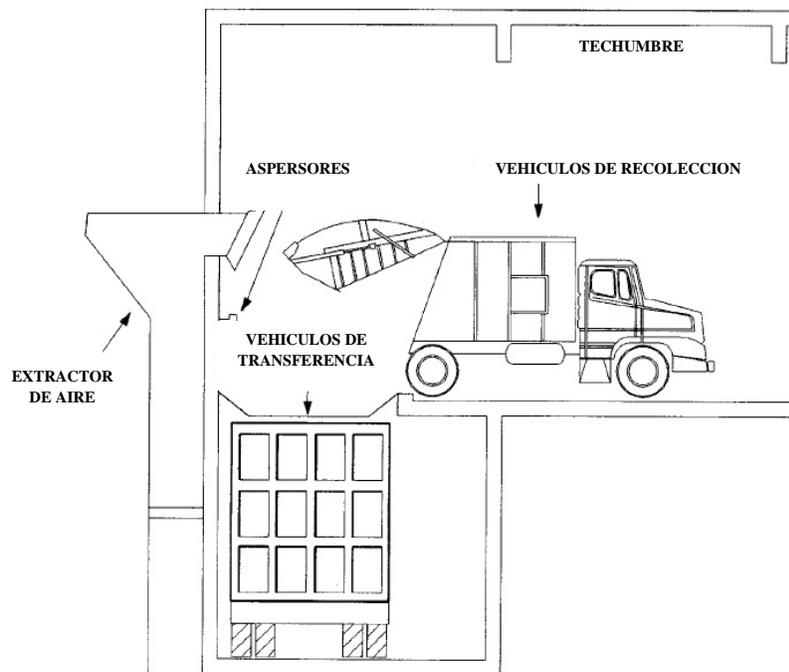
Estas estaciones tienen la característica de no almacenar los desechos, lo que exige que siempre haya un vehículo de transferencia en condiciones de recibir los residuos de los recolectores, por lo que si el recolector llega a la estación y no hay vehículo de transferencia para recibir los residuos, el camión debe esperar hasta la llegada de un vehículo vacío.

La falta de equipamiento provoca filas de recolectores en la estación en las horas "pico", así como una mayor demanda de vehículos de transferencia. Sin embargo, las estaciones de descarga directa son construidas preferentemente debido a su simplicidad y bajo costo de inversión (figura 10).

**Características del diseño**

- Taller
- Oficinas
- Jardines
- Patio de maniobras de vehículos recolectores
- Líneas de servicio con cuatro servidores (tolvas)
- Acceso de vehículos de transferencia
- Aspersores de agua para el lavado en las tolvas
- Sistemas de ventilación mecánica
- Caseta de control
- Básculas
- Acceso de recolectores
- Patio de maniobras de vehículos recolectores
- Salida de recolectores
- Acceso de vehículos de transferencia
- Patio de maniobras de vehículos de transferencia
- Estacionamiento de vehículos de transferencia
- Área de despunte de vehículos de transferencia
- Salida de vehículos de transferencia

**Fig. 10: Estación de Descarga Directa**



#### **3.8.4.2 Estaciones de descarga indirecta**

En estas estaciones de transferencia la descarga de residuos de los vehículos de recolección se realiza a una fosa de almacenamiento o sobre una plataforma donde posteriormente los residuos son cargados en los vehículos de transferencia con equipos auxiliares. Los camiones recolectores son registrados y pesados en básculas computarizadas, posteriormente, éstos se dirigen a la plataforma para verter los residuos a la fosa, regresando después a la báscula donde son pesados nuevamente; con esto se obtiene la cantidad de residuos transferidos.

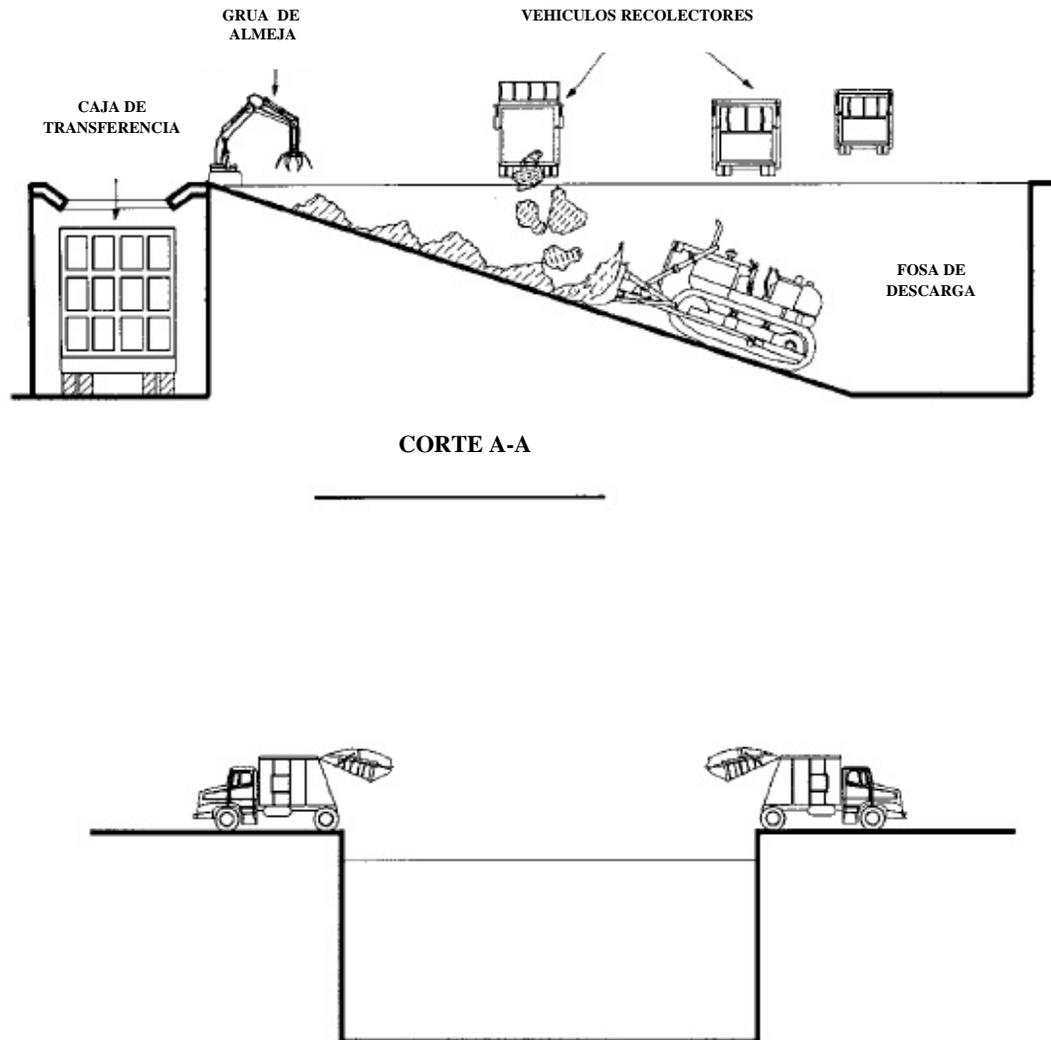
Los residuos son removidos de la fosa con grúas de almeja o cargadores frontales o con tractor de hoja topadora a las cajas de transferencia, las cuales son movidas por un montacargas a la zona de despunte, posteriormente es enganchada al tractocamión que la transportará al sitio de disposición final. En este tipo de instalación los vehículos recolectores nunca tienen que esperar para descargar los residuos transportados.

Regularmente en Estados Unidos y Canadá se utilizan sistemas de carga indirecta y como medida de seguridad se incluye el sistema de carga directa el cual es utilizado en caso de falla del equipamiento que atiende la fosa. Adicionalmente este tipo de instalaciones cuentan con áreas destinadas al acopio de subproductos reciclables. Los usuarios menores llevan separados los subproductos reciclables para depositarlos en los diferentes contenedores de vidrio, metales, papeles, cartón y plástico, disminuyendo de esta forma el pago por el servicio de transferencia. Posteriormente pasan a la báscula con el resto de los residuos donde son pesados inicialmente antes de ser vertidos en la fosa, una vez realizado esto los vehículos retornan a las básculas para ser pesados y con esto calcular la tarifa que pagará el usuario, la operación de este sistema se presenta en la figura 11.

#### **Características del diseño**

- Fosa principal cuenta con 20 líneas de descarga simultánea
- Diseño especial de vías de seguridad en el borde de la fosa
- Aspersores de agua para el control de polvos en la fosa
- Sistema de ventilación mecánica
- Techumbre del patio de descarga
- Rampa de acceso de vehículos recolectores
- Patio de maniobras de vehículos recolectores
- Rampa de salida de vehículos recolectores
- Básculas
- Taller
- Oficinas
- Jardines
- Caseta de control
- Estacionamiento de cajas de
- Transferencia
- Área de despunte de cajas de transferencia
- Estacionamiento de tractocamiones

**Fig. 11: Estación de Descarga Indirecta**



### 3.8.5 PLANTAS DE TRANSFERENCIA EN LIMA

Actualmente en Lima, contamos con las siguientes Plantas de Transferencia:

1. Planta de Transferencia Carabaylo
2. Planta de Transferencia Huayna Capac
3. Planta de Transferencia San Isidro
4. Planta de Transferencia Vessa
5. Planta de Transferencia Villa María

6. Planta de Transferencia Villa el Salvador
7. Planta de Transferencia Patresol
8. Planta de Transferencia Chorrillos
9. Planta de Transferencia Miraflores

### **3.8.6 ZONA DE LAVADO DE UNIDADES RECOLECTORAS DE RESIDUOS SOLIDOS**

Es un área que sirve para realizar el lavado de las unidades de recolección después de cada descarga de los residuos. Para ello, se ocupara una Hidrolavadora la que, mediante la descarga de agua a presión, el cual permitirá remover el residuo remanente, esta operación se realizará en un espacio de tiempo especialmente adaptado para dicha labor. La losa del piso de esta zona, tiene una pendiente de 1.5%, permitiendo que, el agua con el residuo removido (materia orgánica principalmente), cae a la losa, y a través de una canaleta, es conducida a una cámara decantadora, donde se retiene una proporción importante de sólidos orgánicos.

## **3.9 SALUD OCUPACIONAL**

### **3.9.1 DEFINICION**

La salud ocupacional a nivel mundial es considerada como un pilar fundamental en el desarrollo de un país, siendo la salud ocupacional una estrategia de lucha contra la pobreza, sus acciones están dirigidas a la *promoción y protección de la salud de los trabajadores y la prevención de accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales causadas por las condiciones de trabajo y riesgos ocupacionales en las diversas actividades económicas.*

La Organización Internacional del Trabajo (OIT), informó en el año 2002, que cada año en el mundo, 270 millones de asalariados son víctimas de accidentes de trabajo y 160 millones contraen enfermedades profesionales.

En América Latina y el Perú aún no se conoce bien la magnitud que alcanzan las enfermedades ocupacionales. La OIT estima que, en países en vías de desarrollo, el costo anual de los accidentes y enfermedades ocupacionales están entre 2% y 11% del Producto Bruto Interno (PBI), en el Perú es de aproximadamente, \$50 millones de dólares americanos, es decir entre \$1,000 y \$5,500 millones de dólares americanos anuales, es posible disminuir estos costos con acciones preventivas profesionales de bajo costo e inversión.

Con frecuencia los trabajadores están expuestos a factores de riesgos físicos, químicos, biológicos, psicosociales y ergonómicos presentes en las actividades laborales. Dichos factores pueden conducir a una ruptura del estado de salud y pueden provocar accidentes, enfermedades profesionales y otras relacionadas con el ambiente laboral

### **3.9.2. SALUD OCUPACIONAL EN EL LAVADO DE UNIDADES DE RECOLECCIÓN**

En la actualidad los bioaerosoles han cobrado gran atención debido a que pueden generar trastornos de tipo alérgico, tóxico o infeccioso en los seres vivos. La mayoría de los bioaerosoles son complejos en cuanto a la naturaleza de sus componentes, de modo que pueden estar constituidos por bacterias, hongos, protozoos, virus y/o diversas estructuras y compuestos.

En el área de lavado de las unidades recolectoras de residuos sólidos, en el cual los microorganismos son aerotransportados crean un problema para la salud, ya que tienen una circulación limitada de aire exterior y una moderada exposición a la humedad. Estas condiciones son favorables para la acumulación y sobrevivencia de los microorganismos en esos ambientes.

En la Planta de transferencia de Huayna Cápac, sobre todo en el área de lavado de unidades de recolección, los agentes biológicos en el aire pueden causar efectos sobre la salud del personal. En tal sentido, ningún método de muestreo por sí solo es conveniente para coleccionar y analizar todos los tipos de bioaerosoles, y en la actualidad no se dispone de normas que permitan proceder con una metodología única de muestreo.

**3.9.2.1. Riesgos físicos**

Dentro de los riesgos físicos están regidos por la presencia de temperaturas inadecuadas para el trabajador al momento del lavado, su espacio donde genera su actividad es reducido, no tiene un área adecuado de posición, al encontrarse dentro del vehículo su ambiente en calorimetría se adecua a la temperatura interna donde se ejerce la actividad, no siendo la temperatura adecuada del ambiente.

**3.9.2.2. Riesgos biológicos**

Al proceder con el lavado, por efecto de la presión del agua sobre la tolva de las unidades de recolección se generan aerosoles de agua, de tal manera que los riesgos biológicos en el área de lavado son altos, debido a la exposición de agentes que se encuentran en los residuos impregnados en la tolva de las unidades.

Existe la probabilidad de encontrar una serie de agentes biológicos, tales como bacterias, hongos, virus, que pueden causar infecciones o de otro modo afectar la salud de los operarios que ejercen dicha actividad.

#### **IV. MARCO LEGAL**

##### **4.1 ASPECTOS LEGISLATIVOS EN LA CONTAMINACION DEL AIRE**

##### **4.2 ASPECTOS LEGISLATIVOS EN LA SALUD OCUPACIONAL**

Si bien la Constitución Política de 1979 señalaba como una particular tarea del Estado la de dictar medidas de higiene y seguridad en el trabajo que permitan prever los riesgos profesionales y asegurar la salud y la integridad física y mental de los trabajadores; la actual Constitución Política de 1993, ha omitido hacer referencia a tal responsabilidad estatal. No obstante, el derecho a la protección de la salud de las personas y de su comunidad sí se encuentra recogido en el texto constitucional (Art. 7°), así como también se encuentra establecida la responsabilidad del Estado para determinar la política nacional de salud, normando y supervisando su aplicación (Art. 9°). Igualmente, la Constitución establece que el trabajo es objeto de atención prioritaria por el Estado y que ninguna relación laboral puede limitar el ejercicio de los derechos constitucionales, ni desconocer o rebajar la dignidad del trabajador (Art. 23°). Al ser el derecho a la salud un derecho de categoría constitucional; no es legalmente permitido que el desempeño del trabajo genere un perjuicio o un riesgo a la salud del trabajador.

La política general en materia de salud ocupacional ha venido, entonces, a cambiar de énfasis al pasar de un estado tutor de la salud de los trabajadores tal como estaba señalado en la Constitución anterior, a más bien, la de ser guardián de que las relaciones de trabajo existentes no signifiquen una vulneración al derecho a la salud de los mismos, es decir incidiendo no en los medios sino en el resultado.

En efecto, se produce un cambio sobre la valoración del papel del Estado. De un rol central y de garantía para el cumplimiento del derecho, se pasa a la concepción del Estado como supervisor y coordinador de las diversas iniciativas presentes en la sociedad.

Según el Acuerdo Nacional: Acceso Universal a los Servicios de Salud y a la Seguridad Social (Décimo tercera Política de Estado), con este objetivo el Estado “Desarrollará Políticas de Salud Ocupacional, extendiendo los mismas a la seguridad social...”

La Ley General de Salud N° 26842, en el capítulo VII “De la Higiene y Seguridad en los Ambientes de Trabajo”, estipula, que quienes conduzcan o administren actividades de extracción, producción, transporte y comercio de bienes y servicios, cualesquiera que éstos sean, tienen la obligación de adoptar las medidas necesarias para garantizar la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores y terceras personas en sus instalaciones o ambientes de trabajo (Art. 100°), quedando claro que la protección de la salud y seguridad de los trabajadores es responsabilidad del titular de la actividad económica. Asimismo, esta ley, buscando eliminar discriminaciones en razón del rango de los trabajadores, su edad o sexo, señala que las condiciones sanitarias de todo centro de trabajo deben ser uniformes y acordes con la naturaleza de la actividad (Art. 101°).

Debe señalarse que por mandato expreso de esta misma ley corresponde a la Autoridad de Salud la regulación de las condiciones de higiene y seguridad de las instalaciones, máquinas y cualquier otro elemento relacionado con el desempeño de actividades económicas (Art. 102°).

Así mismo, se señala en D.S. N° 009-2005-TR y modificatoria D.S. N° 007-2007-TR Artículo 17°.- El empleador debe implementar los registros y documentación del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, en función de sus necesidades, entre ellos tenemos: registro del Monitoreo de Agentes Físicos, Químicos, Biológicos y Factores de Riesgo Ergonómicos. Este será obligatorio una vez que se apruebe el instrumento para el monitoreo de agentes y factores de riesgo

#### **A)     DISPOSITIVOS LEGALES DEL SECTOR SALUD**

2.1.1 Ley del Ministerio de Salud N° 27657 (Enero 2002). Artículo 3° de las competencias de rectoría sectorial del Ministerio.

2.1.2 Reglamento de la Ley del Ministerio de Salud D.S. N° 013-2002-SA

2.1.3 Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Salud (ROF del MINSA), D.S N° 014 2002-SA. (Noviembre 2002)

Art. 59°.- Dirección Ejecutiva de Salud Ocupacional

2.1.4 D.S. N° 009-2005-TR – Reglamento de Seguridad y Salud en el trabajo. Y su modificatoria D.S. N° 007 – 2007-TR.

Artículo 45.- El empleador debe de prever que la exposición a los agentes físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales concurrentes en el centro de trabajo no generen daños a la Salud de los trabajadores.

## **B) DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD OCUPACIONAL**

La Dirección Ejecutiva de Salud Ocupacional está a cargo de los siguientes objetivos funcionales específicos:

- a) Proponer los fundamentos técnicos para la formulación de los lineamientos de política sectorial en salud ocupacional.
- b) Proponer los objetivos y las estrategias de salud ocupacional para la prevención de accidentes y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo.
- c) Normar y difundir criterios técnicos sobre salud, higiene y seguridad en el trabajo en las diversas actividades económicas y vigilar su aplicación por los órganos competentes.
- d) Establecer los requerimientos y la coordinación de actividades de la investigación aplicada en el ámbito de la salud ocupacional, dirigida a los agentes de riesgo y su impacto en la salud de los trabajadores con el Instituto Nacional de Salud.
- e) Coordinar y supervisar la ejecución de estrategias de vigilancia y control de riesgos en el trabajo de las diversas actividades económicas.
- f) Establecer y sistematizar la vigilancia de riesgos ocupacionales.
- g) Brindar y coordinar asesoría técnica a nivel sectorial, regional y local en relación a la salud ocupacional.

Según la ACGIH (American Conference Governmental Industrial Hygienists) con relación a los valores límite des exposición general para la concentración de los

bioaerosoles cultivables (hongos y bacterias totales) o contables (polen total, esporas de hongos o bacterias), no se han establecido los parámetros con justificación científica porque:

- Los bioaerosoles son mezclas complejas de diferentes clases de partículas.
- Las respuestas de los seres humanos a los bioaerosoles varían desde efectos inocuos, hasta enfermedades graves, dependiendo del agente específico y de los factores de susceptibilidad de cada persona.
- Las concentraciones medidas de los bioaerosoles cultivables y contables dependen del método de toma de muestra y análisis.
- No es posible recoger y evaluar todos los componentes de los bioaerosoles utilizando un único método de muestreo.

## **V. HIPOTESIS**

- H1.** El aire en el que están inmersos los trabajadores de la zona de lavado de las unidades de recolección de residuos sólidos tiene un alto riesgo de estar contaminado por bacterias y hongos.
  
- H2.** Los operadores del lavado de las unidades de recolección de residuos sólidos en la Planta de Transferencia HUAYNA CAPAC estarán expuestos al contacto con bacterias y hongos patógenos.

## VI. VARIABLES

### 6.1 DETERMINACION DE VARIABLES

➤ **VARIABLE DEPENDIENTE:**

Nivel de riesgo de contaminación del aire, de la zona de lavado de las unidades de recolección de residuos sólidos.

➤ **VARIABLE INDEPENDIENTE:**

Presencia de Bacterias y Hongos.

### 6.2. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION	INDICADOR	FUENTE DE VERIFICACION	CODIFICACION
Bacterias aisladas en medios de cultivo	Cuantitativa	Razón	U.f.c/m3: unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire.	Medios de Cultivo	(Warner & Col. 1993) Muy baja: 0 Baja:1 Intermedia:2 Alta:3 Muy alta:4
Hongos aislados en medios de cultivo	Cuantitativa	Razón	U.f.c/m3: unidades formadoras de colonias por metro cúbico de aire.	Medios de Cultivo	(Warner & Col. 1993) Muy baja: 0 Baja:1 Intermedia:2 Alta:3 Muy alta:4

## VII. METODOLOGIA Y MATERIALES

### 7.1. DESCRIPCION DEL METODO

Las actividades de evaluación de agentes biológicos ocupacionales en la Planta de Transferencia Huayna Cápac, se realizó del 27 de febrero de 2010 por los tesisistas Carlos Alberto Vidal Chamorro y Héctor Anticona Suarez, en las siguientes áreas de trabajo:

1. ÁREA DE LAVADO
2. EXTERIORES

Durante el monitoreo en el área de lavado de la Planta de Transferencia Huayna Cápac, se determinaron una serie de probables fuentes de contaminación:

**Área de lavado:** Una de las principales fuentes de contaminación son los residuos orgánicos que se quedan adheridos a las paredes de las unidades de recolección y que son nutrientes para el desarrollo de agentes biológicos que, durante el proceso de lavado son transportados por los aerosoles originados por la presión de agua que se necesita para eliminar estos residuos, estos agentes biológicos son transportados y parte de ellos son absorbidos por los operarios encargados de este proceso.

Las condiciones operacionales son:

- **Altura** m.s.n.m: 115 metros sobre el nivel del Mar
- **Presión Atmosférica** : 750mmhg
- **Temperatura**: 24°C
- **Humedad Relativa**: 69%

### 7.2. METODOS ANALITICOS

Dado que a nivel nacional no se cuenta con metodología para la evaluación de agentes biológicos ocupacionales, se ha considerado para el presente informe los criterios y prácticas establecidas por las siguientes normas internacionales.

***CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION NATIONAL -  
INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH - MANUAL OF  
ANALYTICAL METHODS***

- NIOSH 0800: BIOAREOSOL SAMPLING (INDOOR AIR)
- NIOSH 0801: AEROBIC BACTERIA BY GC-FAME
- NIOSH 0900: MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS, AIRBONE

***INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO - NOTAS  
TÉCNICAS DE PREVENCIÓN***

- NTP 203: CONTAMINANTES BIOLÓGICOS: EVALUACIÓN EN AMBIENTES LABORALES
- NTP 243: AMBIENTES CERRADOS: CALIDAD DE AIRE
- NTP 299: MÉTODO PARA EL RECUENTO DE HONGOS Y BACTERIAS EN AIRE
- NTP 409: CONTAMINANTES BIOLÓGICOS: CRITERIOS DE VALORACIÓN
- NTP 608: AGENTES BIOLÓGICOS: PLANIFICACIÓN DE LA MEDICIÓN
- NTP 609: AGENTES BIOLÓGICOS: EQUIPOS DE MUESTREO 1
- NTP 610: AGENTES BIOLÓGICOS: EQUIPOS DE MUESTREO 2
- NTP 611: AGENTES BIOLÓGICOS: ANÁLISIS DE MUESTRA

**7.3. PROCEDIMIENTO**

**7.3.1 MUESTREO DE AIRE**

Este método se basa en la retención de microorganismos libres o de microorganismos aerotransportados, adheridos a partículas de polvo, en placas conteniendo medios de cultivo. Para esto se utilizó Biocassettes estériles y descartables conectados a un sistema de muestreo a 28.3 l/min. (BioStage Impactors)

### 7.3.2 ÁREA DE ESTUDIO

El área de nuestro estudio, **Relima Ambiental S.A.** es el resultado de la fusión de dos prestigiosas empresas que unen sus esfuerzos y la más avanzada tecnología de punta, para ofrecer un servicio en el cuidado del medio ambiente con calidad y seguridad: El grupo SOLVI de Brasil, especialista desde hace más de 35 años en el rubro de limpieza urbana y cuidado del medio ambiente y la empresa peruana ECOVIDA AMBIENTAL S.A.

Durante 15 años de trayectoria, Relima Ambiental S.A, cuenta con más de 1500 colaboradores que se dedican al cuidado ambiental y limpieza urbana de 3 ciudades en el Perú, atendiendo a 3 millones de personas.

En sus políticas establece directivas por las cuales la empresa busca mantener y elevar el bienestar de sus clientes, accionistas, trabajadores y comunidad, fundamentados en los siguientes objetivos:

- Brindar los servicios con responsabilidad, puntualidad, seguridad, modernidad, a través de la eficiencia y eficacia.
- *Promover el desarrollo sostenido a favor del cuidado y preservación del medio ambiente.*
- Ser una empresa con uno de los *mejores ambientes para trabajar*, brindando capacitación continua para el desarrollo y crecimiento de los colaboradores.

### 7.3.3.UBICACION

La Planta de Transferencia de Huayna Cápac, se encuentra ubicada en el distrito de Villa El Salvador, limita en la parte Sur Este del distrito de San Juan de Miraflores, así como al Noreste del Distrito de Chorrillos, encontrándose en la parte Sur de la provincia de Lima, según el cuadrángulo definido por las coordenadas UTM:

- Distrito : Villa El Salvador
- Provincia : Lima
- Departamento : Lima
- Altitud : 115 m.s.n.m.

Coordenadas UTM
8 565 500N; 8 574 000N
520000E;527 000E

### **7.3.3.1 DATOS DE ACCESO DE LA PLANTA DE TRANSFERENCIA DE HUAYNA CAPAC**

Actualmente la planta de transferencia se ubica en el distrito de San Juan de Miraflores, a la altura del Kilómetro 14.5 de la panamericana Sur, su vía de ingreso es por Av. Mateo Pumacahua, hasta la intersección con la Av. Pastor Sevilla, tomando como referencia dicha intersección se encuentra al N 30°O a 450 metros. (Ver Anexo N°3)

### **7.3.4 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRANSFERENCIA HUAYNA CAPAC**

La planta de Transferencia de Huayna Cápac ha sido construida por la Municipalidad Metropolitana de Lima, como parte de la infraestructura necesaria que requiere la ciudad de Lima para el manejo integral de los residuos sólidos. Su capacidad por lo tanto ha sido definida para atender la demanda del servicio para los distritos del cono sur de la ciudad.

Esta instalación ha sido especialmente construida para realizar la transferencia de residuos sólidos desde las unidades de recolección hacia unidades de gran capacidad, como lo son los semitrayer, también conocidas como madrinas. Esta planta tiene la finalidad de evitar el desplazamiento de las unidades de recolección hasta los rellenos sanitarios.

La Planta de Transferencia, ocupa una superficie aproximada de 2.4 has y cuenta con la siguiente infraestructura:

- 4 embudos con capacidad de descarga simultánea de 8 unidades compactadoras. Estos embudos que se ubican colindantes a una amplia

plataforma para la maniobra, estacionamiento y descarga de las compactadoras, cuenta con cobertura lateral y techo.

- 2 hangares de mantenimiento, cada uno con 2 zanjas de engrase, almacén y otros.
- 01 rampa de lavado.
- Vías de circulación y estacionamiento adecuados, que permiten la segura circulación de unidades semitrayler.
- Oficinas y servicios higiénicos para atender la demanda del personal encargado de la operación.
- Balanza electrónica de 80 toneladas de capacidad que permite realizar el pesaje de todas las unidades.
- Instalación Eléctrica. La planta cuenta con adecuada iluminación que permite una operación normal durante las noches.
- Sistema de comunicación radial que permite estar en contacto permanente con las unidades de recolección y transporte, así como con los rellenos sanitarios.

Los componentes de la planta de transferencia para realizar el Proceso de transferencia de residuos están listados como sigue en el Tabla 6.

**Tabla 6:** Infraestructuras de la planta de transferencia

INFRAESTRUCTURA	AREA ( m2 )	MATERIAL	COBERTURA
Caseta de Vigilancia	4	Noble	Aligerado
Caseta de Pesaje	4	Noble	Aligerado
Balanza para pesaje de unidades	63	Noble	Libre
Oficinas de Normatización e Inspectores de Planta de Transferencia	29.2	Prefabricados	Canalotes de Eternit
Oficinas de las Gerencias: General, de Operaciones y Comercial, además de los Departamentos de Sistemas y Diseño	122.4	Noble	Canalotes de Eternit
Comedor	48.2	Noble	Canalotes de Eternit
Vestuarios	51.6	Noble	Canalotes de Eternit
Oficina de Trafico	23.4	Prefabricados	Canalotes de Eternit
Cisterna bajo Tierra para almacenamiento de agua y Tanque Elevado	30 y 10 m3	Concreto Armado	Concreto Armado
Servicios Higiénicos	77.5	Noble	Canalotes de Eternit
Zona de Mantenimiento y reparación de unidades	440	Noble	Canalotes de Eternit
Almacén	182	Noble	Canalotes de Eternit
Zona de Lavados de Unidades	168	Noble	Libre
Cisterna bajo Tierra para almacenamiento de agua	30m3	Concreto Armado	Concreto Armado
Almacenes Transitorios	69.2	Prefabricados	Canalotes de Eternit
Infraestructura para descarga de los Residuos Sólidos	285	Noble	Canalotes de Eternit
2 Pozas para captación de aguas de lavado procedente de la zona de los embudos	30m3 de capacidad c/u	Concreto Armado	Concreto Armado
1 Caseta de material Prefabricado, para uso de archivo muerto	20	Prefabricado de metal	Prefabricado de metal

#### **7.3.4.1 ZONA DE ENTRADA**

Es el acceso a la planta de transferencia, en la cual se encuentra instalada una balanza electrónica con capacidad para pesar unidades de hasta 80 toneladas , la que cuenta con un registrador automático que marca la fecha, número de unidad, procedencia, hora de pesaje, peso bruto, peso neto, tara y otra información que se considere de utilidad.

Las características de la balanza instalada son:

- Plataforma de pesaje 18.0 m x 3.50m.
- Caseta de pesaje de material noble de 4.0 m2.
- Terminal electrónico para lectura, sistema de cómputo para el registro e impresión de los comprobantes de pesaje.

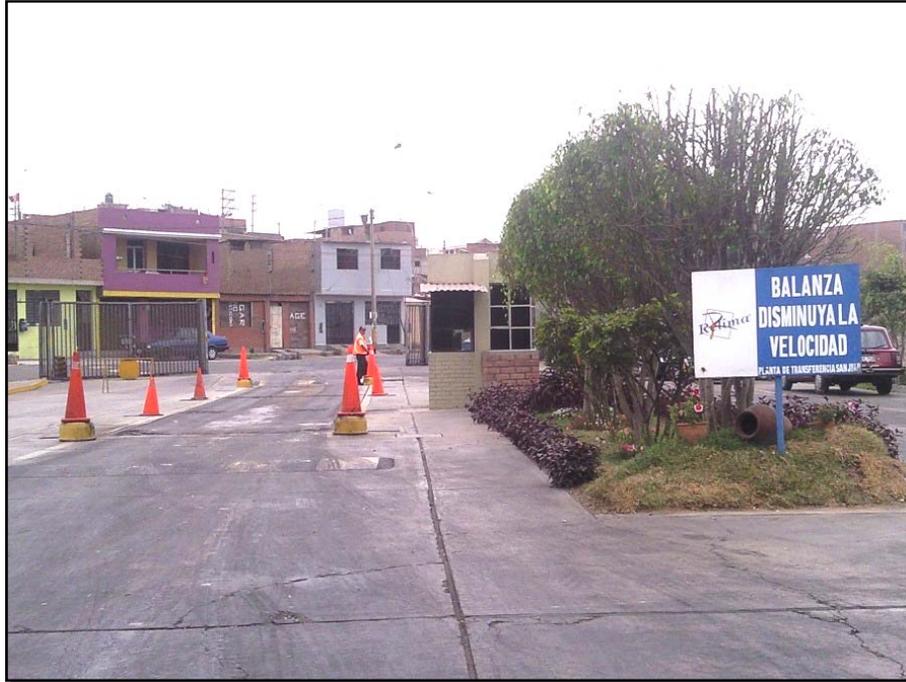
La instalación de una balanza en la planta de transferencia ha sido de suma importancia ya que permitió que desde que la Planta de Transferencia Huayna Cápac inició su operación, conocer la cantidad exacta de residuos que se transfieren, lo que redundó en el mejor manejo de los residuos sólidos en la ciudad de Lima.

Con la finalidad de garantizar el adecuado funcionamiento de la balanza para pesaje de unidades, se realizan periódicos trabajos de calibración, que consisten en la comprobación de los pesos registrados de acuerdo a las pesas patrón certificadas por una empresa autorizada por el INDECOPI.

#### **7.3.4.2. OFICINAS Y DEPARTAMENTOS DE LA PLANTA**

La planta cuenta con oficinas de normalización e inspectores, oficinas de la gerencia general, operaciones y comercial además cuenta con el departamento de sistemas y diseño como comedores y vestuarios.

La cantidad de personal requerido para la operación de la planta de transferencia, está básicamente en función a los turnos que requieren ser cubiertos, teniendo en cuenta que las actividades dentro de las instalaciones se realizan durante las 24 hrs. del día y los 365 días del año.



*Foto3: Imagen donde podemos apreciar la balanza electrónica de 80 toneladas de capacidad, ubicada en la Zona de Entrada*

El personal asignado para cubrir exclusivamente las actividades de transferencia y transporte de residuos sólidos, realizando jornadas de 12 horas diarias, es el siguiente:

- 01 Inspector
- 02 Ayudante de Campo
- 01 Balancero
- 03 y 04 chóferes Semitrayler en los turnos diurno y nocturno respectivamente.
- 02 y 03 Vigilantes, en los turnos diurno y nocturno respectivamente.

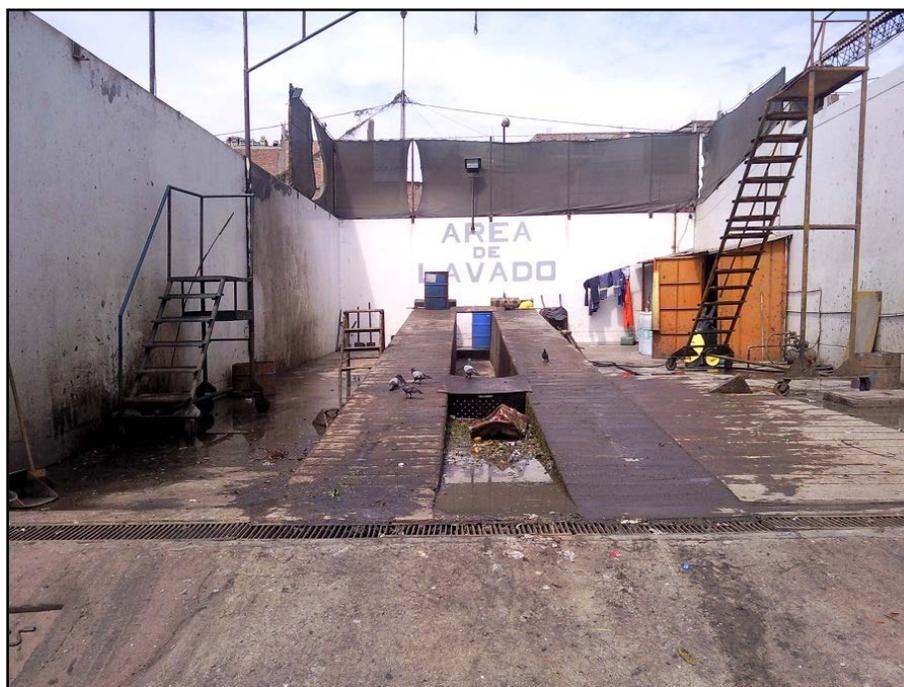
Esta relación no incluye a los 02 mecánicos, ni al personal de las empresas subcontratistas que cumplen labores administrativas, logística y mantenimiento.

### 7.3.4.3. ÁREA DE LAVADO DE LAS UNIDADES DE RECOLECCIÓN

Consta de un área de 168m<sup>2</sup>, que sirve para realizar el lavado de las unidades de recolección después de cada descarga de los residuos para ello se utilizará un sistema de agua a presión el cual permitirá remover el residuo remanente, este proceso tendrá una duración de aproximadamente 10 minutos, es por eso que se dispone de una losa de hormigón y aislamiento del contorno para evitar la dispersión del agua del lavado. El agua con el residuo removido (materia orgánica principalmente), cae a la losa (la cual tiene una pendiente de 1.5%) y a través de una canaleta es conducida hacia un sistema de tratamiento para posteriormente ser evacuada a la red de alcantarillado de SEDAPAL.

Como consecuencia del proceso de lavado se generan los aerosoles de agua, así como también las aguas residuales

Los aerosoles, por el diámetro y la velocidad de sedimentación pueden ser transportados en el aire hacia otros ambientes o sedimentar en la misma área de lavado y unirse a las aguas residuales producidas durante este proceso.



**Foto 4.:** Imagen donde podemos apreciar el Área de Lavado de las unidades recolectoras de residuos sólidos

Cada vez que se lava una unidad de recolección, parte de la materia orgánica removida permanece en la losa de lavado, por lo cual es necesaria la evacuación de estos remanentes, los cuales se barren y recogen después del lavado; posteriormente se depositan en contenedores de plásticos con tapa abatible y de color verde

- **PERSONAL EN LA ZONA DE LAVADOS**

El personal que labora en el área de lavados de los vehículos, está compuesta por 04 operarios, mediante relevos cada 2 lavados de vehículos. El tiempo por cada actividad de lavado es de aprox. 10 a 12 min. El tiempo de trabajo del lavado de carros es de 9 am a 1pm y de 2pm a 5 pm.

El equipo con el que cuenta el personal durante el proceso de lavado es:

- Botas
- Casco
- Guantes
- Mascarilla
- Mandil



*Foto 5.: Imagen donde se puede apreciar al Operario encargado del lavado de las unidades con su equipo de Protección Personal durante el Proceso de lavado de unidades de recolección*

- **SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA**

El área de lavado de las unidades de recolección, cuenta con servicio de abastecimiento de agua potable desde la red pública administrada por SEDAPAL, entidad que controla el volumen de consumo mediante un medidor instalado en el punto de conexión a la red pública. El abastecimiento de agua a la zona de lavado de unidades, se realiza mediante una cisterna, ubicada bajo tierra en la misma área de lavado.

Este sistema de abastecimiento de agua, es el adecuado para brindar este tipo de servicio, por cuanto el consumo de agua es grande (14 m<sup>3</sup> diario).aproximadamente 430 m<sup>3</sup> mensual, solo para la zona de lavado, de los 700 m<sup>3</sup> mensual que consume la planta de transferencia en total.

Cabe indicar que para el proceso de lavado de estas unidades de recolección se viene utilizando una Hidrolavadora de alta presión de agua fría con motor eléctrico marca KARCHER Modelo HD 10/25, cuyas características técnicas se detallan en el anexo 4.

El agua que se utiliza durante el proceso de lavado de las unidades de recolección, son mezcladas con una concentración de un producto de limpieza llamado Simple Greem, el cual no es un producto de desinfección, si no, es un producto de limpieza y desengrasante biodegradable.

- **EVACUACIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE AGUAS DE LAVADO**

La evaluación realizada para el manejo de estas aguas servidas, a determinado que previamente a la evacuación a la red pública de desagüe, pasen por un tratamiento primario (criba o rejas, sedimentador – trampa de grasas), luego dicho efluente es bombeado periódicamente a la red pública de desagüe.

El sistema de tratamiento de aguas servidas tiene la finalidad de producir un balance de las aguas procedentes de la zona de lavado de unidades, con las que provienen de los servicios higiénicos, de forma que permita que los valores de los parámetros considerados en el reglamento de desagües industriales se encuentren dentro de los valores máximos permitidos, los mismos que se indican a continuación:

- **Temperatura no mayor de** :35 °C
- **Ph** :Entre 5.0 y 8.5
- **Sólidos sedimentables** :No mayor de 8.5 ml/lit/hora
- **Aceites y grasas** :No mayor de 100 mg/litro
- **D.B.O** :No mayor de 1000 mg/litro

- **CIRCUITO DE TRABAJO EN LA PLANTA DE TRANSFERENCIA HUAYNA  
CAPAC**

1. Llega la unidad de recolección, registra su peso bruto en la balanza.
2. Se dirige a los embudos donde descarga los residuos directamente en la unidad Semitrayer que se encuentra estacionada en la parte baja. La unidad de recolección (compactadora) sale de la zona de descarga, pasa por la balanza donde un segundo pesaje determina el peso neto de los residuos descargados, procediendo a retirarse de las instalaciones de la Planta de Transferencia y continuar con el servicio de recolección.
3. La unidad Semitrayer recepciona la carga de 3 ó 4 compactadoras hasta llenar su capacidad, sale de la zona de carguío y se estaciona en área contigua donde los residuos son acomodados hasta su nivel máximo luego cubiertos con malla.
4. La unidad Semitrayer se retira al relleno sanitario pasando previamente por la balanza. El ciclo se repite con otras unidades de recolección y unidades Semitrayer.



*Foto 6: Imagen donde se puede apreciar al Semitrayer, durante el proceso de pesaje, el mismo que se dirige al relleno sanitario.*

#### **7.4. PUNTOS DE MEDICIÓN**

Los puntos de medición para muestras de aire se coordinaron con el supervisor de seguridad, Ing. Hjalmar Basilio del área de Los Controles de la empresa RELIMA S.A y los Bachilleres responsables de las mediciones fueron:

- Bach. Carlos Alberto Vidal Chamorro
- Bach. Héctor Santiago Anticona Suarez.

Estas mediciones se efectuaron con la finalidad de determinar si en realidad existen fuentes nocivas de contaminación biológica en el área de trabajo, al que se encuentra expuesto el personal.

Tabla 7: Puntos de Muestreo

Puntos de Monitoreo	Nº de Muestras	Fecha
	Aire	
Área interna del Lavado de vehículos	2	05/09/2009
Exteriores al área de lavado de vehículos	1	05/09/2009



Foto 7: Imagen donde se aprecia la posición del instrumento de medición, ubicada en el punto 1.



Foto 8: Imagen donde se aprecia la posición del instrumento de medición, ubicada en el punto 2.



Foto 9: Instrumento de medición, ubicada en el punto 3. Zona de mantenimiento de unidades,

## **7.5. MANIPULACION, ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y ELMINACION DE LAS MUESTRAS.**

En el método de muestreo realizado, el soporte en que se recogen los contaminantes biológicos consiste en una placa que contiene un medio de cultivo que permitirá el crecimiento de los contaminantes biológicos captados.

Es evidente que en el medio ambiente y en las manos de la persona que ha de tomar las muestras están presentes microorganismos inoocuos para el hombre pero que pueden ser una importante fuente de error en la medición, sí debido a que la manipulación de dichos soportes es incorrecta, estos microorganismos pueden crecer en el medio de cultivo falseando los resultados obtenidos. Por ello mencionaremos los puntos que hemos tenido en cuenta para evitar esos errores:

- Esterilización de soportes y medios de cultivo utilizados.
- Desinfección del equipo de muestreo.
- Desinfección de las manos o utilización de guantes estériles para la manipulación de las muestras.
- Sellado de los soportes hasta su utilización.
- Sellado posterior a la captación de la muestra.
- Transporte inmediato al laboratorio para su procesamiento.
- Procesamiento de las muestras mediante técnicas analíticas adecuadas.
- Almacenamiento limitado (en nevera), de las muestras.

Destrucción de los cultivos por esterilización en autoclave y posterior eliminación de las muestras por incineración u otros métodos llevados a cabo por Entidades debidamente autorizadas.



*Foto 10: Imagen donde se aprecia el momento en que se almacenan las muestras tomadas in situ, para su posterior traslado al Laboratorio*

## **7.6. TECNICAS ANALITICAS**

De las muestras tomadas en el área de lavado, se puede obtener información de dos tipos. Una, cuantitativa, el número de microorganismos presentes por unidad de volumen. Habitualmente la unidad utilizada es: unidades formadoras de colonias por metro cúbico (u.f.c/m<sup>3</sup>) (\*). El análisis se realiza de forma visual, manualmente o con la ayuda de un contador de colonias.

Otro tipo de información es la cualitativa, es decir, las diferentes especies de microorganismos que se han captado en la muestra. Este análisis se realiza tratando las diferentes colonias que se han desarrollado en el medio de cultivo mediante técnicas bioquímicas y técnicas que pongan de manifiesto la morfología de las diversas especies. (Tinciones y Microscopía).

Dada la gran variedad de microorganismos y de técnicas analíticas existentes, se obviará su descripción puesto que ello escapa de la intención del presente estudio por otra parte son Técnicas perfectamente establecidas y ampliamente difundidas por la literatura.

Algo similar ocurre con los medios de cultivo a utilizar. Quizás aquí hacer una distinción entre los medios de cultivo llamados Universales, en los que crecerán un amplio número de diferentes microorganismos y los medios de cultivo denominados específicos o restrictivos que únicamente permiten el desarrollo de un número limitado de microorganismos diferentes.

Entre los primeros tenemos:

- Agar - Nutritivo, en el que crecerá todo tipo de microorganismos, y que será el adecuado para el conteo total de microorganismos viables.
- Agar Sabouraud, al que se añade cloranfenicol, y se utiliza para captar hongos y levaduras (el cloranfenicol evita el desarrollo de microorganismos que enmascararían el crecimiento de los hongos y levadura).

Entre los específicos encontramos una gran variedad, tantos casi como tipos de microorganismos diferentes pueden presentarse, como por ejemplo:

- Medio Mc Conkey : para enterobacterias
- Agar - Sangre : para estreptococos
- Medio - Chapman : para estafilococos
- Trypticase - Soy - Agar : para brucelas
- etc...

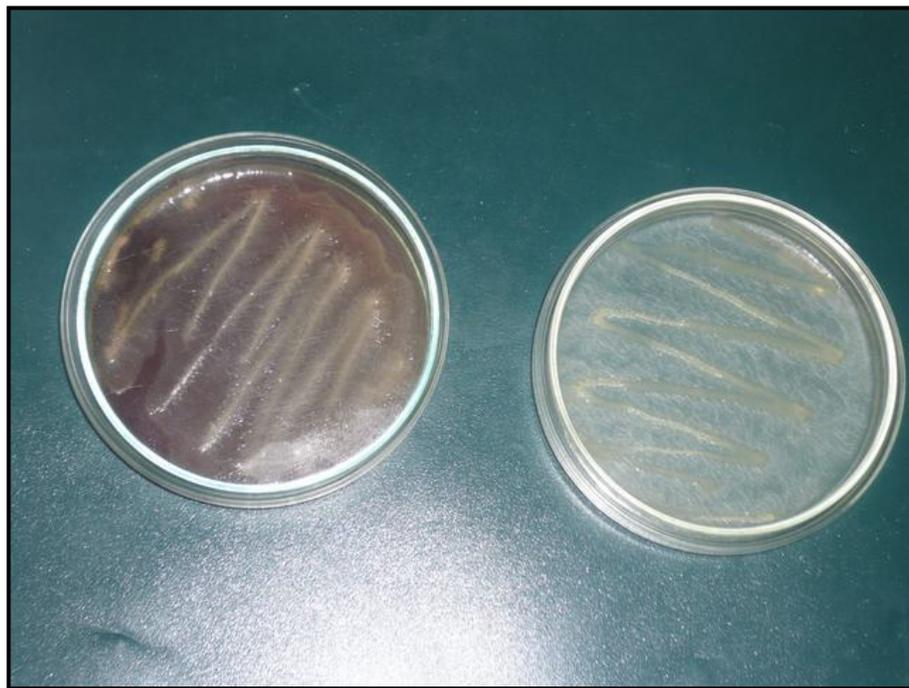
La elección de uno u otro irá en función del grado de conocimiento sobre los contaminantes que se espera encontrar en un ambiente. Pero no se descarta la utilización simultánea de ambos sistemas para asegurar una completa captación de todos los posibles contaminantes presentes, dado que en la mayoría de los casos no es posible una identificación previa de los mismos.



**Foto 11:** Imagen donde se aprecia al tesista, en las instalaciones del laboratorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNMSM, durante el análisis de las muestras tomadas en la zona de lavado de las unidades recolectoras.



**Foto 12:** Imagen donde se aprecia al tesista, durante el proceso de reconocimiento de los agentes biológicos.



**Foto 12:** Imagen donde se aprecia las placas con las muestras, durante el proceso de análisis.



**Foto 12:** Imagen donde se aprecia las placas con las muestras, durante el proceso de análisis.

Del mismo modo que ocurre cuando se trata de valorar la exposición a contaminantes químicos, una vez identificados los contaminantes biológicos y estimadas sus concentraciones en el medio ambiente de trabajo, se procederá a la valoración "comparando para cada contaminante objeto de estudio el valor de su concentración ambiental, con el valor de referencia máximo admisible para dicho contaminante." Este valor de referencia máximo admisible o criterio de valoración, para el caso de los contaminantes biológicos, no está establecido a nivel normativo en nuestro país ni en los de nuestro entorno socio-económico.

Tampoco existen criterios de valoración de tipo técnico "no vinculantes" a estilo de los TLV'S de la ACGIH para contaminantes químicos, siendo ello debido quizás a la existencia de una gran variabilidad de factores propios de la naturaleza de los contaminantes biológicos (su capacidad de reproducción, el hecho de que en una misma especie microbiana existan cepas con distinto poder patogénico o que alteraciones de factores ambientales tales como la temperatura, humedad, etc., puedan condicionar su presencia en un determinado ambiente) que inciden en la dificultad de establecer unos criterios de valoración generalizados y válidos para cualquiera que sea la situación problema planteada.

No obstante, a pesar de las dificultades existentes, el Comité sobre Bioaerosoles de la ACGIH ha dado a conocer un documento sobre: "Microorganismos viables en ambientes de oficina: Protocolo de muestreo y procedimientos analíticos", haciendo especial hincapié en que se trata de un borrador y que no se puede hacer uso inmediato del mismo en estudios de campo.

Asimismo, anuncia que está desarrollando protocolos similares en 7 ambientes diferentes además del anteriormente mencionado (oficinas).

En dicho protocolo, en el que se establecen sistemas de muestreo, estrategia de muestreo, procedimientos analíticos, interpretación de datos y recomendaciones sobre medidas correctoras, se afirma que la utilización del mismo debería estar basada en información médica o clínica que indicara la presencia de enfermedades relacionadas con el puesto de trabajo, tales como: fiebre del humidificador, pneumonitis hipersensitiva y alergias debidas, probablemente, a bioaerosoles. Un

punto interesante a destacar de este protocolo es el que hace referencia a la interpretación de los datos obtenidos y del que se infieren dos acciones a realizar.

En primer lugar, y si el número total de u.f.c/m<sup>3</sup> excede de 10.000, recomienda aplicar de inmediato las medidas correctoras descritas en el mismo.

En segundo lugar, si el número total de u.f.c/m<sup>3</sup> es inferior a 10.000, recomienda la identificación de los posibles agentes etiológicos, de los cuales proporciona una lista dividida en tres grupos:

- Hongos, como por ejemplo: *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., *Mucor* sp.
- Bacterias, como por ejemplo: Formas gram negativas o *Staphylococcus*
- *Aureus*, *Streptococcus salivarius*, *Corynebacterium* sp.
- Actinomicetos termofílicos, como por ejemplo: *Micropolyspora faeni*, *Thermomonospora* sp.

En estos casos si la presencia de alguno de los agentes identificados excede de las 500 u.f.c/m<sup>3</sup> y si no hay indicios de respuesta alérgica a partículas procedentes del exterior, se deben aplicar las medidas correctoras descritas en el protocolo.

Un cuarto grupo de posibles agentes causantes de la enfermedad, en el que se incluyen: Protozoos, micotoxinas, endotoxinas, es mencionado y su estudio recomendado en el caso en que una vez aplicadas las medidas correctoras y habiendo disminuido el número de los demás agentes etiológicos mencionados, persistirán los efectos adversos. Este protocolo, que como se ha mencionado está en fase de discusión, es o será válido para un ambiente determinado, persistiendo el problema de cómo evaluar, aquellas situaciones de las que no se posee dato alguno que sirva como criterio de valoración. La empresa Pool Bioanalysis Italiana (PBI) desarrolladora del método de muestreo Surface Air System (SAS), en su publicación "Microbiological control of the air and surface environment", sugiere los procedimientos para realizar muestreo ambientales en los que se establece un programa de muestreo inicial en diferentes ambientes, tales como: Hospitales,

industrias de alimentación, laboratorios bacteriológicos, plantas de tratamiento de efluentes, control de desinfección, etc. indicando para cada uno de ellos el número de muestras a tomar. De este muestreo inicial se obtendrán los datos con los que elaborar los niveles de aceptabilidad que en términos generales (PBI) sugiere entre 300-500 u.f.c/m<sup>3</sup>. Una vez fijados estos niveles de aceptabilidad recomienda realizar muestreos rutinarios que proporcionarán información acerca de la situación higiénica del área estudiada y sobre si medidas higiénicas preventivas (o correctoras) deberán ser tomadas para mejorar las condiciones ambientales de un determinado puesto de trabajo.

**Tabla 7: NIVELES OBSERVADOS DE MICROORGANISMOS EN EL AIRE Y EL POLVO DE AMBIENTES DE INTERIOR**

Categoría de Contaminación	UFC/m <sup>3</sup> Aire		Hongos como UFC/g de polvo
	Bacterias	Hongos	
<b>Muy Baja</b>	< 0.5x10 <sup>2</sup>	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>4</sup>
<b>Baja</b>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>4</sup>
<b>Intermedia</b>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>4</sup>
<b>Alta</b>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	< 1.2x10 <sup>5</sup>
<b>Muy Alta</b>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	> 1.2x10 <sup>5</sup>
Fuente: Adaptado de Warner y Col. 1993.			

## 7.7 MATERIALES

Item	Descripción	Cantidad	Compra	Alquiler	Préstamo	Costo (S/.)
1	Biocassette Cat 225-9800	1		Alquiler		320.00
2	Adaptador de Calibración	1		Préstamo		0.00
3	Manguera Tygon	1		Compra		50.00
4	Vacuum Pump, High Flow, 220v, Flujo 28.3 l/min	1		Compra		2312.00
5	Calibrador Primario de Burbuja	1		Alquiler		100.00
7	Extension para tomacorriente cable blindado Nº 8	1		Compra		160.00
8	Cooler para Transportar Muestras al Laboratorio	1		Compra		125.00
9	Placas Petri para toma de muestra	8		compra		64.00
10	Overol de proteccion para la toma de muestras	3		compra		105.00
11	Mascara con filtro	2		compra		70.00
12	Guantes de Proteccion	2		Compra		20.00
13	Botas de Protección	2		Compra		110.00
14	Preparacion de Agar para toma de muestras	6		Compra		120.00
15	Analisis de Muestra en Laboratorio San Marcos	1		Compra		174.00
16	Transformdor para Equipo Vacuum Pump	1		Préstamo		0.00
17	Gel refrigerante para la muestras hacia el laboratorio	4		Compra		110.00
18	Transporte	Glb		Alquiler		200.00
19	Swab Kit paperficie Cat Nº 225-2402	1		Alquiler		50.00
		Sub Total				4090.00

## VIII. RESULTADOS

TABLA N° 09: MUESTRAS DE AIRE DE LA ZONA DE LAVADO, PUNTO 1

<b>Bacterias</b>	<b>UFC/M<sup>3</sup></b>	<b>Warner &amp; Col. 1993</b>					<b>PBI</b>	<b>ACGIH</b>
		Muy Baja	Baja	Intermedia	Alta	Muy Alta		
<i>Mycobacterium Tuberculosis</i>	Cero	< 0.5x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 10000
<i>Legionella Pneumophila</i>	Cero	< 0.5x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 10000
<i>Bacillus Anthracis</i>	Cero	< 0.5x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 10000
<i>Bacillus sp</i>	<b>2.85x10<sup>2</sup></b>	< 0.5x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	<b>&lt; 5.0x10<sup>2</sup></b>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 10000
<b>Hongos</b>	<b>UFC/ M<sup>3</sup></b>	<b>Warner &amp; Col. 1993</b>					<b>PBI</b>	<b>ACGIH</b>
		Muy Baja	Baja	Intermedia	Alta	Muy Alta		
<i>Penicillium SP.</i>	0.02x10 <sup>2</sup>	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 2000
<i>Histoplasma Capsulatum</i>	Cero	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 2000
<i>Aspergillus</i>	Cero	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 2000
<i>Cladosporium</i>	Cero	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 2000
<i>Gunninghamella</i>	Cero	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 2000
<i>Aspergillus, Geotrichum, Rhodotorula y Penicillium</i>	<b>2.50x10<sup>2</sup></b>	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	<b>&lt; 5.0x10<sup>2</sup></b>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 2000

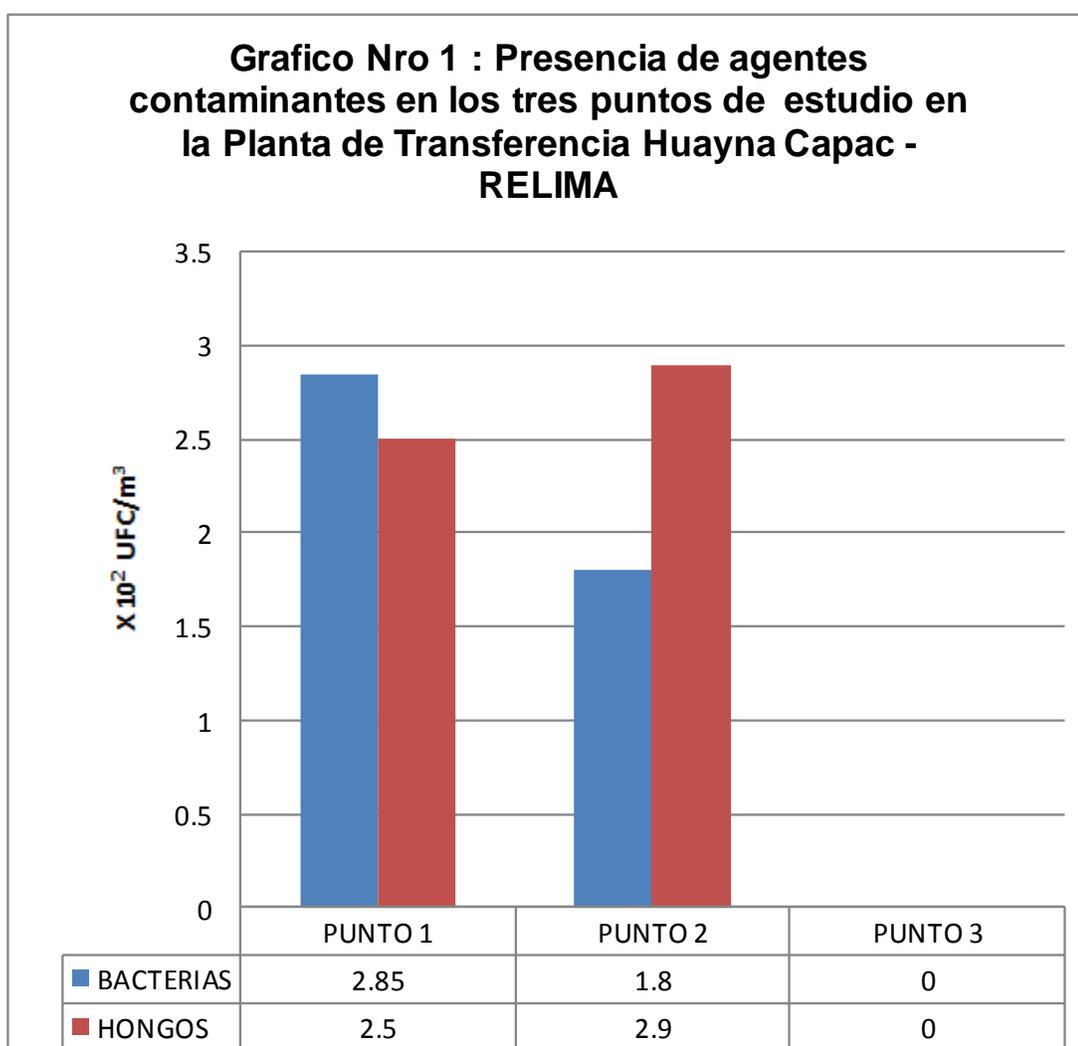
TABLA N° 10 MUESTRAS DE AIRE DE ZONA DE LAVADO, PUNTO 2

<b>Bacterias</b>	<b>UFC/M<sup>3</sup></b>	<b>Warner &amp; Col. 1993</b>					<b>PBI</b>	<b>ACGIH</b>
		Muy Baja	Baja	Intermedia	Alta	Muy Alta		
<i>Mycobacterium Tuberculosis</i>	Cero	< 0.5x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	<b>300 - 500</b>	500 - 10000
<i>Legionella Pneumophila</i>	Cero	< 0.5x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	<b>300 - 500</b>	500 - 10000
<i>Bacillus Anthracis</i>	Cero	< 0.5x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	<b>300 - 500</b>	500 - 10000
<i>Bacillus sp y Micrococcus sp</i>	<b>1.80x10<sup>2</sup></b>	< 0.5x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	<b>&lt; 5.0x10<sup>2</sup></b>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	<b>300 - 500</b>	500 - 10000
<b>Hongos</b>	<b>UFC/ M<sup>3</sup></b>	<b>Warner &amp; Col. 1993</b>					<b>PBI</b>	<b>ACGIH</b>
		Muy Baja	Baja	Intermedia	Alta	Muy Alta		
<i>Penicillium SP.</i>	0.03x10 <sup>2</sup>	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	<b>300 - 500</b>	500 - 2000
<i>Histoplasma Capsulatum</i>	Cero	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	<b>300 - 500</b>	500 - 2000
<i>Aspergillus</i>	Cero	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	<b>300 - 500</b>	500 - 2000
<i>Cladosporium</i>	Cero	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	<b>300 - 500</b>	500 - 2000
<i>Gunninghamella</i>	Cero	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	<b>300 - 500</b>	500 - 2000
<i>Aspergillus, Rhizopus, Penicillium y Micelio sterilia</i>	<b>2.90x10<sup>2</sup></b>	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	<b>&lt; 5.0x10<sup>2</sup></b>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	<b>300 - 500</b>	500 - 2000

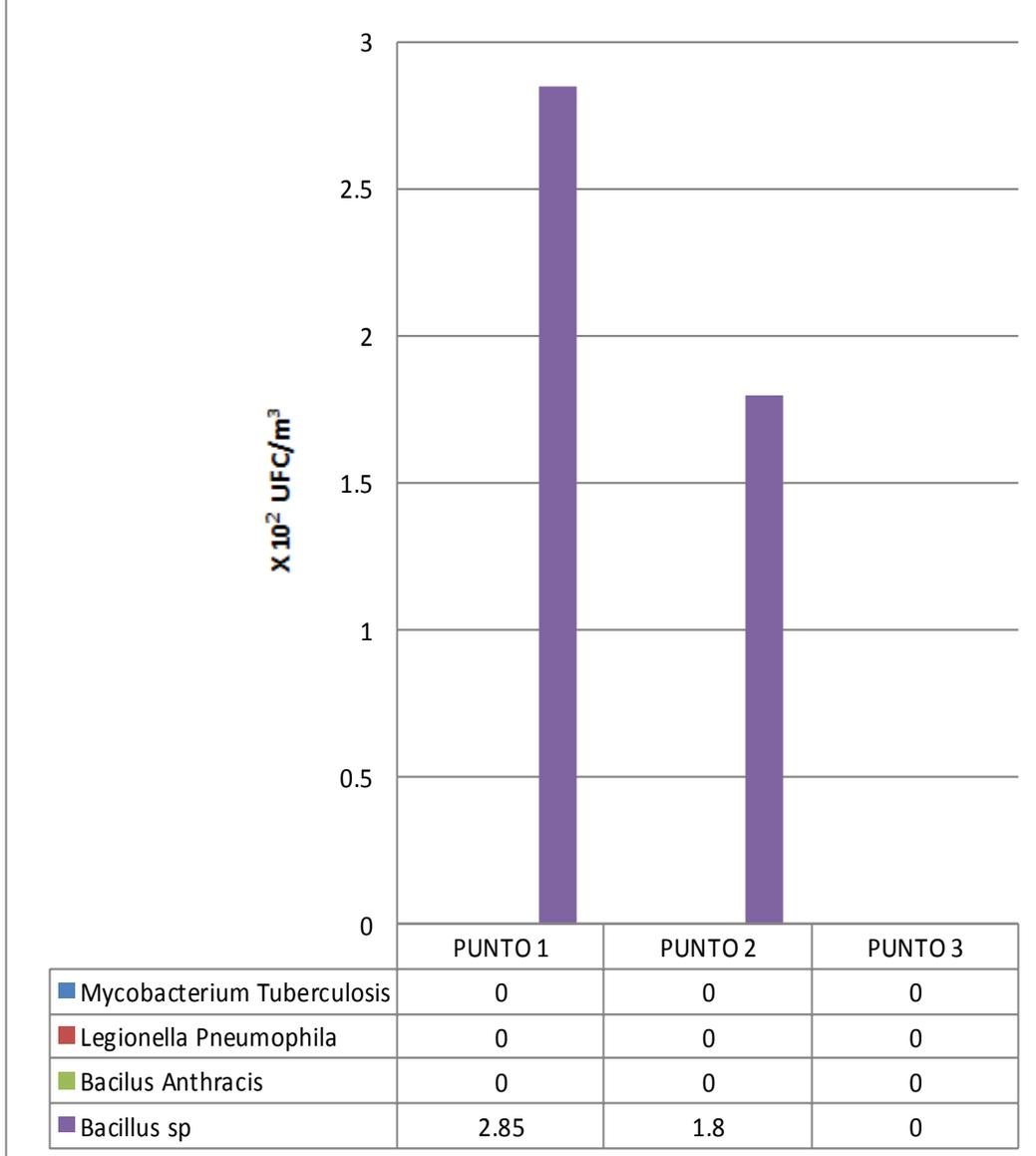
**TABLA N° 11: MUESTRAS DE AIRE DE ZONA DE MANTENIMIENTO, PUNTO 3**

<b>Bacterias</b>	<b>UFC/M<sup>3</sup></b>	<b>Warner &amp; Col. 1993</b>					<b>PBI</b>	<b>ACGIH</b>
		Muy Baja	Baja	Intermedia	Alta	Muy Alta		
<i>Mycobacterium Tuberculosis</i>	Cero	< 0.5x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 10000
<i>Legionella Pneumophila</i>	Cero	< 0.5x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 10000
<i>Bacilus Anthracis</i>	Cero	< 0.5x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 10000
<b>Hongos</b>	<b>UFC/ M<sup>3</sup></b>	<b>Warner &amp; Col. 1993</b>					<b>PBI</b>	<b>ACGIH</b>
		Muy Baja	Baja	Intermedia	Alta	Muy Alta		
<i>Penicillium SP.</i>	Cero	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 2000
<i>Histoplasma Capsulatum</i>	Cero	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 2000
<i>Aspergillus</i>	Cero	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 2000
<i>Cladosporium</i>	Cero	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 2000
<i>Gunninghamella</i>	Cero	< 0.25x10 <sup>2</sup>	< 1.0x10 <sup>2</sup>	< 5.0x10 <sup>2</sup>	< 2.0x10 <sup>3</sup>	> 2.0x10 <sup>3</sup>	300 - 500	500 - 2000

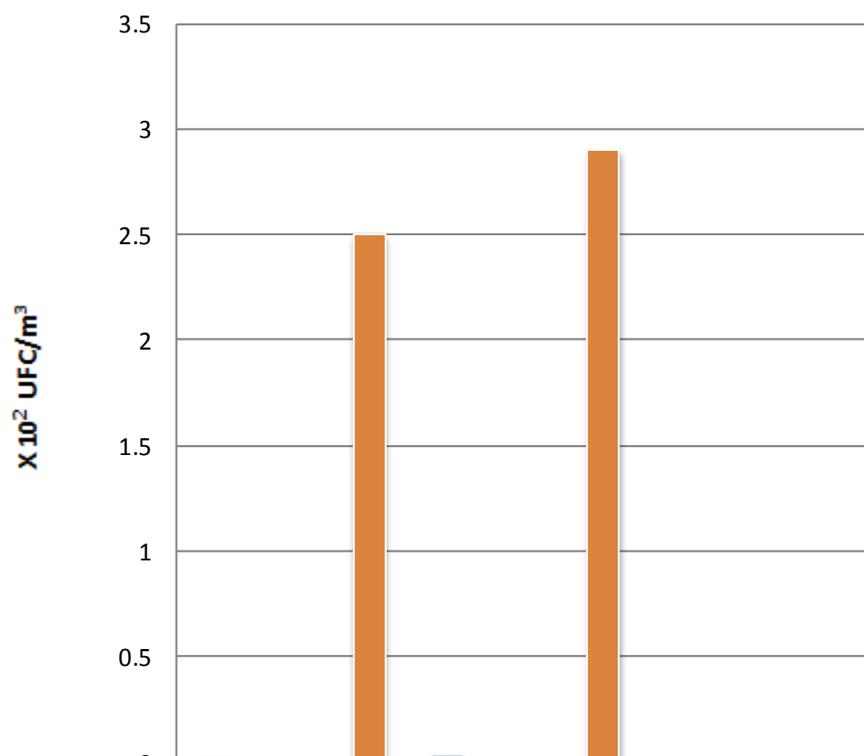
Las mediciones y cálculos asociados a los agentes biológicos y su comparación con los límites permisibles señalados en el acápite anterior se muestran en los gráficos siguientes:



**Grafico Nro 2: Tipo de Bacteria aislada en medios de cultivo en los tres puntos de estudio en la Planta de Transferencia Huayna Capac - RELIMA**



**Grafico Nro 3: Tipo de Hongo aislado en medios de cultivo en los tres puntos de estudio en la Planta de Transferencia Huayna Capac - RELIMA**



	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3
■ Penicillium SP.	0.02	0.03	0
■ Histoplasma Capsulatum	0	0	0
■ Aspergillus	0	0	0
■ Cladosporium	0	0	0
■ Gunninghamella	0	0	0
■ Aspergillus, Geotrichum, Rhodotorula y Penicillium	2.5	2.9	0

## 8.1 DISCUSION DE RESULTADOS

❖ Los resultados que se obtuvieron fueron comparados en base a los estudios mencionados, como estándares de medición.

- En la **zona de lavado, punto 1**, se halló  $2.85 \times 10^2$  ufc/m<sup>3</sup>, existiendo así, dentro de la **calificación de Warner y Col**, un nivel de contaminación intermedia en el aire, positiva para la bacterias del genero Bacillus sp y para lo que respecta a Hongos, se halló  $2.50 \times 10^2$  ufc/m<sup>3</sup> del tipo Aspergillus, Rhizopus, Penicillium.
- En el análisis de la **zona de lavado, punto 2**, se encontró  $1.85 \times 10^2$  ufc/m<sup>3</sup> relativamente menor con respecto al punto 1, pero igualmente clasificado en un nivel de contaminación intermedia, para las bacterias del genero Bacillus sp y Micrococcus sp. En cuanto a los hongos; se halló los mismos resultados que para el **punto 1**,  $2.50 \times 10^2$  ufc/m<sup>3</sup> del tipo Aspergillus, Rhizopus, Penicillium.
- Y por último al evaluar **la zona de mantenimiento, punto 3**, todas las muestras resultaron negativas a la presencia de los agentes biológicos en estudio.

❖ En relación a otros factores que pudieran determinar los resultados.

- Después del análisis hecho en laboratorio de los agentes contaminantes hallados, se pudo observar la presencia en un nivel intermedio de contaminación (*Según Warner & Col*), siendo positivo la presencia de los agentes contaminante para el grupo de Bacterias, del género Bacillus sp y Micrococcus y para el grupo de Hongos, Aspergillus Geotrichum, Rhodotorula y Penicillium. Es de conocimiento que la presencia de estos

agentes contaminantes requirió de determinadas características para su desarrollo y supervivencia. **(Pelczar, 1989)** expuso que *"Los Microorganismos aerolizados sobreviven dependiendo de varios factores ambientales como son humedad relativa, desecación, radiación solar y temperatura"*. Es entonces importante precisar y someter a discusión si los factores mencionados sean los directos responsables para haber hallado un nivel de contaminación intermedia en nuestro estudio.

- La humedad relativa en la zona de lavado de RELIMA data de un 69%, y surge la interrogativa si esta cantidad sería suficiente para determinar y/o favorecer el crecimiento de los agentes contaminantes hallados positivos en nuestro estudio. Otras investigaciones nos refieren que *"La humedad es el factor más importante que controla la estabilidad de los microorganismos y que **las Bacterias** y los virus generalmente sobreviven mejor a alta humedad relativa. Sin embargo se han obtenido resultados conflictivos a esto, probablemente se debe a los procedimientos experimentales utilizados"*. Es necesario entonces hacer más investigaciones acerca de determinados agentes contaminantes y su relación directa con los niveles de humedad relativa, con instrumentos de mayor precisión, que nos alerten de como proveer medidas específicas según cada área de trabajo, para evitar niveles de contaminación que puedan afectar a corto, largo, directo o indirectamente sobre la salud de los trabajadores en estas áreas de alto potencial de contaminación.
- La temperatura es otro factor importante en el análisis y discusión de este estudio, por ser elemento indispensable en el desarrollo de ciertos agentes contaminantes. Algunos estudios similares al presente refieren que *"Generalmente la estabilidad de los aerosoles microbianos decrece cuando la temperatura aumenta **(BITTON, 1994)**"*. Este punto tal vez sea el favorecedor que en nuestros hallazgos, nuestras muestras hayan dado negativos para tres de cuatro tipo de bacterias estudiadas y para cinco de los seis tipos de hongos en estudio. Es importante también señalar que determinadas estaciones del año, también podrían estar influenciando para

hallar en ciertos periodos, niveles bajos , intermedios o altos de contaminación. Sería interesante entonces hacer un seguimiento en el tiempo, de los agentes contaminantes en el aire, que tal vez para este estudio hayan salido negativos o en bajos niveles de contaminación, debido a que nuestro estudio básicamente hizo un corte transversal en el tiempo del problema en investigación.

Aun así esto aún es discutible puesto que no se puede englobar a todos los agentes contaminantes por sus diferencias microbiológicas, aun no hay estudios específicos de cada agente contaminante, que sea contundente.

- Algunos estudios sometidos a revisión nos relatan que "*En la noche en ausencia de luz solar, los bioaerosoles sobreviven mejor. Por ejemplo en experimentos de campo controlado con E.coli aerolizado se mostró que la sobrevivencia bacterial es inversamente proporcional a la intensidad de la radiación solar (BITTON, 1994)*"
- En el presente estudio cabe establecer que los horarios de los trabajadores en la zona de lavado eran solo horarios diurnos, tal vez eso sea un aspecto a favor que este disminuyendo el impacto de los agentes biológicos sobre la salud de estos. Se necesitan realizar más estudios que nos permitan llegar a generalidades, de acuerdo a cada realidad laboral de cada país, específicamente en el nuestro, no hay mayores investigaciones que nos permitan hacer conclusiones y con esto tomar medidas en favor de cuidar la salud de los trabajadores peruanos, inherentes como cualquier ser humano de tener una vida digna y en el que el estado se preocupe por mantener la salud de la fuerza laboral que forja día a día el desarrollo de nuestro país.

## IX. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos, en los puntos 1 y 2, nos confirman que estamos dentro de los límites estudiados en nuestros antecedentes.
- Los trabajadores que se desempeñan en el área de la zona de lavado, estarían comprometiendo potencialmente su salud, y aun más los que se encuentran directamente expuestos durante el ejercicio de esta actividad laboral.
- Referidos resultados, según las normas internacionales consultadas, datan que al encontrar un nivel de contaminación intermedia del aire, debería procederse a reconsiderar los procedimientos con su debida intervención y así lograr bajar los niveles de contaminación hallados. Esto en busca de anular un riesgo potencial sobre la salud de los trabajadores expuestos y en general de nuestro ecosistema.
- Al analizar los puntos 1 y 2, se nota claramente que a medida que la distancia de exposición es mayor, los niveles de contaminación en lo que respecta a bacterias va disminuyendo, mas no sucede lo mismo en el recuento de hongos, manteniéndose en ambos los mismos niveles.
- En el punto 3, no se hallaron presencia ni de bacterias y hongos.
- El 100% de las muestras tomadas y evaluadas en el área interna del lavado de vehículos recolectores de residuos sólidos, tienen presencia de hongos y bacterias patógenas en un nivel intermedio.

## X. RECOMENDACIONES

- **CON RESPECTO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS;** En relación a los resultados obtenidos en el punto 2, el cual simulaba la circulación del personal ajeno al proceso de lavado de las unidades de recolección, se ve por conveniente recomendar que el personal que transita cerca a esta zona, deberán usar mascarillas de seguridad, ya que se halló en este punto, un nivel intermedio de contaminación en el aire, que podría a largo plazo o de manera inmediata perjudicar su salud.
- **CON RESPECTO A LAS FUTURAS INVESTIGACIONES;** Esperamos que nuestro trabajo sea solo el inicio del desarrollo de mayores investigaciones y planteamientos de normativas, con respecto al estudio de los contaminantes biológicos y sobretodo el de su evaluación e impacto de estos en la salud de las personas que laboran en las zonas de lavado de las unidades recolectoras.
- **CON RESPECTO A LOS TRABAJADORES DE LAS ZONAS DE LAVADO (RELIMA);** recomendamos, se realice capacitaciones con mayor incidencia en el tema sobre contaminantes biológico al personal que labora en dicha área, así como la importancia de cumplir los reglamentos de seguridad por parte de la entidad.
- **CON RESPECTO A LA NORMATIVIDAD DE LEY FRENTE A LA SALUD OCUPACIONAL DE ESTE SECTOR LABORAL;** recomendamos que el estado, por medio de los Ministerios de Salud y del Ambiente, fomenten el desarrollo de guías técnicas, manuales y normas de procedimientos, con sus respectivas directrices y sanciones, que ayuden a buscar un límite permisible de exposición de contaminantes biológicos, sobre los trabajadores que realizan este proceso. En tal sentido, este trabajo se puede tomar como un inicio sobre dichas normas.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Ministerio De Trabajo Y Asuntos Sociales, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Real Decreto 664/1997.
2. Instituto Nacional De Seguridad E Higiene En El Trabajo. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos.

### **3. BIBLIOGRAFIA**

4. Ministerio de Sanidad y Consumo. Protocolos de vigilancia de la salud. Asma laboral. Alveolitis alérgica extrínseca.
5. Douwes, J. Et Al. Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects. *Ann. Occup. Hyg*, 2003, vol. 47: 3.
6. Rodríguez Carmona. Riesgos biológicos no infecciosos. *Med. Seg. trabajo*, 1998, vol. 45: 176.
7. Lacey J. And Crook B. Fungal and actinomycete spores as pollutants of the workplace and occupational allergens *Ann. Occup. Hyg*, 1988; vol. 32: 4.
8. Dutkiewicz J. Bacteria and fungi in organic dust as potential health hazard *Ann. Agric. Environ. Med. Keynote reviews*. 1997; 4.
9. Baur X. Enzymes as occupational and environmental respirator y sensitisers *Int. arch. Occup. Environ. Health*. 2005; vol. 78: 4.
10. II Simposio Iberoamericano De Ingeniería De Residuos. Barranquilla; 2009 Septiembre 24-25; Colombia 3d-Vélez- -001.
11. Vélez-Pereira, A.y Camargo, y Grupo de Investigación en Modelación de Sistemas Ambientales- GIMSA. Instituto de Investigaciones Tropicales- INTROPIC, Evaluación De La Concentración De Bioaerosoles Fungí Asociados Al Relleno Sanitario Palangana, Santa Marta Colombia. Laboratorio No. 7. Universidad del Magdalena. Carrera 32 No. 22-08, Santa Marta- Colombia.

12. Miguel Sánchez Monedero, María Isabel Aguilar, Rocío Fenol y Asunción Roig- Centro de edafología y biología aplicada del segura. Consejo superior de investigaciones científicas. Generación de Bioaerosoles en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales. Murcia España- revista académica de la FI-UADY 11,1 Ingeniería 11-1.2007; 37- 42.
13. ACGIH, Commite Activities and Reports. Guidelines for the assessment of bioaerosols in the incloor environment, Cincinnati, Oh. USA, 1989.
14. ACGIH. . Valores límite para sustancias químicas y agentes físicos en el ambiente de trabajo. BEIs.- Indices biológicos de exposición.1993-1994.
15. Antó J. M., Sunyer J., Rodriguez R., Suarez-Cervera M., Vazquez L. Community Outbreaks of Asthma Associated with Inhalation of Sobybean Dust N. Eng. J. Med.: 1989; 320 (17), 1097-1102.
16. Inegold S., Baron E. Diagnóstico Microbiológico, 7ª Edición Ed. Médica Panamericana;1989
17. Berenguer M.J., Hernández A., Martí M.C., Nogareda C., Solé M.D., Guardino X. El Síndrome del edificio enfermo. Guía para su evaluación. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid, España. 1994.
18. Directiva 901679/CEE. Directiva del Consejo sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo (Séptima Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE). Diario Oficial de Comunidades Europeas L 374, 1-12, (31-12-90)
19. Fernández D., Suarez-Cervera M., Diaz T., Valencia R.M. Airborne pollen spores of León (Spain) 1993; Int. J. Biometerol. 37:89-95.
20. Flannigan B. Indoor Micobiological Pollutants-Sources, Species, Characterisation and Evaluation, in Chemical, Microbiological, Health and Comfort Aspects of Indoor Air Quality-State of the Art in SBS, de Knóppel, H. y Wolkoff, P., editores. Kluwer Academic Publishers (for the CEC). Dordrecht, 1992.
21. Lennette E., Balows A., Hausler W., Shadomy H. Manual de Microbiología Clínica, 4ª Edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 1987.

22. Mac Faddin J. F. Biochemical Test for Identification of Medical Bacteria, 2nd Edition Ed. Williams & Wilkins; 1980
23. Martí M.C. Determinación de contaminantes biológicos en ambientes cerrados; Proc. I Conferencia Nacional de Higiene Industrial. Valencia. 1988; Noviembre 16-18.
24. Muller E., Loeffler W. Micología. 1ª Edición Barcelona; Ediciones Omega, S.A.; 1976.
25. Roses M., Torres J. An aerobiological study of pollen grains and fungal spores of Barcelona. Aerobiología. Spain. 1992; 8:255-265.
26. Suarez-Cervera M., Márquez J. Manual de Aerobiología; Departamento de productos Naturales. Biología Vegetal Sanitaria y Edafología: Unidad de Botánica; Universidad de Barcelona. Barcelona; 1990.
27. Suarez-Cervera M., Seoane J. Sobre el sistema de filtración automática en Aerobiología; And Asoc. Palinol. Leng. Esp. 1985; 2:307-317.
28. Mieberling F., Schwantes H. Botánica Sistemática. 2ª Edición. Barcelona: Ediciones Omega, S.A.; 1976.
29. Alonso, R.M., Solans, X., Constans, A. Exposición laboral a hongos en una planta de procesamiento de café. Medicina y Seguridad del Trabajo. 2008; 211: 31-37.
30. Lavoie, J., Dunkerley, C.J., Kosatsky, T., Dufresne, A. Exposure to aerosolized bacteria and fungi among collectors of commercial, mixed residential, recyclable and compostable waste. Science of the Total Environment. 2006; 370:23-28.
31. Marchand, G, Lavoie, J., Lazure, L. Evaluation of bioaerosols in a municipal solid waste recycling and composting plant. Journal of the Air and Waste Management Association 45, 1995; 778-781.
32. Sánchez-Monedero, M.A., Roig, A., Cayuela, M.L., Stentiford, E.I. Emisión de bioaerosoles asociada a la gestión de residuos orgánicos. Ingeniería. 2006; 10: 39-47.

33. Solans, X., Alonso, R.M., Constans, A., Mansilla, A. Exposición laboral a hongos y bacterias ambientales en una planta de selección de residuos de envases. *Revista Iberoamericana de Micología*. 2007; 24: 131-135.
34. Zucker, B.A., Müller, W. Airborne endotoxins and airborne gram-negative bacteria in a residential neighborhood. *Water, Air, and Soil Pollution*. 2004; 67:158.

### **REFERENCIAS ELECTRONICAS:**

1. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e igualdad. Gobierno de España. Protocolos de vigilancia sanitaria específica de los trabajadores expuestos a agentes biológicos. 2001 [consulta el 5 de septiembre 2009]. Disponible a: <http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/saludLaboral/vigiTrabajadores/p/rotocolos.htm>
2. Goyer, Nicole; Lavoie, Lazure Jacques, Louis Marchand, Geneviève Institut De Recherche Robert Sauvé En Santé Et En Sécurité Du Travail. Bioaerosoles en el lugar de trabajo: una guía para la evaluación, prevención y control. Canadá IRSST Publicaciones [Internet] 2001[consulta el 5 de Septiembre de 2009]; Guía Técnica T-23. Disponible en: <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/T-23.pdf>
3. Bial Aristegui. *Revista Iberoamericana de Micología* [Internet]. 2002 [consulta el 12 de Octubre de 2009]; 5(5-9). Disponible en: <http://hongos-alergenicos.reviberoammicol.com/files/005.PDF>
4. María Teresa Ulloa F.: Programa de Microbiología y Micología Instituto de Ciencias Biomédicas. *Revista Chilena de Infectología* [Internet] 2008 [consulta el 15 de Septiembre de 2009]; Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/rci/v25n3/art13.pdf>
5. Los microbios en la red. *Infectología y Exámenes de Residencias Médicas España* [Internet]; 2009 [consulta el 28 de septiembre de 2009]. Disponible a: <http://www.losmicrobios.com.ar/microbios/estructura%20bacteriana.html>

6. La guía – Biología España [Internet]; 2010 [consulta el 3 de Enero 2010].  
Disponible a:  
<http://biologia.laguia2000.com/general/caracteristicas-y-estructura-de-los-hongos>
  
7. Aeromicología de Córdoba España [Internet] 2000 [consulta el 10 de Septiembre de 2009]. Disponible a:  
<http://www.uco.es/aerobiologia/hongos/cladospo.htm>
  
8. Luis Alcalá, Patricia Muñoz, Teresa Peláez y Emilio Bouza. Servicio de Microbiología Clínica. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Control Calidad SEIMC Madrid [Internet]. 2000 [consulta el 12 de Septiembre].Disponible a:  
<http://www.seimc.org/control/revisiones/micologia/asperquillus.pdf>
  
9. Shulumberger Excellence in Educacional Deveploment. Egipto. Niveles de Biocontaminantes y Partículas de polvo en suspensión en el aire en Interiores. 2001 [Consulta el 12 de Septiembre]. Disponible a:  
<http://www.planetseed.com/es/node/21550>
  
10. Wikipedia. La enciclopedia libre. España 2009 [ consulta el 12 de Septiembre de 2009] .Disponible en ;  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Bacillus\\_anthraxis](http://es.wikipedia.org/wiki/Bacillus_anthraxis)

## **X. ANEXOS**

**Anexo 1:** Carta N° 015-2012-EPIS-FIA

**Anexo 2:** Carta N° 001693-2012/DEPA/DIGESA

**Anexo 3:** Plano de Ubicación de la Planta de Transferencia Huayna Cápac

**Anexo 4:** Plano de la Planta de Transferencia de Residuos Sólidos Huayna Capac

**Anexo 5:** Plano de la zona de lavado de las unidades de recolección

**Anexo 6:** Plano de los puntos de Medición

**Anexo 7:** Resultados de laboratorio de los contaminantes Biológicos

**Anexo 8:** Equipos de lavado Karcher

**Anexo 9:** Bio Stage Bioaerosol Impactors – Ficha Técnica

**Anexo 10:** Certificado de Calibración: Pump caudal a 28.3 l/m

**Anexo 11:** NIOSH 0800, NIOSH 0801, NIOSH 0900