

CARACTERIZACIÓN CUALITATIVA -CUANTITATIVA DE BIOAEROSOLES  
RELACIONADOS CON FACTORES METEOROLÓGICOS Y MATERIAL  
PARTICULADO EN PUENTE ARANDA BOGOTÁ D.C.

DAVID ROBERTO OLAYA ESCOBAR

FABIO ANDRES PEREZ ROJAS

UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
BOGOTÁ D.C.  
2006

CARACTERIZACIÓN CUALITATIVA -CUANTITATIVA DE BIOAEROSOLES  
RELACIONADOS CON FACTORES METEOROLÓGICOS Y MATERIAL  
PARTICULADO EN PUENTE ARANDA BOGOTÁ D.C.

DAVID ROBERTO OLAYA ESCOBAR

FABIO ANDRES PEREZ ROJAS

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

Director  
HUGO SARMIENTO VELA  
Químico

Codirectora  
Gladys M. Quintero  
Bacterióloga

UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
BOGOTÁ D.C.  
2006

Nota de aceptación

---

---

---

---

Firma del Director

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá, junio de 2006

Ni la Universidad, ni el jurado calificador son responsables de las ideas expuestas en este documento.

*Agradezco a la vida por abrir puertas tan grandes que es difícil elegir una, a Díos que me dio la paciencia y dedicación para forjar mis sueños, a mi familia que con su apoyo y comprensión hicieron de mi un hombre correcto y a todas las personas que me dieron una palabra de aliento cuando la necesité.*

**Fabio Pérez**

*Que este trabajo sea un peldaño más hacia la constante búsqueda de conocimiento para mejorar nuestra adaptación a las condiciones que nos hacen vulnerables como especie.*

*Dedicado a todos los que con sus vidas se esfuerzan por entender la atmósfera y las enfermedades causadas por organismos patógenos respirables.*

**David Olaya.**

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

DIOS. Su voluntad permite que seamos instrumentos para disponer nuestras capacidades al servicio de la comunidad.

A nuestras Familias, sin su amor, paciencia y comprensión hubiera sido imposible llevar a cabo este proyecto.

El proyecto “ESTIMACIÓN DEL RIESGO A LA SALUD HUMANA A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN DE AEROSOLES EN LA LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ” de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad De La Salle.

Hugo Sarmiento Vela, Director del proyecto.

Gladys M. Quintero, Codirectora del proyecto.

Jorge Eduardo Pachón, Ing Químico. Asesor del proyecto

Guillermo Carvajal, Asesor estadístico del proyecto. Que por experiencia y colaboración permitió realizar un excelente trabajo.

Judy Castellanos y Paula Cedeño, estudiantes de Bacteriología de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Joaquín Benavides, Microbiólogo Universidad de La Salle

Leonardo López, Meteorólogo Universidad de La Salle.

El personal del laboratorio de microbiología de la Universidad De La Salle.

Las directivas del INVIMA y el Colegio Distrital La Merced, por facilitar el ingreso a sus instalaciones en la etapa de muestreo.

MD. Yovana Marcela Pérez Bello. Asesora en temás relacionados con clínica.

Elena Escobar Reyes Y Roberto Olaya Calderón Por su colaboración en la redacción del documento.

Martha Patricia Rojas Luque y Fabio Roberto Pérez Jaimes por su apoyo incondicional en el desarrollo del proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

### INTRODUCCIÓN

1.	MARCO DE REFERENCIA.	22
1.1.	ANTECEDENTES	22
1.2.	CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	24
1.2.1.	Material Particulado	25
1.2.2.	Material Particulado y Efectos en la Salud.	25
1.2.3.	Aerosoles.	27
1.3.	BIOAEROSOLES.	28
1.3.1.	Generalidades.	28
1.3.2.	Composición.	28
1.3.3.	Aerosolización.	29
1.3.4.	Contaminación Biológica.	30
1.4.	GASES GENERADOS COMO SUBPRODUCTOS INDUSTRIALES.	31
1.4.1.	Concentración de oxígeno.	31
1.4.2.	Compuestos de azufre en la atmósfera.	32
1.4.3.	Transformaciones oxidativas del azufre por agentes microbianos.	33
1.4.4.	Transformaciones reductoras de azufre por agentes microbianos.	33
1.4.5.	Compuestos de Nitrógeno en la atmósfera.	34
1.5.	INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS EN EL TRANSPORTE DISPERSIÓN Y VIABILIDAD DE MICROORGANISMOS EN EL AIRE.	37
1.5.1.	Mecanismos atmosféricos de Dispersión.	38
1.5.2.	Factores que afectan la viabilidad de microorganismos en el aire.	40

1.5.3. Factores que afectan la viabilidad de microorganismos en el aire.	40
1.6. AEROBIOLOGÍA.	44
1.6.1. Muestreo y análisis de microorganismos en el aire.	44
1.7. MICROBIOLOGÍA DEL AIRE.	46
1.7.1. Requerimientos nutricionales.	47
1.8. MICROORGANISMOS.	48
1.8.1. Bacterias.	48
1.8.2. Hongos.	51
1.9. INFECCIONES RESPIRATORIAS BACTERIANAS.	52
1.10. MICROBIOLOGÍA DEL AIRE Y EFECTOS EN LA SALUD.	55
1.10.1 Mecanismos de defensa de vía respiratoria.	55
1.10.2. Mecanismos de defensa pulmonar.	56
1.11. ENFERMEDADES CAUSADAS POR PATÓGENOS.	56
1.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	58
2. METODOLOGÍA	60
2.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO	60
2.2. MUESTREO.	61
2.2.1. Puntos de muestreo.	61
2.2.2. Periodo de muestreo.	62
2.2.3. Codificación de muestras.	62
2.2.4. Toma de muestras.	63
2.3. ESTUDIO MICROBIOLÓGICO.	63



2.3.1	Procesamiento de muestras para estudio microbiológico.	65
2.4	IDENTIFICACIÓN DE GÉNERO Y ESPECIE.	65
2.5.	CONTROL DE CALIDAD.	66
2.6.	ORGANIZACIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	67
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	70
3.1.	DESCRIPCIÓN DE CONDICIONES CLIMÁTICAS Y DE CALIDAD AIRE	71
3.1.1.	Condiciones Climáticas.	71
3.1.2.	Calidad de aire.	75
3.2.	ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN UFC/m <sup>3</sup> .	78
3.2.1.	Análisis detallado de UFC/m <sup>3</sup> en el día más crítico y menos crítico.	82
3.3.	FAMILIAS AISLADAS DE MICROORGANISMOS.	86
3.3.1	Frecuencia de familias de microorganismos identificadas.	87
3.3.2.	Frecuencias de los microorganismos identificados	90
3.3.3.	Características nutricionales y de fuentes de energía.	94
3.3.4.	Resultados de muestreo Blanco de referencia.	96
3.3.5.	Microorganismos patógenos en el periodo de muestreo.	99
3.4.	INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS Y DE CALIDAD DE AIRE EN LA VIABILIDAD DE APARICIÓN DE MICROORGANISMOS	102
3.4.1.	Análisis de Regresión Poisson entre variables.	105
	CONCLUSIONES.	109
	RECOMENDACIONES.	112
	BIBLIOGRAFÍA.	113

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición de Bioaerosoles.	29
Tabla 2. Características de las partículas infecciosas.	30
Tabla 3. Fuentes y lugares de amplificación de biocontaminantes.	44
Tabla 4. Nutrientes esenciales para el crecimiento de microorganismos.	47
Tabla 5. Tiempo de supervivencia de algunas especies de bacterias en una atmósfera seca.	48
Tabla 6. Localización en el sistema respiratorio, en donde los patógenos inician la infección.	52
Tabla 7. Características de algunos microorganismos patógenos respiratorios.	53
Tabla 8. Días de muestreo.	62
Tabla 9. Codificación de muestras	62
Tabla 10. Características del equipo.	63
Tabla 11. Microorganismos frecuentemente aislados en los diferentes agares.	64
Tabla 12. Pruebas Bioquímicas seleccionadas.	65
Tabla 13. Diferentes tipos de datos, fuente y variables relacionadas.	67
Tabla 14. Promedio y coeficientes de variación (CV) de variables climáticas.	71
Tabla 15. Promedio y coeficiente de variación (CV) para variables de calidad de aire.	75
Tabla 16. Promedio de UFC/m <sup>3</sup> para todo el periodo de muestreo.	78
Tabla 17. Promedio de concentración de UFC/m <sup>3</sup>	79
Tabla 18. Promedios variables climáticas y calidad de aire en los días 2 y 4	85
Tabla 19. Número de especies de microorganismos.	86
Tabla 20. Familias y especies de microorganismos identificados.	86
Tabla 21. Microorganismos con frecuencia mayor a 80% en el periodo de muestre	93
Tabla 22. Clasificación de frecuencias de familias.	94
Tabla 23. Clasificación de microorganismos según su fuente de alimento y energía.	95
Tabla 24. Especies de microorganismos identificados en el muestreo blanco.	97
Tabla 25. Especies comunes en la zona de estudio y en el blanco.	98
Tabla 26. Especies diferentes a las encontradas en la ciudad.	98

Tabla 27. Frecuencia de aparición de patógenos.	99
Tabla 28. Microorganismos patógenos durante el periodo de muestreo.	100
Tabla 29. Patógenos identificados en la fase anterior	101
Tabla 30. Correlaciones UFC/m <sup>3</sup> v.s. TEMP, Viento, BRISOL y HR, para todo el periodo de muestreo.	102
Tabla 31. Correlaciones UFC/m <sup>3</sup> v.s. TEMP, Viento, BRISOL y HR, para todo el periodo de muestreo.	102
Tabla 32. Correlaciones UFC/m <sup>3</sup> v.s. SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> y PM <sub>10</sub> , para todo el periodo de muestreo.	103
Tabla 33. Correlaciones UFC/m <sup>3</sup> v.s. SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> y PM <sub>10</sub> , para cada día de muestreo.	103
Tabla 34. Resultado regresión de Poisson UFC/m <sup>3</sup> v.s. Día, Jornada y Punto.	105
Tabla 35. Tabla resumen de modelos de parámetros independientes	105
Tabla 36. Ecuaciones logarítmicas de predicción para todas las variables.	106
Tabla 37. Regresión de Poisson UFC/m <sup>3</sup> v.s. SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> y PM <sub>10</sub> .	107
Tabla 38. Regresión de poisson (UFC/m <sup>3</sup> ).parámetros completos	107

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista a Puente Aranda Bogota.	25
Figura 2. Incremento de la mortalidad en función de la concentración de material particulado.	26
Figura 3. Escala de nubosidad.	43
Figura 4. <i>Staphylococcus sp</i>	49
Figura 5. <i>E.Coli</i>	49
Figura 6. <i>Proteus mirabilis</i>	49
Figura 7. <i>P. aeruginosa</i>	50
Figura 8. <i>Corynebacterium sp</i>	50
Figura 9. <i>Bacillus sp.</i>	51
Figura 10. <i>Aspergillus sp</i>	52
Figura 11. Equipo MAS- 100	63
Figura 12. Pruebas Bioquímicas.	66
Figura 13. Comportamiento de la Temperatura en todo el periodo de muestreo.	72
Figura 14. Comportamiento de la Velocidad del Viento en el periodo de muestreo.	73
Figura 15. Comportamiento de la Humedad Relativa en el periodo de muestreo.	73
Figura 16. Comportamiento del Brillo Solar en el periodo de muestreo.	74
Figura 17. Concentración Material Particulado (PM <sub>10</sub> ) en el periodo de muestreo.	76
Figura 18. Concentración de Óxidos de Azufre en el periodo de muestreo.	77
Figura 19. Concentración de los Óxidos de Nitrógeno para todo el periodo de muestreo.	77
Figura 20. Promedio de concentración (UFC/m <sup>3</sup> ) en el periodo de muestreo	78
Figura 21 Concentración de UFC/m <sup>3</sup> para el periodo de muestreo.	82
Figura 22. Variación de UFC/m <sup>3</sup> para el día 2.	82
Figura 23. Rosa de vientos Estación Merck. Barrio Salazar Gómez para el día 2.	83
Figura 24. Variación de UFC/m <sup>3</sup> para el día 4.	84
Figura 25. Rosa de vientos Estación Merck. Barrio Salazar Gómez para el día 4.	84
Figura 26. Frecuencia familia Bacillaceae.	87
Figura 27. Frecuencia familia Corynebacteriaceae.	88
Figura 28. Frecuencia familia Enterobacteraceae.	88

Figura 29. Frecuencia familia Coccaceae.	89
Figura 30. Frecuencia familia Pseudomonaceae.	89
Figura 31. Frecuencia Hongos.	90
Figura 32. Frecuencia de microorganismos en INVIMA para todas las jornadas.	91
Figura 33. Frecuencia de microorganismos en Parque Salazar Gómez para todas las jornadas.	91
Figura 34. Frecuencia de microorganismos en Parque Puente Aranda para todas las jornadas.	92
Figura 35. Frecuencia de microorganismos en Colegio la Merced para todas las jornadas	92
Figura 36. Frecuencia de microorganismos en Parque Cundinamarca para todas las jornadas	93

## LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A. Tabla corrección estadística de Feller.	118
ANEXO B. Clasificación de las industrias que se encuentran alrededor de los puntos de muestreo.	119
ANEXO C. Ubicación de sitios de Muestreo.	120
ANEXO D. Descripción de puntos de muestreo.	121
ANEXO E. Protocolo de aislamiento e identificación de microorganismos	124
ANEXO F. Protocolo Equipo MAS 100.	127
ANEXO G. Protocolo de muestreo de microorganismos en el aire	130
ANEXO H. Formato de Laboratorio.	132
ANEXO I. Pruebas Bioquímicas.	133
ANEXO J. Formato de campo	134
ANEXO K. Estadística descriptiva variables de muestreo.	135
ANEXO L. Análisis de la rosa de vientos para el periodo de muestreo	140
ANEXO M. Microorganismos identificados en el periodo de muestreo.	145
ANEXO N. Frecuencias de las familias de microorganismos identificadas.	146
ANEXO O. Frecuencias de Microorganismos identificados en muestreo.	147
ANEXO P. Registro fotográfico Blanco.	160
ANEXO Q. Correlaciones de Pearson.	162
ANEXO R. Regresiones de Poisson.	178
ANEXO T. Precipitación registrada en campo	200
ANEXO U. Correlaciones Humedad Relativa	201

## GLOSARIO

**ACEPTOR DE ELECTRONES:** sustancia que puede aceptar electrones a partir de otra sustancia, reduciéndose en el proceso.

**AEROSOL:** Son partículas sólidas o líquidas que se encuentran suspendidas en el aire dentro de núcleos de vapor de agua.

**AIRE:** mezcla de gases cuya composición en peso es: 75.51% de nitrógeno, 23.14% de oxígeno, 1.27% de argón, 0.04 % anhídrido de carbónico.

**AGAR:** gel coloidal formado por hidratos de carbono, que forma parte de la composición de un medio de cultivo.

**ANABOLISMO:** la suma total de todas las reacciones biosintéticas de la célula.

**ÁRBOL TRAQUEO BRONQUIAL:** primera división anatómica de la vía aérea inferior.

**AUTOTROFO:** organismo capaz de biosintetizar, todo el material celular a partir de CO<sub>2</sub> como única fuente de carbono.

**BIOAEROSOL:** partículas transportadas por el aire, constituidos moléculas de tamaño grande, compuestos orgánicos volátiles que están vivos o que proceden de un organismo vivo.

**CATABOLISMO:** reacciones bioquímicas que conducen a la producción de energía utilizable (ATP) por la célula.

**COEFICIENTE DE INACTIVACIÓN SOLAR:** : Es un valor numérico obtenido experimentalmente, se obtiene de relacionar la disminución de concentración de los microorganismos expuestos a radiación solar y el tiempo transcurrido

**CONTAMINACIÓN:** es la alteración del medio ambiente por sustancias o formas de energía generadas por actividad humana o la naturaleza, en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir con el bienestar y la salud de las personas, atentar contra la flora, la fauna y degradar la calidad del medio ambiente.

**CORTANTE DEL VIENTO:** Variación brusca o repentina en la dirección y/ o intensidad del viento. Se encuentran dos tipos, cortante vertical y horizontal. Estos

cambios se asocian a ondas de montaña, superficies frontales, tormentas y nubes convectivas.

**DONADOR DE ELECTRONES:** una sustancia que puede donar electrones a algún otro aceptor, oxidándose por tanto en el proceso.

**ESPACIO PLEURAL:** es el espacio que se encuentra entre el pulmón y la membrana que lo recubre denominada pleura.

**FOTOAUTÓTROFO:** un organismo capaz de utilizar luz como fuente de energía.

**HETERÓTROFO:** un organismo que requiere compuestos orgánicos como fuente de carbono.

**INFECCIÓN:** crecimiento de un organismo dentro de otro.

**INFECCIÓN NOSOCOMIAL:** infección adquirida en ambientes hospitalarios, transmitida de persona a persona.

**INFECCIÓN RESPIRATORIA AGUDA (IRA):** conjunto de infecciones del aparato respiratorio causadas por microorganismos virales, bacterianos y otros, con un período inferior a 15 días, con la presencia de uno o más síntomas o signos clínicos tales como tos, otitis, obstrucción nasal, respiración ruidosa, entre otros.

**MECANISMOS DE DEFENSA:** todas las herramientas con que cuenta un organismo determinado, para dar una respuesta específica inmune a una enfermedad.

**MEDIO DE CULTIVO:** solución acuosa que se solidifica y contiene diversos nutrientes, para facilitar el crecimiento de microorganismos.

**MEDIO ESPECÍFICO:** medio de cultivo que contiene sustratos apropiados, para que sólo los microorganismos de interés sean reconocidos con facilidad.

**MEDIO SELECTIVO:** medio de cultivo que contiene sustancias inhibidoras o factores de crecimiento singulares, para el crecimiento particular de un tipo determinado de microorganismos.

**MICROORGANISMO:** organismo microscópico consistente en una célula o grupo de células.



**MICROORGANISMO PATÓGENO:** microorganismo que posee factores de virulencia (toxinas, adhesinas, cápsula) que le facilitan colonizar, proliferar o producir enfermedad.

**MICROORGANISMO OPORTUNISTA:** microorganismo que dependiendo de las condiciones del hospedador puede afectarlo.

**NECROSIS:** muerte del tejido celular.

**NUCLEOS DE ATIKEN:** núcleos muy pequeños de condensación que intervienen en la formación de las nubes y posteriormente de la lluvia.

**PARENQUIMA PULMONAR:** tejido que conforma el pulmón.

**PEPTIDOGLICANO:** molécula polisacárida formada por la repetición de unidades alternativas de acetilglucosamina y ácido acetilmurámico, que forma capas adyacentes que se unen a través de puentes peptídicos.

**QUIMILITOTROFO:** un organismo que utiliza compuestos inorgánicos como fuente de energía (donador de electrones)

**QUIMIORGANOTROFO:** un organismo que utiliza compuestos orgánicos como fuente de energía.

**TROPOSFERA:** primera capa de la atmósfera, en la cual ocurren todos los procesos atmosféricos responsables del clima.

**UNIDADES FORMADORAS DE COLONIA (UFC):** crecimiento de un microorganismo, sobre un medio de cultivo que se puede visualizar macroscópicamente.

**UNIDADES FORMADORAS DE COLONIA POR METRO CUBICO. (UFC/m<sup>3</sup>):** Parámetro para expresar la contaminación biológica. Resultado de relacionar las UFC con el caudal de succión del equipo muestreador microbiológico del aire.

**VIABILIDAD DE APARICIÓN:** Se establece como la posibilidad de que un microorganismo se cultive en el laboratorio, después de que se ha muestreado. La inactivación causada por factores externos afecta la viabilidad de aparición.

## RESUMEN

La Universidad de la Salle está desarrollando una investigación enfocada en la evaluación de los riesgos en la salud causados por aerosoles en la localidad de Puente Aranda, Bogotá D.C., la cual consta de tres fases y cinco proyectos diferentes que abarcan: Metales Pesados, Partículas, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, Epidemiología y Microbiología.

En la segunda fase de la parte microbiológica la finalidad del estudio fue identificar las familias y especies de microorganismos encontrados en los sitios de muestreo, la concentración de los mismos, y por medio de herramientas estadísticas establecer las relaciones entre la concentración de microorganismos, algunas condiciones atmosféricas, material particulado y gases de combustión.

**PALABRAS CLAVE:** BIOAEROSOL    CONDICIONES    ATMOSFÉRICAS  
PATÓGENO

## ABSTRACT

La Salle University is developing a research focusing in the evaluation of the health risk causing by aerosols in Puente Aranda Bogotá D.C. The research is conformed of three phases and five different projects (Heavy metals, Particles, HAP'S, Epidemiology and Microbiology).

In the second phase of the microbiological research the main purpose was identify the microorganisms families and species found in the sampling points, their concentration, and with statistical tools determine the relation of the microorganisms concentration with some atmospherically conditions, Particulate Material and combustion gases.

KEY WORDS: BIOAEROSOL ATMOSPHERICALLY CONDITIONS PATHOGEN

## OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### OBJETIVO GENERAL

Evaluar la presencia de los microorganismos patógenos existentes en el aire ambiente y sus relaciones con condiciones atmosféricas, en un sector de alta actividad industrial y flujo vehicular de la localidad de Puente Aranda durante el período de 30 octubre a 25 de noviembre 2005.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de microorganismos en el aire ambiente, presentes en la zona de estudio.
- Verificar la existencia de *Haemophilus influenzae*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*. No se excluye la identificación de otros patógenos en la zona de estudio.
- Establecer la influencia de los parámetros meteorológicos como temperatura, precipitación, dirección y velocidad del viento, en la concentración de los microorganismos encontrados. (Estación meteorológica MERCK).
- Determinar la relación existente, entre el transporte de microorganismos encontrados y el material particulado en la zona de estudio.
- Establecer la relación existente entre la concentración de los microorganismos encontrados y la concentración de los gases medidos en la zona de estudio.
- Determinar el género y la especie de los microorganismos presentes en el aire, en una zona criterio caracterizada por ausencia de alta y actividad industrial flujo vehicular.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire en áreas urbanas y metrópolis, es causa de enfermedades respiratorias en la población más vulnerable. Es común que se usen como indicadores de contaminación, contaminantes criterio como: material particulado ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ )<sup>1</sup>, pero los verdaderos responsables de las enfermedades e infecciones son los microorganismos asociados a él, que son conocidos con el nombre de bioaerosoles.

El aire no puede considerarse como un simple medio de dispersión y transporte, ya que cada vez los microorganismos tienen condiciones más favorables para su proliferación en este medio y desarrollan adaptaciones que favorecen su supervivencia y propagación a través de los movimientos del aire. La troposfera puede proporcionar un hábitat temporal para los microorganismos<sup>2</sup>, teniendo en cuenta que la humedad suministra el agua que necesitan, además la intensidad lumínica y la concentración de dióxido de carbono es suficiente para el crecimiento de organismos fotoautótrofos, y los núcleos de condensación (material particulado) proporcionan algunos nutrientes minerales para el crecimiento de organismos heterótrofos.

La investigación realizada en el sector industrial de Puente Aranda<sup>3</sup> Bogotá D.C. se justifica debido a que hay pocos estudios de campo, que describan el comportamiento y características de los bioaerosoles. El propósito principal es identificar los factores ambientales y de contaminación que se interrelacionan con la presencia de microorganismos en el aire. El procedimiento llevado a cabo incluyó muestreos en campo, análisis de laboratorio y recolección de datos de estaciones automáticas. Se demostró que no sólo están presentes en el aire las bacterias responsables de las enfermedades respiratorias, sino que hay un número importante de patógenos oportunistas, que pueden causar infecciones en los ojos, piel, vías urinarias, articulaciones y meninges; cuando el organismo está inmunosuprimido y permite su desarrollo.

---

<sup>1</sup>ROJAS, N. Generalidades sobre material particulado y su caracterización. *Una introducción a la problemática de la contaminación del aire*. (2005). Vol 1. pag 1 – p 5

<sup>2</sup> ATLAS, R, Bartha R . Ecología microbiana y ambiental. Capella I. Pearson, Espana. (2002).. p. 330 - 332.

<sup>3</sup> REY Y FULA. Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos patógenos en los bioaerosoles, en una zona de alta actividad industrial y flujo vehicular de la localidad de Puente Aranda en Bogotá D.C. Universidad de La Salle. 2005.

## 1. MARCO DE REFERENCIA

### 1.1. ANTECEDENTES.

El estudio de los microorganismos en el aire está en desarrollo y es un campo que necesita más exploración. Los primeros estudios se enfocaban en el transporte de bacterias en el aire; después se han identificado las condiciones climáticas que los afectan, ahora se pretende establecer cómo los indicadores de contaminación favorecen la proliferación y supervivencia de bioaerosoles. Es necesario su conocimiento puesto que son los verdaderos responsables de las enfermedades (IRA). En el futuro probablemente se desarrolle modelos de viabilidad y dispersión.

El muestreo de bacterias en el aire se ha ido perfeccionando desde el diseño desarrollado por Andersen (1958)<sup>4</sup>. Una bomba succiona un volumen calibrado de aire que pasa a través de una membrana con un tamaño de poro 0.5 µm. Al mejorar las técnicas de recuento de viables, Gregory (1973)<sup>5</sup> reporta los ensayos realizados para el recuento de géneros y/o tipos microbianos individuales en la atmósfera. Así mismo establece en sus estudios que el hongo más frecuente es el *Cladosporium*. La investigación avanza y aporta nuevo conocimiento, esporas y células microbianas vegetativas se ven beneficiados por mecanismos de esporulación, activados por la luz, humedad y temperatura, se valen de ésta capacidad para aerotransportarse y asegurar su supervivencia, esas son las conclusiones del trabajo de Stetzenbch et al. (1992)<sup>6</sup>. Mathews y Sistrem (1959)<sup>7</sup> determinan que largas exposiciones a la radiación ultravioleta es causa de pérdida de viabilidad de algunos microorganismos, es posible que sean protegidos por material particulado. Además establecieron que la luz solar es letal para cepas no pigmentadas de *Mycrococcus luteus*, pero no para cepas con pigmentación amarilla.

La contaminación atmosférica es causa de muchas enfermedades respiratorias y posiblemente haya varios factores relacionados además de los microorganismos. Existe evidencia experimental con animales; dos grupos de ratones criados en

---

<sup>4</sup> ANDERSEN.A, New sampler for the collection, sizing, and enumeration of viable airborne particles. Journal of Bacteriology. 1958. 76: p 471-484

<sup>5</sup> GREGORY, P.H. The Microbiology of the atmosphere. Nueva York: Wiley. 1973.

<sup>6</sup> STETZENBACH,L.D., LIGHTHART, R.J. factors influencing the dispersal and survival of aerolized microorganisms. 1992

<sup>7</sup> MATHEWS, M.M. y SISTROM, W.R. Function of carotenoid pigments in non-photosynthetic bacteria. Nature. Londres 1959. 184 : p 1892-1893

condiciones similares pero a uno se expuso a diferentes niveles de ozono durante 3 días. Después los dos grupos se sometieron a un aerosol que contenía *Streptococcus* grupo C. En el grupo que había estado expuesto al ozono, murieron por infección pulmonar el 80 % de los individuos; mientras el otro no reportó un porcentaje de infectados significativo.<sup>8</sup>

En la mayoría de los grandes centros urbanos e industriales, se han realizado estudios que relacionan el material particulado y sus efectos nocivos en la salud; tales como, México<sup>9</sup>, Chile<sup>10</sup>, Los Angeles, La Habana<sup>11</sup> y Berlín<sup>12</sup>. En todos es constante que el aumento de un porcentaje de consultas por enfermedades respiratorias, es proporcional a un porcentaje en el incremento del material particulado.

El material particulado se ha asociado a enfermedades respiratorias causadas por diversos patógenos. En la Universidad Javeriana (1999) se realizó una investigación de enfermedades respiratorias en niños menores de 14 años, habitantes de los sectores Venecia y Engativá (Bogotá); el estudio reveló la relación de la fluctuación de la concentración de contaminantes atmosféricos y la presencia de síntomas y enfermedades respiratorias. Se observó un incremento de 20µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub> en el promedio de 24 horas y a la vez un incremento de 4.97% en las consultas por asma, con un retraso de cinco días.

Las enfermedades son causadas por los microorganismos patógenos, por eso el estudio de su comportamiento y características como bioaerosoles es de vital importancia. Blanco (2003)<sup>13</sup> realiza la primera caracterización de microorganismos en la localidad de Puente Aranda Bogotá. El estudio de carácter cualitativo, reveló la presencia de diversos microorganismos tales como, *Serratia sp*, *Klebsiella sp*, *Yersinia sp*, *Pseudomonas sp*, *Escherichia coli*, *Shigella sp*, *Corynebacterium sp*, *Candida sp* y *Rhodoturula sp*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium sp*, *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*, sin identificar *Haemophilus influenzae* y

---

<sup>8</sup> COFFIN.D.L. y BLOMMER, D.E. Effects of air pollution in alteration of susceptibility to pulmonary infection. Third annual conference on atmospheric contamination. Aerospace Medical Research Laboratory. Wright patterson A.F BASE, Dayton O.H. 1968 p 71-81.

<sup>9</sup> HERNÁNDEZ, TÉLLEZ, SANÍN, LACASAÑA, CAMPOS y ROMIEU. Relación entre consultas a urgencias por enfermedad respiratoria y contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua. Salud pública de México / vol.42, no.4, julio-agosto de 2000. p. 288, 292-296.

<sup>10</sup> BARRIOS, S., PEÑA, F. y OSSES S. Efectos de la contaminación atmosférica por material particulado en las enfermedades respiratorias agudas en menores de 5 años. CIENCIA Y ENFERMERIA X(2):21-29,2004. Chile

<sup>11</sup> ROMERO PLACERES, M. Air pollution, bronchial asthma, and acute respirator and infections in children less years of age, Habana City. Salud pública (2004). p. 222-233.

<sup>12</sup> ENGLERT,Norbert. Fine particles and human health—a review of epidemiological studies. *Umweltbundesamt .Germany*. 2004

<sup>13</sup> Blanco, Luis Camilo. Caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo sobre la salud en la localidad de Puente Aranda. Universidad De La Salle, 2003.

*Streptococcus pneumoniae* que son los causantes más importantes de Infecciones Respiratorias Agudas.

En la Universidad de La Salle, se adelanta una investigación macro en la localidad de Puente Aranda. Los objetivos consisten en determinar el riesgo a la salud por aerosoles. Uno de los trabajos se encuentra dedicado a estudiar los Bioaerosoles. La primera fase a cargo de Rey y Fula (2005)<sup>14</sup>, establece correlaciones y relaciones entre material particulado PM<sub>10</sub>, condiciones atmosféricas y UFC (Unidades Formadoras de Colonia). La precipitación y la velocidad del viento no tienen una relación significativa con el número de UFC, la temperatura y UFC tienen una relación inversa. Se identificaron 50 especies bacterianas, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*, aunque su frecuencia fue baja, la población es susceptible a la exposición, existe riesgo potencial de generación de infecciones respiratorias. Se encontró que la familia Bacillaceae con las especies *Bacillus subtilis* y *Bacillus cereus*, es la de mayor frecuencia.

La primera fase del proyecto de investigación en aerosoles, se realizó en los meses de junio - julio de 2005, la segunda fase es éste trabajo, que comprende desde el 30 Octubre al 25 de Noviembre de 2005.

## 1.2. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

El desarrollo natural de las comunidades humanas, se basa en el agrupamiento y coordinación de diferentes actividades de prestación mutua de productos y servicios. Grandes y pequeños centros urbanos, son el resultado de la organización social. El amplio avance en ciencia y tecnología permite mejorar el nivel de vida, que se traduce en un incremento de la manufactura, vehículos, industria alimenticia, de construcción, etc; pero este desarrollo conlleva consecuencias que hasta hace poco eran desapercibidas o poco importantes como la contaminación de aguas, suelos y la atmósfera que se ven afectados por descargas continuas de elementos tóxicos, peligrosos, cancerígenos, y microorganismos patógenos.

La contaminación del aire, se evalúa bajo parámetros convencionales identificados como contaminantes criterio: partículas, gases, metales y contaminantes secundarios formados en el aire, una vez son emitidos a la atmósfera. Ahora se hace necesario evaluar y dar importancia a los verdaderos causantes de las enfermedades infecciosas, los microorganismos, cómo y por qué están allí, qué relación tienen con los factores climáticos y de contaminación.

---

<sup>14</sup> Op, cit. Rey y Fula 2005.



1.2.1. Material Particulado. En general, partícula es toda sustancia<sup>15</sup> en estado sólido o líquido adherida a vapor de agua, de tamaño mayor que el de las moléculas, pero menor que 500  $\mu\text{m}$ . La terminología empleada para referirse a partículas atmosféricas, es amplia dentro de la cual encontramos términos como: aerosol, polvo, bruma, niebla, etc; los cuales difieren en tamaño, composición y características químicas.

El material particulado está compuesto de partículas sólidas y líquidas, suspendidas y dispersas en el aire, clasificadas de acuerdo a su diámetro aerodinámico en: finas y gruesas<sup>16</sup>. Las partículas finas son las de diámetro aerodinámico menor o igual a 2,5  $\mu\text{m}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ , las partículas gruesas están constituidas por aquellas cuyo diámetro aerodinámico es menor a 10 micras,  $\text{PM}_{10}$ . El material particulado mayor a 10 micras, se clasifica como partículas totales en suspensión (TSP).

En el rango de partículas finas se encuentran los aerosoles primarios del carbón, y aerosoles secundarios, resultado de transformaciones químicas seguidas por procesos de condensación. Las partículas gruesas ( $\text{PM}_{10}$ ) resultan principalmente de procesos mecánicos, como la resuspensión, abrasión o fricción, son predominantemente de origen natural o geológico. Cabe resaltar que en la superficie de estas partículas, puede adherirse otro tipo de compuestos e incluso microorganismos.

1.2.2. Material Particulado y Efectos en la Salud. El material particulado se relaciona con problemas de salud, en la población expuesta a niveles típicos de los grandes centros urbanos. Diferentes estudios realizados se han encargado de relacionar el material particulado, con enfermedades de tipo respiratorio, los resultados muestran que las dos variables se relacionan directamente, en la Figura 2 se puede observar su comportamiento.

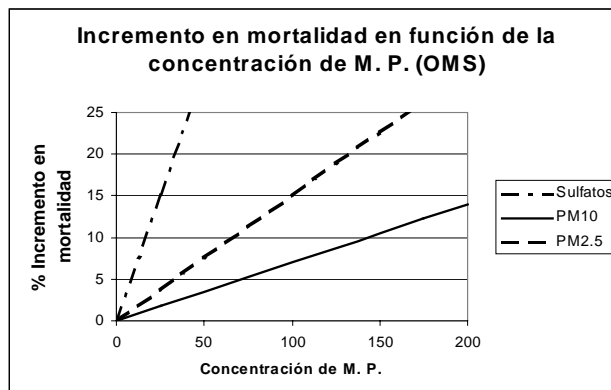
Figura 1. Vista a Puente Aranda Bogota.



<sup>15</sup> ASINSA, P. Contaminación de aire por material particulado. Zonas urbanas y complejos industriales. 1993

<sup>16</sup> SBARATO, Viviana. Análisis y Caracterización del Material Particulado Atmosférico Ciudad de Córdoba, Argentina. Universidad de Córdoba. 1999.

Figura 2. Incremento de la mortalidad en función de la concentración de material particulado.



Fuente: Organización mundial de la Salud 2000.

Estas relaciones están dadas por los indicadores de salud pública<sup>17</sup>, de los cuales el más utilizado para desarrollar estándares de calidad del aire, es la mortalidad diaria, cuya correlación indica que existe un incremento de un 1%, en la mortalidad diaria por cada 10 µg/m<sup>3</sup> de PM en el aire.

Los efectos sobre la salud se pueden dar a corto o largo plazo, mostrando una correlación que es más directa y notoria en la exposición al contaminante, durante períodos más prolongados y tamaños de partícula menores como es el caso de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>0.1</sub> que son los que realmente afectan gravemente el sistema respiratorio.

La principal vía de transporte del material particulado al organismo humano es el aire, la fracción de material particulado inhalable (PM<sub>10</sub> a PM<sub>0.1</sub>) es la única capaz de entrar al sistema respiratorio; el cual está dotado de mecanismos de defensa que impiden la entrada de la fracción gruesa al aparato respiratorio superior (epiglotis, laringe, cavidad nasal y faringe), sin embargo las de menor diámetro mencionadas anteriormente, alcanzan los pulmones y se adhieren a los alvéolos.<sup>18</sup>

Los microorganismos están dentro del rango de diámetro de las partículas de la fracción inhalable; situación que lleva a pensar que éstas partículas pueden ser un vehículo de transporte hacia el sistema respiratorio. Durante el recorrido que hacen para llegar a su destino final, las partículas chocan con el revestimiento de las paredes de la tráquea y bronquios<sup>19</sup>, aumentando el contacto con estos órganos; de esta manera se facilita que los microorganismos adheridos a las partículas, (bioaerosoles) puedan asentarse y generar infecciones que

<sup>17</sup> ROJAS, Néstor Material Particulado atmosférico. Introducción a la problemática de la contaminación del aire por material particulado.. Ediciones Uniandes 2005.

<sup>18</sup> MADIGAN, MARTINKO y PARKER. Biología de los microorganismos. 8 Ed. Southern Illinois University. 1999 p 930.

<sup>19</sup>Ibíd. p 931.

concluyen en enfermedades como difteria, influenza, afecciones respiratorias agudas y algunas causadas por virus como el sarampión.

1.2.3. Aerosoles. Los aerosoles atmosféricos son partículas sólidas o líquidas del aire, que reflejan el calor desde la tierra y hacia el espacio. Se encuentran en brumas de contaminación del aire, en plumas de humo de incendios forestales y en las erupciones volcánicas. Estos afectan el clima con el llamado forzamiento climático, que aparece cuando un factor externo impone un cambio en el balance calórico del planeta. Los aerosoles ejercen forzamientos positivos y negativos con efecto neto negativo. Forzante positivo se entiende cuando agrega calor y calienta el clima, el forzante negativo quita calor y tiende a enfriarlo. También los aerosoles modifican las propiedades de las nubes y hace que reflejen más calor.

En la atmósfera los aerosoles tienen efectos muy importantes para el ambiente. Representan un peligro para la población que los respira. Como se mencionó antes, absorben radiación y además sirven como núcleos de condensación para formar nubes. Aparte de esto son superficies de contacto con gases para llevar a cabo transformaciones químicas. Por último y más grave aún, son vehículos que transportan microorganismos o células de microorganismos encapsulados, mezclados con material particulado biológico conocido como bioaerosoles.

Los aerosoles de origen antrópico se forman por condensación de gases y la interacción del viento en superficie. Los aerosoles finos (menores a  $1\ \mu\text{m}$ ) se originan exclusivamente por condensación de gases precursores. Por ejemplo gases de ácido sulfúrico, producto de oxidación de dióxido de azufre, emitido por combustión de material fósil, así mismo ocurre con el ácido nítrico formado a partir de óxidos de nitrógeno. Otras fuentes pueden ser los hidrocarburos no quemados.

La acción mecánica del viento, puede generar o resuspender en el aire partículas de  $1-10\ \mu\text{m}$ . Partículas más finas de  $1\ \mu\text{m}$  son difícilmente generadas por acción mecánica del viento, ya que no tienen una gran relación área/volumen y su tensión superficial por unidad de volumen de aerosol es alta.<sup>20</sup> Las partículas mayores a  $10\ \mu\text{m}$  tienen períodos de vida cortos ya que sedimentan fácilmente.

El proceso de formación es el siguiente; Las moléculas de gas emitidas, por lo general son del orden de  $10^{-4}$  a  $10^{-3}\ \mu\text{m}$  de diámetro. Los racimos de las moléculas se denominan nucleación y producen los aerosoles ultrafinos en un rango de  $10^{-3}$  a  $10^{-2}\ \mu\text{m}$  de tamaño. Los aerosoles ultrafinos crecen rápidamente a rangos que oscilan entre  $0.01-1\ \mu\text{m}$  formando aerosoles finos,

---

<sup>20</sup> JACOB, Daniel. Introduction to atmospheric Chemistry. UK: Princeton University Press. 1999.p.147

por un fenómeno llamado coagulación. El crecimiento mayor a 1  $\mu\text{m}$  es más lento y se da por condensación.

### 1.3. BIOAEROSOLES.

1.3.1. Generalidades. Los bioaerosoles se pueden definir como partículas transportadas por el aire<sup>21</sup>, constituidos por partículas finas, moléculas de tamaño grande, compuestos orgánicos volátiles que están vivos o que proceden de un organismo vivo. En los bioaerosoles se pueden encontrar los microorganismos (cultivables, contables y muertos), fragmentos, toxinas y partículas producto de residuos de todo tipo, cuyo origen es la materia viva.

La supervivencia y dispersión de los bioaerosoles en el aire, depende de las condiciones del entorno al cual estén expuestos, ya que factores como la temperatura, el movimiento del aire, la luz y la cantidad de sustrato que encuentren para alimentarse en el medio, van a determinar la cantidad de microorganismos presentes.

Cada microorganismo se comporta de manera diferente, frente a los factores mencionados anteriormente, a manera de ejemplo las temperaturas bajas inhiben el crecimiento de muchos; no obstante otros pueden reproducirse sin ningún problema, situación que muestra el grado de complejidad que representa, conocer exactamente el comportamiento de ellos, en un ambiente tan agreste como el aire.

El alimento de estos microorganismos es muy variado, diferentes sustratos pueden suplir sus necesidades. De manera general los compuestos esenciales para su desarrollo son agua y materia orgánica; en otras palabras cualquier compuesto que tenga estas características es una zona colonizable para ellos.

1.3.2. Composición. Los bioaerosoles son estructuras complejas en cuanto a la naturaleza de sus componentes<sup>22</sup>, pueden estar constituidos por bacterias, hongos, protozoos, virus, y compuestos químicos, como consecuencia de su desarrollo o actividad.

---

<sup>21</sup> NTP 409. Contaminantes biológicos: criterios de valoración. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España.

<sup>22</sup> *Ibíd.*

Tabla1. Composición de bioaerosoles.

Organismo	Unidad transportada	Ejemplos de organismos	Efectos humanos primarios	Tipos de vida
<b>Bacteria</b>	Organismos Esporas productos	<i>Legionella</i> <i>Termoactinomyces</i> Endotoxinas Proteasas	Neumonía Neumonía Fiebre, escalofríos asma	Parásitos facultativos Saprotitos
<b>Hongos</b>	Organismos Esporas  Antígenos Toxinas Volátiles	<i>Sporobolomyces</i> Alternaria Histoplasma Glicoproteínas Aflatoxinas Aldehídos	Neumonía Asma (Rinitis) Infección sistémica Asma (Rinitis) Cáncer Irritación membrana mucosa.	Saprotitos Saprotitos Facultativos
<b>Protozoos</b>	Organismos Antígenos	<i>Naoglersis</i> <i>Acarinhamaebs</i>	Infección Neumonía	Parásito facultativo
<b>Virus</b>	Organismos	Gripe	Infección respiratoria	Parásito obligado
<b>Algas</b>	Organismos	<i>Chlorococcus</i>	Asma, rinitis	Autótrofos
<b>Plantas verdes</b>	Polen	<i>Ambrosia sp.</i>	Asma, rinitis	Autótrofos
<b>Artrópodos</b>	Heces	Dermatophagoides	Asma, rinitis	Fagótrofos
<b>Mamíferos</b>	Escamas de piel, saliva.	Caballos Gatos	Asma, rinitis Asma, rinitis	Fagótrofos Fagótrofos

Fuente: NTP 288. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. España.

1.3.3. Aerosolización. El proceso de formación de un aerosol requiere de tres condiciones<sup>23</sup>:

- Reservorio: que es el lugar donde naturalmente se encuentra un organismo, y el cual depende de las características del mismo.
- Amplificación: que consiste en el aumento en número o en concentración de los organismos.
- Diseminación: es el proceso de dispersión de las partículas constitutivas del bioaerosol. Se relaciona estrechamente con la amplificación, ya que si ésta no

<sup>23</sup> NTP 288. Síndrome del edificio enfermo: enfermedades relacionadas y papel de los bioaerosoles. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. España.

fuera representativa no tendría ningún efecto en la diseminación, porque la cantidad de material dispersado sería insignificante.

1.3.4. Contaminación Biológica. “El aire no es un hábitat bacteriano, las bacterias existen en el aire como contaminantes accidentales”<sup>24</sup>. Aunque la afirmación anterior en la actualidad esta siendo replanteada, no se discute el hecho de que muchas bacterias patógenas, son transportadas a través del aire, sobre partículas de polvo y gotas secas de saliva.

- Tipos de Partículas infecciosas. Los microorganismos patógenos del aire están asociados a dos tipos de partículas: *núcleos de pequeñas gotas*, que son residuos de gotas evaporadas de la exhalación y otras más frecuentes son las *partículas de polvo*. Estos dos tipos de partículas son diferentes en cuanto a su origen, manera de depositarse, importancia en las enfermedades y a los métodos con los que deben ser valoradas y controladas.

Tabla 2. Características de las partículas infecciosas.

ITEM	Núcleos de pequeñas gotas	Partículas de polvo
<b>Fuente de partículas en el aire</b>	Evaporación de las gotas expelidas por el aparato respiratorio en los estornudos, tos y conversación	Movimientos que causan el esparcimiento de las partículas de la piel y ropas; turbulencia suficiente del aire para redistribuir el polvo sedimentado
<b>Dinámica de sedimentación</b>	Se mantienen indefinidamente suspendidas, como resultado de la escasa turbulencia del aire (velocidad de sedimentación 12 mm/min)	Caen rápidamente al suelo (promedio de velocidad, 46 cm/min). Se resuspenden con la turbulencia del aire
<b>Órganos por partículas</b>	Menos de uno	Generalmente más de 10 UFC
<b>Acceso a los tejidos susceptibles</b>	Se depositan en los pulmones; responsables de la mayoría de las infecciones pulmonares	Se depositan en las superficies externas y en las vías respiratorias altas
<b>Características epidemiológicas</b>	Epidemia propagada (enfermedad transmitida de persona a persona)	Epidemias asociadas con lugares específicos como reservorios de infección.
<b>Medidas de control</b>	Ventilación; irradiación ultravioleta del aire; evaporación de glicoles	Evitar acumulación de material infectante, prevenir dispersión

Fuente: Adaptado JAWETZ, Ernest. Manual de Microbiología Médica. 1972. p. 105.

24 JAWETZ, Ernest. Manual de Microbiología Médica. México: Manual Moderno, 1972. p.104

#### 1.4. GASES GENERADOS COMO SUBPRODUCTOS INDUSTRIALES.

Los procesos industriales generalmente emiten diversos gases a la atmósfera local, son transportados por el viento a otros lugares y además se transforman en otros contaminantes secundarios, por las reacciones que sufren por interacción con la humedad, radiación solar y otros gases. Los que más se monitorean y vigilan son óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ), óxidos de nitrógeno, ( $\text{NO}_x$ ) Ozono, ( $\text{O}_3$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ). Las fuentes antrópicas más representativas de estos gases son los proyectos, obras o actividades que utilizan combustibles fósiles, éstos al ser quemados emiten en proporciones diferentes los gases antes mencionados.

La relación partícula - microorganismo es evidente, ya que son aerosoles que oscilan de 0.8 a 1.0  $\mu\text{m}$ . La influencia de algunas condiciones climáticas sobre los microorganismos se ha determinado parcialmente en laboratorio y se sabe cuales los inactivan y qué beneficia su viabilidad. La atmósfera además contiene cantidades importantes de gases de combustión, en especial si es un área urbana con un alto flujo vehicular y zonas industriales. La interacción de estos gases y los microorganismos presentes en la atmósfera, puede comprenderse mediante estudios aislados que sirven para entender la dinámica e interacción microorganismos-gases. La influencia de iones en el aire, fluctuaciones de presión, así como las concentraciones de  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_x$  tienen efectos en los coeficientes de inactivación.<sup>25</sup> Los efectos nocivos de los gases contaminantes, están fuertemente influenciados por la HR (humedad relativa). Algunos microorganismos muestran una pérdida significativa de viabilidad ante altas humedades relativas, mientras que otros muestran un efecto contrario.<sup>26</sup> Los óxidos de nitrógeno y de azufre en presencia de humedad forman ácidos, lo cual inactiva los microorganismos presentes en los aerosoles.

1.4.1. Concentración de oxígeno. Esta tiene un efecto importante sobre la estabilidad del aerosol e ineffectividad de algunas bacterias.<sup>27</sup> Una causa de inactivación se atribuye a los radicales libres de oxígeno, investigaciones<sup>28</sup> han observado relaciones de toxicidad entre la concentración de oxígeno y la viabilidad de microorganismos. Israeli,<sup>29</sup> notó que la susceptibilidad al oxígeno incrementa con la deshidratación, el aumento en la tensión de

---

<sup>25</sup> PHILLIPS, G.J. HARRIS, and M.W Jones. The effect of ion on microorganisms. Int. J. Biometeorol. 1963. 8: p 27-37

<sup>26</sup> JEFF, Alan. Fate and Transport of Microorganisms in Air. Manual of environmental microbiology. USA: ASM press. Second Edition. p. 828

<sup>27</sup> COX, C.S,S.J.Gangen, and Baxter. A mathematical expression for oxygen-induced death in dehydrated bacteria.. 1973. J. Gen. Microbiol. 75 : p 179-185

<sup>28</sup> COX, C.S.and F. Baldwin. The toxic effect of oxygen upon the aerosol survival *Escherichia coli*. 1967 J. Gen Microbiol. 49: p 115 - 117

<sup>29</sup> Israeli, E., J. Gitelman, and B. Lighthart. Death mechanisms in bioaerosols. p 166- 191

oxígeno y el tiempo de exposición. El oxígeno afecta a las bacterias susceptibles, deteriorando los fosfolípidos y proteínas.

1.4.2. Compuestos de azufre en la atmósfera. Las diferentes formas de azufre que se encuentran en el aire son  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y sales de ácido sulfúrico.<sup>30</sup> El dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) es el gas contaminante más común, no es explosivo, no inflamable, es incoloro y se siente cierta irritación en el sentido del gusto, cuando su concentración en el aire está entre de 0.3 a 1.0 ppm. Se encuentra en cualquier lugar en que haya desarrollo industrial. Como son fuertes irritantes, en concentraciones elevadas, pueden causar daño a la salud. Estos gases forman partículas secundarias en la atmósfera, con lo que contribuyen al problema de  $\text{PM}_{10}$  y al deterioro de la visibilidad.<sup>31</sup> Aumenta la tasa de corrosión de los metales de 1 a 5 veces, en las áreas urbanas comparando con las rurales. Los combustibles usados por las actividades industriales (Combustóleo, carbón mineral, gas natural, turba, madera y otros materiales orgánicos), contienen azufre. La madera contiene 0.1 % de azufre y los carbones minerales de 0.5 a 3 %; al quemar los combustibles se forma el  $\text{SO}_2$ . En condiciones atmosféricas diferentes puede ser reductor u oxidante, por medio de reacciones fotoquímicas o catalíticas. Los aerosoles de centros urbanos contienen alrededor del 5 a 20 % de compuestos azufrados, tales como ácido sulfúrico y sulfatos<sup>32</sup>. Hay formación de aerosoles cuando, se presentan radiación de luz solar y hay  $\text{NO}_2$  y  $\text{SO}_2$ . Los sulfatos tienen tamaños típicos de  $2\mu\text{m}$  y oscilan entre 0.2 – 0.9  $\mu\text{m}$ . Después de su emisión, los gases de  $\text{SO}_2$  tienen un tiempo calculado de residencia atmosférica de 4 días. Se elimina por medio de oxidación a sulfatos, después de la absorción por los aerosoles líquidos y sólidos.<sup>33</sup>

Las reacciones que puede sufrir el azufre elemental  $\text{S}^0$  son la reducción y la oxidación. En el primer caso, el azufre se reduce a Sulfuro de hidrógeno  $\text{H}_2\text{S}$ , normalmente se requiere, hidrógeno y un catalizador, muchas veces ocurre en procesos biológicos. Cuando ocurre lo contrario, el azufre elemental se oxida en una primera etapa y forma  $\text{SO}_2$ , típico en procesos de combustión. En la oxidación de segunda etapa el  $\text{SO}_2$  se transforma en  $\text{SO}_3$ , que es un proceso lento en la atmósfera. Cuando el  $\text{SO}_3$  reacciona con el agua, condiciones de humedad relativa alta, se forma ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , el cual, a continuación reacciona con el  $\text{NH}_4^+$  u otros cationes disponibles en los aerosoles. El producto de ésta última reacción son partículas o precipitados compuestos de sulfatos, que contribuyen a la formación de  $\text{PM}_{10}$ . Las reacciones anteriores pueden ser teóricamente ejecutadas por microorganismos.

---

<sup>30</sup> SEINFELD. p.60

<sup>31</sup> DE NEVERS, Noel. Ingeniería de control de contaminación del aire. México: Mc Graw Hill, 1997. p.355.

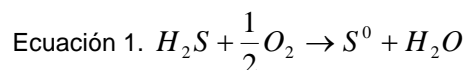
<sup>32</sup> WARK, Kenneth. Contaminación del aire: origen y control. Mexico: Editorial Limusa, 2002. p.46.

<sup>33</sup> E. Robinson y R.C. Robins, Sources, Abundance, and fate of gaseous atmospheric pollutants. Stanford Research Institute. Supplemental report. 1969

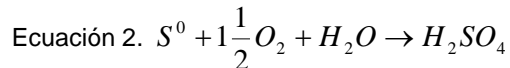


Los organismos vivos tienen compuestos de azufre en el grupo sulfhidrilo (-SH), componente de aminoácidos y sus polímeros. Plantas, algas y muchos microorganismos heterótrofos asimilan el azufre en forma de sulfato y azufre elemental, que actúan como aceptores de electrones, mientras que los sustratos orgánicos son oxidados. El dióxido de azufre es tóxico para los microorganismos y se utiliza como agente desinfectante. Algunas bacterias fotoautótrofas emplean sulfuro de hidrógeno como donador de electrones.<sup>34</sup>

1.4.3. Transformaciones oxidativas del azufre por agentes microbianos. En presencia de oxígeno, los compuestos reducidos de azufre pueden formar parte del metabolismo quimiolitótrofo microbiano. *Beggiatoa*, *thioploca*, *thiothrix* y el termófilo *thermothrix* son bacterias filamentosas microaerófilas con capacidad de oxidar H<sub>2</sub>S.

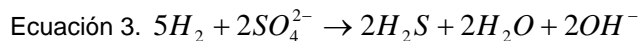


El azufre se va acumulando en forma de glóbulos en el interior de la célula, a su vez se van oxidando lentamente a sulfato. Miembros del género *thiobacillus* son quimiolitótrofos facultativos, éstos producen sulfatos mediante la oxidación de azufre elemental y otros compuestos inorgánicos de azufre.



Las bacterias que toleran pH de 2 a 3 son acidófilas, obtienen su energía únicamente de la oxidación de azufre inorgánico y el carbono de la reducción del CO<sub>2</sub>. Estas especies son aerobias, necesitan oxígeno para la oxidación de los compuestos inorgánicos de azufre. Estas condiciones son posibles en una atmósfera contaminada con compuestos de azufre, alta humedad y el CO<sub>2</sub> siempre presente en el aire. Típico de zonas urbanas, con grandes niveles de contaminación.

1.4.4. Transformaciones reductoras de azufre por agentes microbianos. Algunos microorganismos anaerobios quimiolitótrofos reducen S<sup>0</sup> a H<sub>2</sub>S (*Desulfuromonas*), mientras otros como *Desulfovibrio*, *Desulfomena* y *desulfosarcina* reducen sulfatos para producir sulfuro de hidrógeno así:



Además de los anteriores se han encontrado algunas especies de *Bacillus*, *Pseudomonas* y de *Saccharomyces* que liberan sulfuro de hidrógeno a partir de sulfato, necesitan CO<sub>2</sub> y fuentes de carbono orgánico.<sup>35</sup>

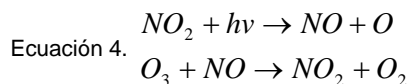
<sup>34</sup> Op.cit. ATLAS, p.320.

<sup>35</sup> Ibíd p.430.

1.4.5. Compuestos de Nitrógeno en la atmósfera. Los principales compuestos del nitrógeno en la atmósfera son  $N_2O$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $NH_3$  y las sales de  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$  y  $NH_4^+$ <sup>36</sup>. El Óxido Nitroso ( $N_2O$ ), es un gas incoloro emitido en casi su totalidad por fuentes naturales, principalmente por actividad bacteriana del suelo. El óxido nítrico ( $NO$ ), es emitido por fuentes naturales y antropogénicas. La combustión de carburantes a altas temperaturas es la principal fuente artificial de  $NO$ . El dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) es emitido en cantidades variables junto con  $NO$  y se origina también por oxidación de  $NO$  en la atmósfera. El amoníaco ( $NH_3$ ), es emitido principalmente por fuentes naturales y artificialmente se genera en rellenos sanitarios, puede llegar a ser peligroso, cuando sus concentraciones se elevan considerablemente. Las sales amoniacas y nitratos no son emitidos en cantidades significativas, pero se producen por reacciones de  $NO$ ,  $NO_2$  y  $NH_3$ .

La combustión de carbón, petróleo y gasolina representa la mayoría de las fuentes artificiales, además en menor medida se emiten cuando se usa como combustible el gas natural, incineración de residuos e incendios forestales. El dióxido de nitrógeno actúa como irritante fuerte y a iguales concentraciones es más dañino que el  $NO$ . En las concentraciones típicas que se encuentra en la atmósfera, el  $NO_2$  es sólo potencialmente irritante y relacionado con la fibrosis pulmonar crónica<sup>37</sup>. Se ha observado un aumento en la bronquitis de los niños (de 2 a 3 años) a concentración por debajo de 0.01 ppm.<sup>38</sup>

En combinación con hidrocarburos no quemados, los óxidos de nitrógeno reaccionan con la luz solar y forman el smog fotoquímico, dentro de los cuales están los oxidantes fotoquímicos que tienen graves efectos en la salud. El óxido nítrico y dióxido de nitrógeno pueden reaccionar con átomos de oxígeno para ser interconvertidos, o bien para formar  $NO_3$ ,  $N_2O_4$  y  $N_2O_5$ . Después, éstas especies inestables pueden reaccionar con  $H_2O$ ,  $OH$  o  $HO_2$  para dar lugar al ácido nitroso ( $HNO_2$ ) y al ácido nítrico ( $HNO_3$ ). El  $NH_3$  principalmente originado por descomposición biológica, tiene como destino en la atmósfera su absorción en superficies húmedas. Gran parte del  $NO_x$  emitido por combustión es  $NO$ , y cierta cantidad de  $NO_2$  se forma a partir de  $NO$ . En presencia de luz solar ocurren las siguientes reacciones:



Después de éstas reacciones, ocurren otras secundarias de naturaleza térmica, la energía contenida en los reactivos y la producida por la colisión provee la

<sup>36</sup> Op.cit. p.78.

<sup>37</sup> WARK. American Association for the advancement of science and conservation. Washington, D.C. , 1965.

<sup>38</sup> Op.cit. WARK, p.54.

energía de activación necesaria, para que ocurra la reacción. Además el nitrógeno puede tener una serie de oxidaciones hasta convertirse en aerosol, así: El nitrógeno contenido en los combustibles reacciona con el oxígeno atmosférico para formar el óxido nítrico NO, formado con rapidez a grandes temperaturas. Posteriormente, se oxida nuevamente en la atmósfera, para formar NO<sub>2</sub>. Cuando el contenido de humedad es suficiente reacciona con el agua para formar ácido nítrico HNO<sub>3</sub>. El ácido finalmente se convierte en partículas de nitrato, puesto que los cationes atmosféricos como el NH<sub>4</sub><sup>+</sup> reaccionan con los ácidos. Las oxidaciones ocurren por la absorción de los gases en los aerosoles. El tiempo de residencia atmosférico calculado para el sistema NO/NO<sub>2</sub> es de 5 días.<sup>39</sup>

Plantas, animales y la mayoría de los microorganismos, necesitan formás de nitrógeno combinado para incorporarlo a su biomasa celular, es parte esencial de aminoácidos, ácidos nucleicos, los aminoazúcares y sus polímeros.<sup>40</sup>

Solo un grupo reducido de bacterias fijadoras de nitrógeno son capaces de convertir el nitrógeno, gaseoso en formás combinadas de nitrógeno. Los principales nutrientes inorgánicos que contienen nitrógeno son amonio, nitrato y nitrito que son componentes comunes en la composición química de los aerosoles. El nitrógeno es importante para la formación de proteínas; además, algunos microorganismos quimiolitótrofos oxidan amonio a nitrito, para generar energía. Algunos usan nitrito como aceptor final de electrones, en las vías metabólicas respiratorias; se produce desnitrificación y vuelve el nitrógeno gaseoso a la atmósfera.

- Fijación de Nitrógeno. Se ha observado que muchas bacterias aerobias fijadoras de nitrógeno, lo hacen de manera más eficaz cuando la concentración de oxígeno (O<sub>2</sub>) está por debajo de la concentración normal (21%). Algunos de los géneros con capacidad de fijar nitrógeno son: *Chromatium*, *Rhodopseudomonas*, *Rhodospirillum*, *Rhodomicrobium*, *Chlorobium*, *azospirillum*, *Desulfovibrio*, *Desulfotomaculum*, *Klebsiella*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas*, *Vibrio* y *Thiobacillus*.<sup>41</sup> En el aire se han aislado los géneros *Klebsiella*, *Bacillus* y *Pseudomonas*.

La energía para llevar a cabo la fijación de nitrógeno, puede obtenerse a través de la conversión de energía lumínica, que efectúan los organismos fotoautótrofos o la respiración de los heterótrofos.

- Amonificación. La mayoría de animales, plantas y microorganismos pueden realizar amonificación, proceso por el cual se convierte nitrógeno orgánico en

---

<sup>39</sup> Op.cit. E. Robinson y R.C. Robins.

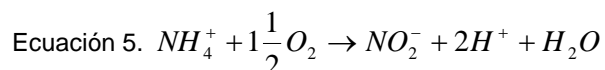
<sup>40</sup> Op.cit Atlas. p.411

<sup>41</sup> STEWART, W.D.P. Nitrogen fixation by photosynthetic microorganisms. Annual reviews of microbiology. 1973. 27: p.283-286

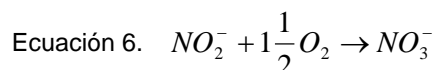
amonio o amoniaco. Estos gases se encuentran en la atmósfera, allí sufren reacciones químicas y fotoquímicas, además los iones de amonio pueden ser asimilados por muchos microorganismos, que los incorporan a sus aminoácidos y a otros compuestos bioquímicas que contienen nitrógeno.

- Nitrificación. El amoniaco puede oxidarse en ambientes óxicos, dando como resultado óxidos de nitrógeno o nitratos; pero el compuesto de amoniaco es muy estable y esto sólo ocurre con oxidantes fuertes o catalizadores. Sin embargo, un grupo especializado de bacterias nitrificantes son catalizadores biológicos que llevan acabo estas reacciones, oxidan el amoniaco a nitrato en un proceso llamado nitrificación.

Primero los iones amonio y el amoniaco se oxidan a iones nitrito.



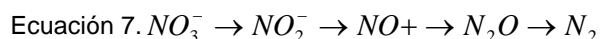
Después los iones de nitrito son transformados a iones nitrato.



Este proceso está limitado a las bacterias autótrofas como *Nitrosomás* y *Nitrobacter*, y en algunos heterótrofos como *Arthrobacter* y *Aspergillus*, éste último es un hongo que se ha aislado también en muestras de aerosoles. Las dos reacciones las llevan a cabo diferentes microorganismos, aunque son dos procesos muy relacionados. Las bacterias nitrificantes son quimiolitótrofas y utilizan la energía de nitrificación para asimilar CO<sub>2</sub> como fuente de carbono.

- *Reducción de nitrato y desnitrificación.* Los iones de nitrato los pueden asimilar las bacterias, hongos y algas para incorporarlos en los aminoácidos. Diversas bacterias anaerobias facultativas como *Alcaligenes*, *Escherichia*, *Aeromonas*, *Enterobacter*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Spirillum*, *Staphylococcus* y *Vibrio* reducen el nitrato a nitrito en condiciones anóxicas.

Los reductores de nitrato desnitrificadores, como *Paracoccus denitrificans*, *Thiobacillus denitrificans* y *Pseudomonas aeruginosa* (aislada en el aire), tienen una ruta de reducción más compleja y de forma sucesiva así:



Aunque la nitrificación suele producirse en condiciones anóxicas o en condiciones de baja tensión de oxígeno, puede ocurrir en ambientes aerobios si

estos tienen microhábitat anóxicos.<sup>42</sup> Esta situación es posible que se de en el material particulado y los núcleos de condensación, además la humedad relativa alta puede crear condiciones anóxicas, en los aerosoles que contienen microorganismos. Ahora bien, una bacteria con forma de bacilo típico de 3 µm de longitud, una distancia de 3 mm es en su hábitat lo mismo que para una persona una distancia de 2 km. En una partícula de suelo de 3 mm, puede existir varios microambientes con características físicas y químicas muy diferentes, además de una distribución de oxígeno desigual<sup>43</sup>

#### 1.5. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES ATMOSFÉRICAS EN EL TRANSPORTE DISPERSIÓN Y VIABILIDAD DE MICROORGANISMOS EN EL AIRE.

La dinámica de la atmósfera tiene importancia crucial, cuando se estudia el comportamiento de los bioaerosoles; se puede entender bajo dos perspectivas diferentes que se interrelacionan. La primera tiene que ver con el transporte y dispersión, que obedece a los movimientos de las masas de aire, la segunda explica los mecanismos atmosféricos por los cuales se activa o inactivan los microorganismos presentes en el aire (viabilidad).

Existe relación entre los Bioaerosoles y el material particulado que también se ve influenciado por la meteorología. "Todos los contaminantes del aire emitidos por fuentes puntuales y distribuidas son transportados, dispersos, o concentrados por condiciones meteorológicas y topográficas."<sup>44</sup> La utilidad de conocer las condiciones climáticas de un área específica, es para determinar los patrones de transporte y dispersión, con base en modelos matemáticos.

La atmósfera se compone de 79% nitrógeno y 21 % de oxígeno aproximadamente y cantidades variables de otros gases, contiene vapor de agua en gotas líquidas, cristales de hielo y partículas de polvo. La división de la atmósfera está definida por regiones determinadas por máximos y mínimos de temperatura. La troposfera es la región más cercana a la tierra, después está la estratosfera y por último la capa superior llamada ionosfera.

La atmósfera superior es un medio hostil para los microorganismos, la parte alta de la troposfera presenta temperaturas que oscilan entre - 43 y - 83 °C, estas son condiciones no tolerables. Además, hay muy poco oxígeno disponible, poco carbono orgánico y el vapor de agua es muy escaso, por eso es imposible el crecimiento de microorganismos en la alta atmósfera.

---

<sup>42</sup> HUTCHINSON, G.L Y MOSTIER, A.R. Nitrous oxide emissions from an irrigated cornfield. Science.1979. 205: p.1125-1126

<sup>43</sup> MADIGAN, Michael. Brock Biología de los microorganismos. Madrid: Prentice Hall, 8° Ed. 2001.p.535.

<sup>44</sup> Op.cit. WARK p. 99

La estratosfera presenta barreras en el transporte de microorganismos vivos, desde la troposfera y se caracteriza por un lento proceso de mezcla. Los altos niveles de ozono y radiación UV hace imposible la supervivencia de los Bioaerosoles.<sup>45</sup>

La troposfera ofrece condiciones más favorables para los microorganismos, existe un número significativo de ellos, que se ven favorecidos por gradientes térmicos que producen una mezcla de aire rápida (Gregory 1973). Las adaptaciones que ellos han desarrollado les han favorecido la supervivencia y dispersión a través de los movimientos del aire. “La troposfera puede proporcionar hábitat temporal para los microorganismos. En las nubes hay concentraciones de agua que permiten su crecimiento. La intensidad lumínica y la concentración de dióxido de carbono de las nubes son suficientes para favorecer el crecimiento de organismos fotoautótrofos, y los núcleos de condensación (material particulado) suministran algunos nutrientes minerales. En zonas industriales puede incluso haber suficiente concentración de sustancias químicas inorgánicas en la atmósfera, para permitir el crecimiento de algunos heterótrofos.”<sup>46</sup> Ésta hipótesis es necesario confirmarla aunque hay evidencia de que en la atmósfera se genera material particulado secundario, que es producido por condensación y reacciones químicas, tales como núcleos de Atiken.<sup>47</sup>

#### 1.5.1. Mecanismos atmosféricos de Dispersión.

- Viento. “Ciertas enfermedades víricas, bacterianas y fúngicas se diseminan a través de la atmósfera y los brotes causados por estos microorganismos a menudo han seguido el curso de los vientos dominantes”<sup>48</sup>. La dinámica del viento es generada por el sol, las diferencias de calentamiento del aire originan gradientes de presión horizontal y éstos a su vez crean un movimiento horizontal de las masas de aire. Los vientos locales son el resultado de diferencias de temperatura local. Los movimientos verticales ocurren cuando se calientan las masas de aire y ascienden por pérdida de densidad.

- Estabilidad. Es una de las características más importantes de la atmósfera, es la tendencia a resistir el movimiento vertical, o evitar la turbulencia. Esto influye en la capacidad de la atmósfera para dispersar los contaminantes, que se descargan en ella, procedentes de fuentes naturales o antrópicas.

Es necesario conocer el grado de estabilidad de la atmósfera, para determinar su capacidad para dispersar contaminantes. La estabilidad se define como

---

<sup>45</sup> ATLAS, Ronald y BARTHA, Richard. Ecología microbiana y microbiología ambiental. España: Addison Wesley, 2002.p.331.

<sup>46</sup> *Ibíd.* p.331.

<sup>47</sup> SEINFELD, Jhon. Contaminación atmosférica, fundamentos físicos y químicos. New York: McGraw Hill. 1978.p.207.

<sup>48</sup> *Ibíd.*, p.331.

aquella que no muestra mezclado o movimiento vertical. De esta forma los contaminantes permanecen a nivel del suelo y si son bioaerosoles representan una amenaza a la población. Cuando se presenta inestabilidad los gradientes térmicos y ascensos de aire, tienen un efecto negativo para los microorganismos, puesto que los expone a niveles de cambios bruscos de temperatura, presión y escasa humedad.

- Altura máxima de mezclado. El movimiento del viento convectivo y la turbulencia ayuda a la dispersión de contaminantes en la atmósfera baja, el alcance vertical de mezclado varía, la variación está en función de la hora del día y las características topográficas. A mayor alcance vertical, mayor volumen de mezclado. Por lo general la altura de mezcla es baja de noche y alta de día.

Los efectos de estabilidad térmica determinan la altura de mezclado, ésta se define con ayuda del perfil de temperatura de la atmósfera.

Son de gran importancia estos conceptos para establecer la dispersión de los bioaerosoles, que se ven afectados por los movimientos de las masas de aire. Cuanto más elevada está la altura de mezcla se ha de suponer una mayor dilución y dispersión de los microorganismos. Este tipo de dispersión minimiza los factores de riesgo inherentes en los Bioaerosoles.

- Rosa de vientos. La dispersión horizontal de los contaminantes biológicos depende del movimiento advectivo del viento; éste puede estudiarse conociendo su frecuencia de distribución, de dirección y velocidad. Con ésta información se elabora la rosa de vientos, ésta es muy útil para predecir la dispersión de los contaminantes en la atmósfera local, para el período de tiempo que se elabore la misma.

- Turbulencia. Es un mecanismo muy importante de dispersión de contaminantes atmosféricos. Por lo general se conoce como turbulencia las fluctuaciones que tiene una frecuencia de más de 2 ciclos / h. La turbulencia es el resultado de dos efectos específicos<sup>49</sup>; el calentamiento atmosférico, causante de las corrientes de convección naturales y la turbulencia mecánica, que es el resultado de los esfuerzos cortantes del viento. Las dos pueden estar presentes en la atmósfera, pero sólo una prevalece sobre la otra. Las turbulencias térmicas (convectivas) prevalecen en los días soleados, cuando soplan vientos ligeros y el gradiente de temperatura es altamente negativo. Las turbulencias mecánicas predominan junto a la estabilidad neutral, en las noches con viento. La turbulencia mecánica es el resultado del movimiento del aire sobre la superficie terrestre y está influida por la ubicación de los edificios y la rugosidad del terreno. Éste es el mecanismo más importante que se debe considerar al evaluar el transporte de microorganismos en los grandes centros urbanos.

---

<sup>49</sup> WARK, op. Cit, p.129.

- Efecto de la topografía. Las características físicas de la superficie del terreno se describen como topografía, esta se agrupa en varias categorías: llanos, montañas-valles, campos, cuerpos de agua y urbano.<sup>50</sup> La topografía causa turbulencia térmica debido a calentamiento diferencial y turbulencia mecánica como resultado del flujo de viento en medio de diferentes estructuras y tamaños de edificios.

En áreas urbanas hay un efecto especial sobre la atmósfera. Los materiales de los edificios absorben más calor que el suelo y la vegetación en áreas rurales, además el dióxido de carbono y el vapor de agua de las emisiones absorben también calor. En la tarde y en la noche cuando ya no hay sol, hay aún emisión de calor por parte de los edificios, industria y pavimento. Este aire caliente alcanza a formar un domo conocido como isla de calor. El aire tiende a concentrarse en el centro de la ciudad debido a la cantidad de edificios, estructuras y unidades residenciales. El aire caliente se eleva, arrastrando consigo la carga de contaminación, luego se expande y fluye hacia los bordes de la ciudad. Cuando el aire se expande, se enfría, y así, el aire más frío en los bordes de la ciudad fluirá de nuevo hacia el centro de la ciudad, cerca de la superficie del suelo. Este sistema circulatorio autocontenido, sólo se rompe con fuertes vientos.

Las partículas pequeñas presentes en el aire sobre la ciudad, tienden a reducir la energía solar e impiden de este modo que el sol caliente el aire cercano a la superficie. Se reducen las corrientes normales y verticales del aire. El aire al interior del domo de la ciudad, tiende a contaminarse cada vez más.<sup>51</sup> La importancia de ésta isla de calor cuando se analizan los microorganismos en el aire, radica en que los favorece, puesto que no tienen que soportar diferencias significativas en la variación diaria de la temperatura, lo contrario en áreas rurales, éste sería un factor de Stress para las bacterias en el aire.

#### 1.5.2. Factores que afectan la viabilidad de microorganismos en el aire.

- Radiación Solar. Energía radiante electromagnética con longitudes de onda entre 0.4 y 0.8  $\mu\text{m}$ , aproximadamente alrededor del 42 % de ésta energía es absorbida por la atmósfera, reflejada al espacio por las nubes, vuelta a dispersar por la atmósfera, reflejada por la superficie terrestre y absorbida por el vapor de agua y las nubes. La mayor parte de la energía en la atmósfera baja es absorbida por el vapor de agua y el  $\text{CO}_2$ . Las partículas y aerosoles bloquean el paso de la radiación.

Esta radiación solar y el calentamiento diferencial son los mecanismos que activan la dinámica de las masas de aire. La transferencia de calor es el

---

<sup>50</sup> Appendix G (Atmospheric and Meteorological Concepts Relevant to Dispersal, Transport, and Fate of Air Toxics. EPA

<sup>51</sup> Op.cit. WARK. p.135



fenómeno que hace posible el movimiento del aire, ésta se da de tres formas: la primera es la conducción, común en gases atmosféricos; la segunda es la convección, que causa movimientos verticales y por último la advección (horizontales).

La insolación es la cantidad de energía, que recibe un lugar por unidad de área, depende de la transparencia de la atmósfera, ángulo de incidencia y horas luz del día.

La energía electromagnética actúa como un factor que disminuye las posibilidades de vida de los aerosoles biológicos; lo anterior se conoce como inactivación. Las longitudes de onda corta, contienen más energía y son generalmente más dañinas para los microorganismos<sup>52</sup>. La humedad relativa (HR), la concentración de oxígeno, edad del aerosol y la presencia de otros gases influyen en el efecto que tiene la radiación sobre los Bioaerosoles. Estudios han revelado que se encuentran mayores concentraciones de microorganismos en las noches que en el día.<sup>53</sup> La radiación afecta los fosfolípidos, proteínas y ácidos nucleicos.<sup>54</sup>

Se han determinado coeficientes de inactivación solar, que son un dato necesario para los modelos de dispersión<sup>55</sup>. Estos coeficientes de inactivación UV tienden a aumentar cuando la humedad relativa decrece, Reley y Kaufmann encontraron que dicha inactivación sucede igual para las bacterias Gram positivas y Gram negativas<sup>56</sup>

- Humedad Relativa (HR). Medida de la cantidad de agua que tiene la atmósfera. El peso del vapor de agua contenido en un volumen de aire se conoce como humedad absoluta y se expresa en unidades de masa de agua por unidades de volumen de aire seco. La humedad relativa, es la relación entre el contenido real de vapor en la atmósfera y la cantidad de vapor que saturaría el aire a la misma temperatura.

El contenido de agua en aire, es un factor fundamental que influye en el destino y viabilidad de los microorganismos contenidos en los Bioaerosoles. Cuando la HR disminuye el agua contenida en las células de los microorganismos, ésta pérdida de agua por deshidratación, causa inactivación en algunos

---

<sup>52</sup> BEEBE, J.M., Stability of disseminated aerosols of *pasturella tularensis* subjected to simulated solar radiation and various humidities. J. Bacteriol. 1959 78 : p. 18-24

<sup>53</sup> GOFF, G. J.C. Spendlove, A.P. Adams, and P.S. Nicholes. Emission of microbial aerosols from sewage treatment plants that use ticking filters. Health service Rep. 1973. 88 :p. 640-652

<sup>54</sup> JEFF, Alan. Fate and Transport of Microorganisms in Air. Manual of environmental microbiology. USA: ASM press. Second Edition. p. 828.

<sup>55</sup> LIGHTHART, B. and MORH, A. Estimating downwind concentrations of viable airborne microorganisms in dynamic atmospheric conditions. Appl Environ. Microbiol. 1987, 53: p.1580-1583

<sup>56</sup> RILEY, R.L, and KAUFMANN, J.E. Effect of relative humidity on the inactivation of airborne *serratia marcescens* by ultraviolet radiation. Appl. Microbiol., 1972 23 , p 1113-1120

microorganismos. La humedad relativa es de todos los parámetros meteorológicos medibles, el más importante para determinar la estabilidad de los aerosoles<sup>57</sup>; Iraeli<sup>58</sup> estudió microorganismos congelados- secos y demostró la importancia de éstos factores en la viabilidad y concluyó que la membrana celular constituida por dos capas de fosfolípidos, sufre cambios en su estructura cristalina cuando pierde agua; de esta forma se dañan sus proteínas y hace menos viable un microorganismo.

La Humedad relativa afecta la densidad del Bioaerosol, además el tamaño y forma están relacionados directamente con el tamaño aerodinámico de la partícula, lo cual determina la velocidad de sedimentación y lugar de localización cuando entra al tracto respiratorio.

- Precipitación. Las gotas de agua tiene un diámetro que oscila de 0.5 a 3 mm, las gotas grandes se van dividiendo en gotas más pequeñas por efecto de la fricción con el aire en el momento de la caída (llovizna < 0.5 mm). Cuando el aire gana humedad y la temperatura asciende hasta condensarse; de ésta forma se forma la lluvia, teniendo en cuenta que haya núcleos de condensación suficientes para formar las gotas de agua.

La lluvia permite renovar la calidad del aire ya que arrastra las partículas y las deposita en el suelo. Este efecto puede ser benéfico en cuanto a bioaerosoles se trata, ya que los elimina del aire y en el suelo tienen menos posibilidades de ingresar por vía aérea a los pulmones.

- Presión atmosférica. La presión atmosférica es la ejercida por el peso de la columna de aire. En general, los cambios en la presión atmosférica no afectan a los microorganismos.<sup>59</sup> Con las presiones extremadamente bajas, como las que se dan en la atmósfera superior o en un vacío artificial, el agua puede evaporarse y el oxígeno se vuelve limitante, dejando a los microorganismos metabólicamente inactivos<sup>60</sup>, en sistemas de alta presión los contaminantes y microorganismos tienden a permanecer estables por períodos largos de tiempo, puesto que hay menor circulación de aire.

- Temperatura. La presión de vapor y la Humedad relativa (HR) de un sistema dependen de la temperatura. Estas relaciones hacen difícil separar los efectos de la temperatura y la HR, estudios han determinado que los incrementos de la temperatura, muestran disminución en la viabilidad de los bioaerosoles en el aire.<sup>61</sup> Además, las células congeladas tienden a perder la actividad proteica

---

<sup>57</sup> COX,C.S. The Aerobiological pathway of microorganisms. John Wiley & And Sons, Chichester, United Kingdom. 1987

<sup>58</sup> ISRAELI. Inactivation mechanisms in bioaerosols, 1994 p. 166-1991

<sup>59</sup> op.cit. ATLAS. p.302

<sup>60</sup> GREGORY, P.H. The Microbiology of th Atmosphere. New York: Wiley. 1973.

<sup>61</sup> DIMMOCK,R.L. Diferences between the thermal inactivation of picornaviruses at high and low temperatures. Virology. 31. p. 338-353.

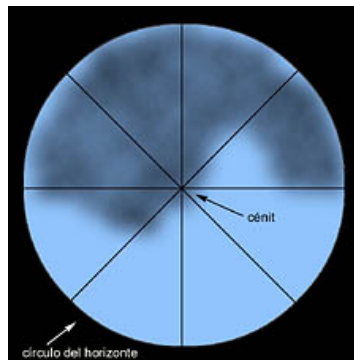
que resulta en una inactivación. La inactivación por la temperatura ocurre debido a que afecta la membrana de fosfolípidos y proteínas.

- Nubosidad. Conocer y cuantificar la nubosidad es un dato de campo muy importante, puesto que proporciona información del grado de cubrimiento del cielo y da una idea de la radiación solar que hay en ese momento. Un método común es el de octavas

Para determinar la nubosidad en octavas se divide imaginariamente el hemisferio de cielo, visible como un círculo, en ocho partes iguales. El centro de ésta circunferencia estaría ocupada por el punto más alto del cielo o cénit. Debe contarse las porciones ocupadas por nubes. El total dará la nubosidad existente: 0/8, completamente despejado hasta 8/8 totalmente cubierto.<sup>62</sup>

Hay que tener en cuenta el estado de nubosidad de cada una de las ocho porciones: 0, sin nubes;  $\frac{1}{2}$ , la mitad y 1, totalmente cubierto. Se suma el total y se obtendrá la nubosidad del cielo. Así, un cielo totalmente despejado tiene 0 octavas (0/8), mientras que otro cubierto es de 8 octavas (8/8), un ejemplo en la Figura 3. representa el cielo visible. Hay cinco secciones u octavas ocupadas por nubes, aunque dos lo están parcialmente. Como un sector tiene algo más de la mitad de nubosidad y otro menos, entre los dos suman una octava completa. Por lo tanto, la nubosidad en este caso será de 4 octavas, la mitad del cielo.<sup>63</sup>

Figura. 3. Escala de nubosidad.



Fuente:<http://www.skylook.net/eclipses/iobes/stotal/meteo.htm>

<sup>62</sup> <http://www.shelios.com/sh2002/ciencia/sky.html>

<sup>63</sup> <http://www.skylook.net/eclipses/iobes/stotal/meteo.htm>

## 1.6. AEROBIOLOGÍA.

El estudio de microorganismos en el aire no sólo se limita a la transmisión y afecciones en las vías respiratorias de los humanos; también son de interés los patógenos para las plantas, los patógenos oportunistas, los no patógenos y los subproductos del metabolismo microbiano en forma de aerosoles, bacterias aéreas cultivables y no cultivables. Así como también saprofitos, hongos, parásitos libres, virus y algas que pueden tener un efecto adverso para el medio ambiente.

La aerobiología se ocupa del estudio de los bioaerosoles, llamado así al conjunto de partículas biológicas. Generalmente son generados como partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire, que tienen diferentes tamaños en un rango de 0.5 a 30  $\mu\text{m}$ <sup>64</sup>.

Las fuentes más comunes de los bioaerosoles en exteriores son la agricultura y procesos en plantas de tratamiento, las plantas de reciclaje, los distritos de riego. Las actividades industriales también son fuentes y lugares de amplificación de la concentración Tabla 3.

Tabla 3. Fuentes y lugares de amplificación de biocontaminantes

Actividad industrial	Agente microbiano	Concentración típica
Celulosa, artículos de madera, aserraderos	Hongos	$10^4$ - $10^8$ UFC/m <sup>3</sup>
	<i>Aspergillus fumigatus</i>	$10^2$ - $10^5$ UFC/m <sup>3</sup>
	<i>Penicillium sp</i>	$10^1$ - $10^5$ UFC/m <sup>3</sup>
Industria alimenticia, almacenamiento, depósitos	Endotoxinas	0.0125-54.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Hongos	$10^4$ UFC/m <sup>3</sup>
	<i>Cladosporium herbarium</i>	$10^3$ UFC/m <sup>3</sup>
Transporte público	Hongos	$10^2$ -> $10^5$ UFC/m <sup>3</sup>

Fuente: Adaptado. HURST, Christian. Manual of Environmental Microbiology. 2° Ed. P. 805

1.6.1. Muestreo y análisis de microorganismos en el aire. Existen varios métodos de muestreo que se han desarrollado y perfeccionado. Impactación, burbujeo en líquidos, filtración de aire y gravedad. Otras consideraciones importantes son el tiempo de muestreo y número de muestras. Lo anterior se determina por medio de muestreos preliminares y criterio del investigador. Después de capturar las muestras es necesario cultivar a los organismos, utilizando agares según convenga o dependiendo de los objetivos de estudio. Posteriormente el conteo se realiza después del período de incubación y se expresa como unidades formadoras de colonia, divididas en el volumen de aire muestreado (UFC/m<sup>3</sup>).<sup>65</sup> Después de contar los viables se procede a identificar

<sup>64</sup> LIGHTHART, B. Physics of microbial bioaerosols. Ney York: Chapman & Hall.1994.p.5-27

<sup>65</sup> BUTTNER, Marck. Et al. Sampling and analisis of airborne microorganisms. M Of Microbiology. Second edition ASM Press. p. 815

primero con microscopio para determinar cocos, bacilos y además si es grampositivo o gramnegativo. Por último por medio de ensayos bioquímicos que determinan género y especie.

Equipo de muestreo MÁS 100. Merck. La recolección de muestras de aire para cuantificar gérmenes, la concentración de estos condicionan la calidad de un producto o proceso, para eso se controla en la industria farmacéutica, industria alimenticia, hospitales, industria cosmética y medio ambiente.

Los métodos actuales se basan en el principio de Impactación. El MÁS 100 trata de corregir las fallas de los anteriores aparatos ya existentes.

El MÁS 100 se basa en el principio de aspiración de Andersen, que aspira aire por una placa perforada. El aire y las partículas que contiene se dirigen hacia la superficie de agar en una caja de petri. Después de la muestra se procede al cultivo del medio y al recuento de colonias, cuyo resultado se presenta en Unidades formadoras de colonia (UFC). El equipo utiliza un aspirador de alta potencia y controla el volumen de forma continua. Este sistema mide la corriente de aire entrante y regula el aire aspirado hasta obtener un caudal constante. Si la corriente de aire no es constante se regula automáticamente.

El Caudal se escoge según el lugar a muestrear, para la industria Farmacéutica es 1000 L / min requiere grandes volúmenes ya que se supone que hay pocos UFC, para ambiente se usa 500 litros por minuto un volumen menor puesto que hay más posibilidades de aparición de UFC. El equipo tiene los siguientes Volúmenes de acumulación 50, 100, 250, 500, 1000.

El caudal de aire del MÁS 100 es de 100 litros por minuto. En cada ciclo pueden acumularse hasta 2000 litros de aire. Este rendimiento cumple con las exigencias impuestas en el control de aire en áreas asépticas.

La velocidad de impacto de los microorganismos sobre la superficie del agar es de 11 metros por segundo, coincidiendo con el nivel 5 del muestreador de Andersen. Esta velocidad garantiza la recolección de todas las partículas de tamaño superior a 1 micrómetro.

Estudios comparativos demostraron que no se encuentran diferencias significativas, con otros medios de captación de microorganismos<sup>66</sup>

Tabla de corrección estadística según "Feller". A mayor cantidad de partículas, mayor es la posibilidad de recolectar dos a través de un mismo orificio. En el caso de los microorganismos, dos gérmenes que se encuentren muy próximos

---

<sup>66</sup> Manual Equipo MÁS 100. Merck

sólo formaran una colonia. Esto se puede corregir estadísticamente con la ayuda de la fórmula descrita por Feller Anexo A.

$$Pr = N \cdot (1/N + 1/N - 1 + 1/N - 2 + \dots + 1/N - r + 1)$$

N: Representa los 400 orificios de la tapa del equipo

r: número de colonias

Pr: número total de probabilidad estadística de gérmenes

### 1.7. MICROBIOLOGÍA DEL AIRE.

El hábitat de los microorganismos es extremadamente diverso.<sup>67</sup> Cualquier hábitat es susceptible de ser colonizado por ellos; suelos, agua, fuentes termales, organismos superiores, ambientes extremos en cuanto a condiciones físicas y químicas. Sin embargo, siempre se ha pensado que el aire es sólo un medio de dispersión microbiano, puesto que el aire no tiene las condiciones necesarias para ser un hábitat. Ahora bien, lo anterior es cierto cuando se habla de un aire relativamente puro, pero las emisiones de partículas y gases han enrarecido la composición de la atmósfera. Por esto algunos investigadores proponen la hipótesis "La troposfera puede proporcionar un hábitat temporal para los microorganismos."<sup>68</sup>

Para que esto sea posible la atmósfera debe proporcionarles un lugar en el cual vivir, además de fuentes de alimento y energía. Los microorganismos dirigen reacciones químicas y organizan las moléculas para llevar a cabo la replicación (Crecimiento). El crecimiento es posible por el metabolismo, este se refiere a todos los procesos químicos que tienen lugar en una célula. Para llevarlo a cabo se necesitan nutrientes que son la amplia variedad de compuestos químicos que usa una bacteria, para transformarlos en constituyentes celulares. El proceso por el cual una célula se construye por la toma de nutrientes del medio ambiente se llama anabolismo. El resultado del anabolismo es la biosíntesis bioquímica de nuevo material celular, también conocido como biosíntesis.

La biosíntesis es un proceso que requiere energía y nutrientes, puede usar dos tipos de fuentes de energía: Luz y compuestos químicos. Cuando se obtiene compuestos a partir de oxidación se denomina catabolismo. Estos compuestos son destruidos en moléculas más simples y esto genera energía.

Se puede clasificar los microorganismos por la forma como obtienen energía, cuando es luz se conocen como Fotótrofos. Los organismos que producen energía a partir de compuestos químicos se llaman quimiótrofos. Cuando los

---

<sup>67</sup> Op.cit .Brock.p. 535

<sup>68</sup> Op.cit. Atlas y Barta p. 391

compuestos orgánicos son Quimiorganótrofos. Los organismos capaces de utilizar compuestos inorgánicos se denominan Quimiolitótrofos.

1.7.1. Requerimientos nutricionales. Las células están compuestas esencialmente por Carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno. Los requerimientos nutricionales de los microorganismos, se dividen en micronutrientes requeridos en pocas cantidades y macronutrientes necesarios en grandes cantidades.

Tabla 4. Nutrientes esenciales para el crecimiento de microorganismos.

Elemento	Ambiente
Carbono	CO <sub>2</sub> compuestos orgánicos
Hidrógeno	H <sub>2</sub> O, Compuestos orgánicos
Oxígeno	H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> , Compuestos orgánicos
Nitrógeno	NH <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> Compuestos orgánicos nitrogenados
Fósforo	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
Azufre	H <sub>2</sub> S, SO <sub>4</sub>
Potasio	K <sup>+</sup> , en solución y sales de K
Magnesio	Mg <sup>+2</sup> en solución o sales de Mg
Calcio	Ca <sup>+2</sup> en solución o sales de CaSO <sub>4</sub>
Sodio	Na <sup>+2</sup> en solución o NaCl
Hierro	Fe <sup>+2</sup> o Fe <sup>+3</sup> en solución o FeS

Fuente: Brock. Biología de los Microorganismos. Prentice Hall. 2001. (Adaptado). Pag 113

Dentro de los micronutrientes se encuentran metales como el cromo, cobre, níquel, zinc, hierro entre otros.

Los organismos que usan compuestos orgánicos como fuente de carbono, se denominan heterótrofos. Un autótrofo es capaz de biosintetizar todo el material celular a partir del CO<sub>2</sub> como única fuente de carbono.

- Energía química. La utilización de energía química en organismos vivos, implica reacciones de oxidación reducción, la oxidación se entiende como una pérdida de electrones de una sustancia. Reducción se define como ganancia de electrones. Este tipo de reacciones necesitan de un donador y aceptor de electrones. Cuando un elemento gana electrones (aceptor), otro necesariamente los perdió (donador). En el metabolismo microbiano se requiere las dos moléculas y además con frecuencia una tercera intermedia, conocida como transportador de electrones, cuya función en el interior de la célula, es transportar los electrones desde el donador hasta el aceptor.

Los contaminantes atmosféricos y las partículas, pueden proporcionar los nutrientes, la energía química y fuentes de carbono que los microorganismos necesitan. La atmósfera les proporciona la humedad y la energía lumínica que puede ser útil para ellos.

Las bacterias fotótrofas tienen la capacidad de obtener energía a partir de la luz, hay grupos de aerobios como las del género *Pseudomonas*<sup>69</sup>. En general los fotótrofos tienen que desarrollar pigmentos para protegerse de la fotooxidación, tales pigmentos se desarrollan en estructuras denominadas carotenoides, que a su vez son los encargados de absorber la energía lumínica.

Tabla.5. Tiempo de supervivencia de algunas especies Bacterias en una atmósfera seca.

Tiempo supervivencia	Organismo
10 <sup>6</sup> años	Corineformes, cocos bacilos gram positivos
200 años	<i>Bacillus sp, clostridium sp</i>
1,1 años	<i>sulfolobus, sp</i>
120-200 días	<i>Streptococcus pyogenes, corynebacterium, staphylococcus aureus</i>
3,8-10 día	<i>Serratia marcescens, mycobacterium tuberculosis, moraxella Boris</i>
12-48 horas	<i>Escherichia Coli</i>
2-4 horas	<i>Klebsiella pneumoniae, neisseria meningitidis</i>

Fuente: Adaptado. Atlas y Bartha. Ecología microbiana y ambiental. 4 ed. 2002. p.336

Los microorganismos desarrollan adaptaciones como las esporas, para poder aerotransportarse y sobrevivir las condiciones de escasez de nutrientes. Este es un mecanismo muy importante que permite su viabilidad en la atmósfera.

## 1.8. MICROORGANISMOS.

### 1.8.1 Bacterias.

Familia *Coccaceae*: El *Staphylococcus* es el único género de la familia Micrococcaceae con importancia médica, son cocos grampositivos, anaerobios facultativos y se desarrollan en racimos irregulares. El hábitat natural primario de estos microorganismos es la superficie corporal de los mamíferos, éstos se encuentran entre las más versátiles y prósperas bacterias patógenas, pero su agresividad sólo se manifiesta si la barrera de la superficie se rompe a causa de un trauma<sup>70</sup>.

Existen más de 20 especies de *Staphylococcus* de las cuales sólo tres tienen importancia médica, *S.aureus*, *S.epidermidis* y *S. saprophyticus*. De éstos el *S. aureus* es el patógeno más significativo para el hombre. Es un coco inmóvil de

<sup>69</sup> PEREZ, Ramón. y JUAREZ, Antonio. Bioquímica de microorganismo. México : Ed reverté S.A 1997. p. 307

<sup>70</sup> Ibíd. p. 555.

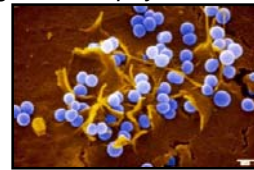


0.8 a 1  $\mu\text{m}$  de diámetro que se divide en tres planos para formar grupos de células irregulares parecidas a racimos de uvas.

Existen otras especies que frecuentemente se relacionan con patología humana:

- *Staphylococcus haemolyticus*
- *Staphylococcus lugdunensis*
- *Staphylococcus auricularis*
- *Staphylococcus xylosus*
- *Staphylococcus simulans*

Figura 4. *Staphylococcus sp*



www.microscopi.com

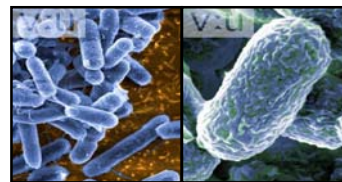
Familia *Enterobacteriaceae*: está compuesta por gran cantidad de especies, cuyo hábitat normal es el suelo, material en descomposición y el intestino grueso del hombre. Las enterobacterias son bacilos gramnegativos pequeños (0.5 por 0.3  $\mu\text{m}$ ) no formadores de esporas. Una característica especial de éste tipo de microorganismos, es que pueden tener una cápsula bien definida como es el caso del género *Klebsiella*.

Los géneros *Salmonella sp*, *Shigella sp* y la especie *Yersinia enterocolítica* sólo habita el intestino cuando causa infección, ingresan al cuerpo por ingestión de alimentos y agua contaminados, así mismo pero con menor frecuencia se transmite *Salmonella tify*, *Shigella sp.* y *Escherichia coli*<sup>71</sup>.

Otras especies patógenas y oportunistas son:

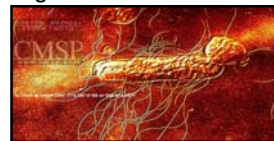
- *Citrobacter freundii*
- *Citrobacter koseri*
- *Citrobacter amalonaticus*
- *Enterobacter aerogenes*
- *Enterobacter cloacae*
- *Klebsiella oxytoca*
- *Klebsiella ozaenae*
- *Klebsiella pneumoniae*
- *Morganella morganii*
- *Proteus mirabilis*
- *Proteus vulgaris*
- *Alcaligenes feacalis*
- *Pantoea aglomerans*
- *Serratia odorifera*
- *Providencia alcalifaciens*

Figura 5. *E.Coli*



Fuente: www.goshen.edu

Figura 6. *Proteus mirabilis*



Fuente: catalo.cmsp.com

<sup>71</sup>CARMONA, Osvaldo. GOMEZ, María Josefina. MONTES, Tibaire. MARCANO, Carmen. MARIÑO, Franklin. Microbiología médica de Divo. Ed. Mc Graw Hill. 5Ed. 1997. p. 163-176.

Familia *Pseudomonadaceae*: está compuesta por muchas especies de bacilos gramnegativos aerobios y no fermentadores que habitan en suelos y agua; el papel más importante en su hábitat natural es la descomposición de materia orgánica. Usan hidratos de carbono, alcoholes y aminoácidos como fuentes de carbono y energía, pueden desarrollarse a temperaturas bajas, pero la temperatura óptima de crecimiento es de 30-37°C.

Aparte de la *P. aeruginosa*, existen otras especies que se han encontrado en muestras clínicas y en el medio ambiente hospitalario como es el caso de:

- *P. mallei*
- *P. capacia*
- *P. maltophilia*.
- *P. pseudomallei*.
- *P. Pseudoalcaligenes*

Figura 7. *P. aeruginosa*



Fuente: [www.boolworld.com](http://www.boolworld.com)

Familia *Corynebacteriaceae*: Son bacilos grampositivos, catalasa positiva, no forman esporas, hacen parte de la flora normal del humano, pueden encontrarse en el ambiente y estar asociados con animales.

Algunas especies importantes son:

- *Corynebacterium diphtheriae*
- *Corynebacterium amycolatum*
- *Corynebacterium auris*
- *Corynebacterium jeikeium*
- *Corynebacterium pseudotuberculosis*
- *Corynebacterium minutissimum*
- *Corynebacterium xerosis*
- *Corynebacterium ulcerans*
- *Corynebacterium striatum*
- *Corynebacterium urealyticum*

Figura 8. *Corynebacterium*



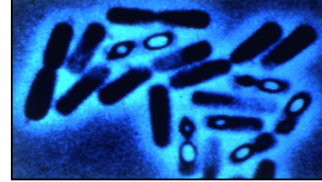
Fuente: [www.microscopy.com](http://www.microscopy.com)

Familia *Bacillaceae*: está compuesta por bacilos *grandes* grampositivos, que producen endosporas, es una especie muy variada e incluye aerobios y anaerobios facultativos, se consideran patógenos oportunistas de virulencia baja, el hábitat de estos microorganismos es generalmente el agua, suelo y polvo.

Algunas especies representativas son:

- *Bacillus anthracis*
- *Bacillus cereus*
- *Bacillus mycoides*
- *Bacillus circulans*
- *Bacillus licheniformis*
- *Bacillus subtilis*
- *Bacillus megaterium*

Figura 9. *Bacillus*



Fuente: [www.cropsoil.uga.com](http://www.cropsoil.uga.com)

1.8.2. Hongos. Estos microorganismos pertenecen al reino *mycota*, con divisiones y clasificaciones tan variadas como las bacterias; en general el estudio de éstos se denomina micología y se deriva de la palabra griega *mykos* que significa hongo. Los hongos son microorganismos eucarióticos<sup>72</sup>, cada célula tiene núcleo, membrana nuclear, retículo endoplasmático, mitocondria, etc. Estas células tienen un gran parecido con las de las plantas y animales superiores, careciendo de la propiedad de la fotosíntesis.

El hábitat natural de los hongos es el suelo, el agua y restos orgánicos en descomposición, la mayoría de ellos son aerobios o facultativos y quimiótrofos los cuales obtienen sus nutrientes de las sustancias que les brinda la naturaleza.

- Morfología. La clasificación se hace según su forma de proliferación.

- Levaduras: éstas reflejan la proliferación unicelular de los hongos, son células esféricas de diámetro que varía de 3 a 15  $\mu\text{m}$  y se reproducen por medio del proceso de brotación o blastoconidios.
- Mohos: estos proliferan por medio de colonias filamentosas multicelulares, que son tubos cilíndricos ramificados de diámetro que varía entre 2 y 10  $\mu\text{m}$  y comúnmente se llaman hifas. La masa de hifas entrelazadas entre sí durante la proliferación se denomina micelio.
- Clasificación: ésta es un área que está en constante cambio debido a las dimensiones del grupo y a los nuevos descubrimientos que se hacen. En general se han utilizado los productos de la reproducción sexual para separar grupos amplios de hongos entre los cuales encontramos: *Zigomicetes*, *Ascomicetes* y *Basidiomicetes*, a nivel de especies puede utilizarse la compatibilidad sexual, para identificarlos.

---

<sup>72</sup> Op.cit. Zinsser. p. 1427.

Algunos grupos taxonómicos de interés en la micología médica:

- *Myxomicetes.*
- *Zygomycetes.*
- *Ascomycotina.*
- *Basidiomycotina.*
- *Deuteromycotina.*

Figura 10. *Aspergillus* sp



Fuente: www. Rhodes.edu

### 1.9. INFECCIONES RESPIRATORIAS BACTERIANAS.

Diferentes patógenos bacterianos afectan al tracto respiratorio superior e inferior, siendo predominantemente bacterias del tipo grampositivas, las cuales tienen paredes celulares más gruesas y resistentes a la desecación. A pesar de que estos patógenos responden fácilmente a la terapia antibiótica<sup>73</sup>, son bastante comunes y es de vital importancia conocer más de ellos, diagnosticarlos y tratarlos rápidamente para evitar los daños que puedan causar en el organismo. Las infecciones respiratorias más comunes son causadas por dos géneros de bacterias en especial: *Streptococcus* y *Staphylococcus*.

Tabla.6. Localización en el sistema respiratorio, en donde los patógenos inician la infección.

Tamaño de partículas que penetran (µm)	Región	Patógenos
60	Cavidad Nasal	<i>Staphylococcus aureus</i>
	Cavidad Oral	<i>Neisseria meningitidis</i>
		<i>Streptococcus pyogenes</i>
	Faringe	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>
20	Bronquio	<i>Virus de la gripe</i>
10	Bronquiolo	<i>Coccidioides immitis</i>
6	Bronquiolo Terminal	<i>Bordetella pertussis</i>
4	Conductos alveolares	<i>Coxiella burnetii</i>
3	Sacos Alveolares	<i>Chlamydia</i> agente etiológico
		de la psitacosis

Fuente: Brock, Biología de los microorganismos. Prentice Hall. 2001

En la Tabla 7. Se presentan algunas características de los microorganismos patógenos del sistema respiratorio.

<sup>73</sup> Brock. Biología de los microorganismos. Madigan M, Martinko J. Prentice Hall. Madrid 1998 p. 931.

Tabla. 7. Características de algunos microorganismos patógenos respiratorios.

MICROORGANISMO	MORFOLOGÍA	MEDIO DE CULTIVO	OBSERVACIONES
<i>Haemophilus influenzae</i>	Bacilos y cocobacilos Gram (-)	*Agar Chocolate	50-60% de bronquitis crónica
<i>Staphylococcus aureus</i>	Cocos Gram (+) Catalasa (+)	*Agar Sangre	Coloniza 25-85% de las personas sanas
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Cocos Gram (+) Catalasa (-)	*Agar Sangre	La neumonía producida es consecutiva a la gripa
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Bacilo y cocobacilos Gram (-). Oxidasa (+)	*Agar McConkey	Coloniza el 18% de las personas y desarrolla el 15% de las neumonías
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Bacilo y cocobacilos Gram (-), Oxidasa (-)	*Agar McConkey	Responsable del 1-5% de las neumonías

Fuente: PEREA, Evelio J. Enfermedades Infecciosas: Patogénesis y Diagnóstico. Salvat Editores S.A.

Existen varias especies de *Streptococcus* que son patógenos humanos, pero los de mayor importancia son *S. pyogenes* y *S. pneumoniae*, son microorganismos característicos del tracto superior en adultos sanos. Cuando el organismo está inmunosuprimido y entra otra cepa virulenta se producen enfermedades Estreptocócicas<sup>74</sup>.

El *S. pyogenes* es el agente etiológico de la faringitis estreptocócica, las llamadas anginas, pueden producir enfermedades relacionadas con el oído interno (otitis media), las amígdalas (amigdalitis) y las glándulas mamarias (mástitis).

El *S. pneumoniae* es el agente etiológico de las infecciones del pulmón, que muchas veces desarrolla infecciones secundarias en otras entidades respiratorias. Esta especie puede dispersarse desde el foco de infección, a otras partes originando infecciones de huesos, oído o endocarditis.

El género *Staphylococcus sp.* también tiene patógenos humanos, el más representativo es el *S. aureus* asociado a condiciones patológicas como diviesos, espinillas, impétigo, neumonía, endocarditis, meningitis y artritis.

Las enterobacterias conocidas como bacilos entéricos, tienen como hábitat el cuerpo humano e intestino grueso, dentro de ésta familia “se encuentran algunos de los agentes causantes de enfermedades gastrointestinales”<sup>75</sup>, de la fiebre tifoidea y disentería bacilar. Cabe resaltar que la gran mayoría de estos microorganismos no son patógenos sino oportunistas, e infectan cualquier

<sup>74</sup> Ibíd. p. 932

<sup>75</sup> Microbiología, Zinnsser. 20 edición. Editorial Panamericana. Argentina 1994. p.736.

parte del cuerpo cuando éste lo permite; en efecto hoy en día son responsables de la mayoría de casos de infecciones nosocomiales<sup>76</sup>. Dentro de esta familia es importante nombrar a *E. coli* ya que ha sido uno de los microorganismos más estudiados, es el principal habitante del intestino grueso, es único entre los microorganismos de la flora normal, también es el patógeno humano aislado, causante de infecciones en vías urinarias, heridas, neumonía, meningitis y septicemia.

Las *Pseudomonas* tienen varias especies patógenas para plantas y animales, la mayoría no infectan al humano, pero algunas son patógenos oportunistas. Las infecciones causadas en humanos, suelen ser difíciles de tratar debido a la resistencia que tienen los microorganismos a los antibióticos<sup>77</sup>. La *Pseudomonas aeruginosa* es el patógeno humano más representativo de esta familia, es causante de infecciones nosocomiales, mortalidad con fibrosis quística, enfermedades neoplásicas e infecciones en caso de quemaduras severas.

En el género *Bacillus* sólo el *B. anthracis* es causa principal de enfermedad en el humano y mamíferos. En general estos microorganismos tienen reconocimiento como contaminantes y se relacionan con intoxicaciones alimentarias.

En el género *Corynebacteriaceae*, el *C. Diphtheriae* es el patógeno más representativo de esta familia, que además incluye cierto número de especies oportunistas y saprofitas inofensivas que con frecuencia se encuentran en las membranas mucosas. La difteria es la infección causada por el *C. Diphtheriae*, la lesión que él genera se encuentra generalmente ubicada en la nasofaringe y se caracteriza por un crecimiento grisáceo que se disemina y finalmente ocasiona daños hemorrágicos en tejidos y diferentes órganos.

El reino *mycota* es muy variado tiene aproximadamente 50.000 especies con grandes diferencias en fisiología, estructura y reproducción, de éste número menos de 300 especies se han implicado directamente como agentes causantes de enfermedades en humanos y animales<sup>78</sup> y alrededor de 12 especies son causantes del 90 % de las micosis.

---

<sup>76</sup> Ibíd. p.736.

<sup>77</sup> Ibíd. p.785.

<sup>78</sup> Ibíd. p.1427.

## 1.10. MICROBIOLOGÍA DEL AIRE Y EFECTOS EN LA SALUD.

1.10.1 Mecanismos de defensa de vía respiratoria. A través de los pulmones pasan aproximadamente 10000 L de aire en 24 horas, por las vías respiratorias para realizar intercambio gaseoso a nivel alveolar. En la masa de aire además de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, también están presentes otros gases que pueden ser tóxicos para el alvéolo, bacterias, químicos y sólidos en suspensión. Lo anterior varía dependiendo del lugar que habite el individuo.

El sistema respiratorio tiene dos tareas específicas:- hacer que el aire llegue al alvéolo en condiciones de limpieza, humedad y temperatura adecuada.-mantener un sistema activo de defensa contra los microorganismos patógenos que logren entrar por vía aérea.

- Defensa en la nariz y vía aérea superior: Este mecanismo posee varias líneas de defensa. El primero consiste en un sistema de purificación de aire. El modelo anatómico de la nariz, laringe, tráquea y árbol bronquial con todas sus bifurcaciones, conforma un sistema de filtración aerodinámica. En éste sistema se remueven, gases solubles tóxicos para el alvéolo, como el ozono, amonio, dióxido de carbono y partículas de 10 µm.<sup>79</sup>

Las partículas de 2 a 10 µm que pasan este sistema se eliminan por en flujo de moco y transporte ciliar. Células dotadas de cilios y además de capacidad para secretar moco, absorber partículas y bacterias que son evacuadas y transportadas hacia el exterior como si fueran por una banda transportadora. Cuando logran pasar ésta barrera se activan otros mecanismos.

- El sistema inmuno secretor. Desde el punto de vista inmunológico a nivel de la vía aérea superior las toxinas y bacterias son neutralizadas por los anticuerpos de tipo IgA(Inmunoglobulina A), los cuales impiden la adherencia bacteriana al epitelio ciliar respiratorio (especialmente contra algunas bacterias Gram positivas y Gram negativas). Este bloqueo no resulta eficaz contra los virus.

- Tos, estornudos, broncoconstricción. La tos se produce por estímulos irritativos en la nariz, tráquea o bronquios, por inhalación de gases, polvo o aerosoles y elimina cuerpos extraños o partículas de la vía aérea.

El estornudo contribuye a eliminar de forma refleja sustancias extrañas en la nariz.

A su vez los bronquios aumentan la resistencia, disminuyendo el calibre de la vía aérea impidiendo que irritantes mecánicos o químicos penetren al pulmón.

---

<sup>79</sup> NEWHOUSE, M. y SANCHIS, J. Lungs defense mechanism (1° parte)1976. p 205: 990-997.

1.10.2. Mecanismos de defensa pulmonar. Cuando los sistemas de defensa anteriormente mencionados resultan insuficientes, se activan los sistemas de defensa pulmonar.

- Mecanismos celulares: viajan en la sangre y constituyen la primera línea de defensa contra las partículas o bacterias inhaladas que llegan hasta el alvéolo.<sup>80</sup> Al ser fagocitadas las partículas inhaladas son transformadas y eliminadas, su efectividad ante agentes patógenos, aumenta en la medida que hayan sido anteriormente expuestos a los mismos. Al lado de los macrófagos alveolares se encuentran los neutrófilos; los cuales se pueden encontrar fijos en el pulmón o circulando en la sangre. Su actividad fagocítica es mayor que la de los macrófagos alveolares, debido a un mayor número de receptores en sus membranas y a una mayor capacidad bactericida, con sustancias oxidantes contra ciertos microorganismos como *E.coli* y *Staphylococcus*.<sup>81</sup> La mayoría de las bacterias son destruidas por los macrófagos alveolares y neutrófilos. Una vez fagocitadas, algunas logran sobrevivir en el citoplasma del macrófago y aún reproducirse dentro de él.<sup>82</sup> Cuando las bacterias no son destruidas en el pulmón pueden ser transportadas por los vasos linfáticos hacia los ganglios regionales, si sobreviven a los mecanismos de defensa de esos ganglios, pueden pasar al conducto torácico y de ahí al torrente sanguíneo, para producir bacteriemia (diseminación del patógeno).

- Mecanismos de defensa humores: son los linfocitos, anticuerpos, complemento, lisozimas y fibronectina que en conjunto complementan los mecanismos celulares.

En aire de ciudades contaminadas, se han aislado patógenos oportunistas que no solamente se encuentran relacionados con enfermedades del sistema respiratorio, sino que por medio de la vía aérea entran y de allí se diseminan a otros sistemas del cuerpo humano, por lo tanto el impacto en la salud es aún mayor, puesto que no sólo se encuentra en riesgo el sistema respiratorio, sino otros susceptibles de ser colonizados por microorganismos aerotransportados.

## 1.11. ENFERMEDADES CAUSADAS POR PATÓGENOS.

Las principales infecciones respiratorias, como la bronquitis, la bronconeumonía y otras formas de neumonía, son comunes en la práctica clínica y de anatomopatología. En momentos como los actuales de consumo de

---

<sup>80</sup> JOSEPHS, S.H. immunologic mechanisms in pulmonary disease. *Ped. Clin north. Am.* 1984. 31: p. 919-935.

<sup>81</sup> BABIOR, B.M. Oxygen dependent microbial killing by phagocytes. (parte I y II). *N Engl. J med.* 1978. p. 298: 659.

<sup>82</sup> NATHEN, C.F. y MURRAY, H.M. The macrophage as effector cell. *N. Eng. J. Med.* 1980. p. 303: 1153.



cigarrillos y contaminación atmosférica, la bronquitis crónica y el enfisema han proliferado de un modo desbordante.<sup>83</sup>

Neumonía bacteriana. Es la invasión del parénquima pulmonar por las bacterias produce la solidificación exudativa del tejido pulmonar. Puede producirse por extensión de una bronquitis o bronquiolitis preexistente. Causada por Neumococo, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Haemophilus influenzae*, *E. Coli*, *Proteus*, *Moraxella catarrhalis*, *Legionella*, *Listeria*, *Mycoplasma pneumoniae* y hongos .

Absceso pulmonar. Indica un proceso de supuración pulmonar localizada, que se caracteriza por la necrosis del tejido pulmonar. Ocasionado por microorganismos anaerobios y *S. aureus*.

Bronquitis. Es un proceso inflamatorio con exudado y en ocasiones broncoespasmo. Las bacterias que contribuyen a ésta son: *Bordetella pertussis*, *Mycoplasma pneumoniae*, *Chlamydia pneumoniae* y posiblemente *Streptococcus pneumoniae*.<sup>84</sup>

Empiema pleural. Es la colección de pus en el espacio pleural. La morbimortalidad es considerable aún con tratamiento. Los patógenos asociados son: *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *S. pneumoniae*, *S. pyogenes*, *Bacteroides*, *Streptococcus* anaerobios y algunas especies de *Clostridium*.

Asma. Es una hiperreactividad del árbol traqueobronquial a diversos estímulos internos y externos. Se asocia también con colonización del bronquio por *Aspergillus*

Meningitis. Es un proceso inflamatorio de las meninges y del líquido cefalorraquídeo existente en el espacio subaracnoideo. Causado por *Escherichia coli*, Estreptococos del grupo B, *Haemophilus influenzae*, *Neisseria meningitidis*, *S. pneumoniae*, *Listeria monocytogenes*, *Klebsiella* o hasta anaerobios.

Impétigo. Infección por Estafilococos o Estreptococos limitados a la epidermis superficial, alrededor de los folículos pilosos.

Infección urinaria. Es una invasión de la vía urinaria (normalmente aséptica), producida por *E. coli*, *Proteus*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Streptococcus faecalis*, *Staphylococcus* y Hongos.

---

<sup>83</sup> CONTRAN, Ramzi.y KUMAR, Vinay. Patología estructural y funcional. España : MacGraw Hill 5 ed.1997.p.745.

<sup>84</sup> TINTINALLI. Judith. Medicina de Urgencias. España Vol II: Macgraw Hill 5 ed. 2002. pag .511.

## 1.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Con las herramientas estadísticas se pretende estudiar el comportamiento de los bioaerosoles. Analizando las características de las muestras se describe e interpreta el funcionamiento de la población.

La estadística descriptiva o deductiva se utiliza para analizar y establecer conclusiones del comportamiento de los datos y no se puede conocer más de la información que ellos proporcionan. La estadística inferencial o inductiva consiste en métodos que procesan los datos para sacar conclusiones que van más allá de la información que éstos proporcionan.

La información que se manejó en el proyecto, no se comporta como una variable con distribución normal, por lo tanto se concluye que la distribución más apropiada para manejar los datos es la distribución de Poisson. A continuación se amplía el concepto teórico de este método estadístico.

Distribución de Poisson. Es una distribución de probabilidad discreta en donde “los experimentos que dan valores a la variable aleatoria  $X$ , el número de eventos que ocurren en un intervalo temporal o espacial dado se denominan *Experimentos de Poisson*<sup>85</sup>; el intervalo dado puede ser cualquier longitud”.

El número  $X$  de resultados que ocurren dentro de un experimento de Poisson se llama variable aleatoria de Poisson y su distribución de probabilidad distribución de Poisson.

Condiciones necesarias para generar un modelo Poisson:

- El número de eventos que ocurren en un intervalo o región específica, es independiente del número de los eventos que ocurren fuera de ellos.
- La probabilidad de que ocurra un sólo resultado durante un intervalo corto o región específica pequeña, es proporcional a la longitud del intervalo o tamaño de la región y no dependen del número de resultados que ocurran fuera de ellos.
- La probabilidad de que en cualquier intervalo ocurran dos o más eventos, es insignificante.

Cuando se estudian poblaciones complejas como los microorganismos en el aire UFC/m<sup>3</sup>, sus valores numéricos o muestras pueden ser el resultado de una

---

<sup>85</sup>PORTUS GOVINDEN, Lincoyán. Curso práctico de estadística. Ed. Mac Graw Hill, 1984. p.3-4.

o varias interacciones con otros factores, que hacen parte de otro conjunto de muestras por ejemplo HR o temperatura.

La correlación simple (entre dos variables) o correlación múltiple, es un método estadístico que permite saber la asociación o relación entre las variables o covariación. “El análisis de correlación intenta medir la fuerza de tales relaciones entre dos variables, por medio de un sólo número llamado coeficiente de correlación.”<sup>86</sup>

---

<sup>86</sup> WALPOLE, Ronald. Probabilidad y estadística para ingenieros. 6 Ed. Prentice Hall, 1999. p. 395.

## 2. METODOLOGÍA

Este estudio forma parte de un proyecto de investigación que adelanta la Universidad de La Salle, titulado, “Estimación del riesgo en la salud humana a partir de la caracterización de aerosoles en la Localidad de Puente Aranda en la ciudad de Bogotá D.C.” el cual se planeó en tres fases las cuales abarcan diferentes períodos del año para obtener resultados representativos en diferentes condiciones ambientales. Esta investigación se divide en cinco temás (Metales, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos, Epidemiología, Partículas y Microorganismos), los cuales fueron desarrollados como proyectos de grado independientes para cada fase y pretenden analizar las sinergias generadas por cada uno al problema ambiental real.

Esta es la segunda fase de la parte microbiológica, que busca verificar y ampliar los datos obtenidos en la fase anterior y explorar los nuevos que se obtengan a partir de condiciones ambientales cambiantes en la zona de estudio, ya que las variaciones climáticas son diferentes en las dos fases.

### 2.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO

“La localidad de Puente Aranda se encuentra en el centro de la ciudad; limita al norte: con la localidad de Teusaquillo, al sur: con la localidad de Tunjuelito, al oriente: con las localidades de los Mártires, Antonio Nariño y al occidente: con las localidades de Fontibón y Kennedy”<sup>87</sup> Anexo C, La localidad tiene una extensión de 1.724,5 ha. de tipo urbano.

Se encuentra en un terreno plano con ligero desnivel de oriente a occidente, con una altura promedio sobre el nivel de mar de 2600 m, estos terrenos anteriormente eran humedales.

La localidad de Puente Aranda ha sido designada por el Departamento Administrativo de Planeación Distrital, como el eje de la actividad industrial de Bogotá, teniendo en cuenta que desde 1963 se ha propiciado el crecimiento industrial en esta zona, donde se encuentran numerosas industrias de textiles, plásticos, productos químicos, metalmecánica, alimentos y de transporte<sup>88</sup> Anexo B.

La contaminación atmosférica es generada por dos tipos de fuentes: fijas y móviles; dentro de la primera se incluyen las pequeñas, medianas y grandes industrias, que tienen como sede terrenos dentro de la localidad y la segunda está representada por todo el parque automotor que circula por la malla vial.

---

<sup>87</sup> Recorriendo Puente Aranda 2004. Diagnostico físico y socioeconómico de las localidades de Bogotá D.C.

<sup>88</sup> *Ibíd.* p. 20.

El Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA)<sup>89</sup> cuenta con una red de monitoreo que tiene 14 puntos dentro de la ciudad de los cuales uno está en la localidad; Estación Merck, ésta funciona automáticamente y registra de manera continua las concentraciones de contaminantes como: PM<sub>10</sub> (Material particulado menor a diez micras), CO (Monóxido de carbono), SO<sub>2</sub> (Dióxido de azufre), NO<sub>2</sub> (Dióxido de nitrógeno) y O<sub>3</sub> (Ozono). Los datos tomados son enviados a una estación central, donde se evalúa la calidad de la información y se procesa para la elaboración de informes de calidad del aire en la ciudad.

## 2.2. MUESTREO

2.2.1. Puntos de muestreo. Punto 1: INVIMA (INV), Punto 2: PARQUE SALAZAR GÓMEZ (PG), Punto 3: PARQUE PUENTE ARANDA (PA), Punto 4: COLEGIO LA MERCED (CM) y Punto 5: PARQUE BARRIO CUNDINAMARCA (PC). Los cinco puntos son una muestra representativa de la población ya que cada uno representa un área con alta actividad industrial y flujo vehicular de la zona de estudio. (Anexo C)

- El INVIMA, queda en los límites de la localidad y representa el sector institucional; allí se encuentra una cantidad considerable de población flotante (solo está en jornadas laborales).
- El Parque Salazar Gómez, es una zona residencial rodeada de algunas industrias, alrededor se encuentran unidades residenciales y un colegio, es frecuentado por niños, adultos mayores y familias.
- El Parque Puente Aranda, esta rodeado de establecimientos comerciales, presenta un alto flujo peatonal y vehicular.
- El Colegio La Merced, es un punto de concentración de población infantil y juvenil femenina, alrededor hay industria y alto flujo de automóviles.
- El Parque Cundinamarca, es un sitio que por lo general permanece vacío puesto que se encuentra en medio de bodegas y algunos establecimientos industriales.
- Punto blanco: para efectos de comparación (Cualitativa) se tomó un blanco de referencia en el municipio de Guatavita (Cundinamarca), el Domingo 30 de enero de 2006. Esta es una zona de características climáticas (14°C) y de elevación (2668 m.s.n.m) similares a Bogotá y no presenta desarrollo industrial de importancia, la finalidad de este blanco fue identificar el género y la especie de los microorganismos que se aislaron. Anexo F.

---

<sup>89</sup> Ibíd. p.19.

2.2.2. Período de muestreo. El muestreo se realizó en un período de 1 mes aproximadamente, distribuido de Octubre 30 a Noviembre 25 de 2005; en siete días, tomando cada día de la semana incluyendo sábado y domingo ver Tabla 8.

Tabla 8. Días de muestreo.

Día	Fecha	Día de la semana	Codificación
1	30 de Octubre/05	Domingo	A11J <sub>n2</sub> P <sub>n3</sub> X
2	1 de Noviembre/05	Martes	A12J <sub>n2</sub> P <sub>n3</sub> X
3	19 de Noviembre/05	Sábado	A13J <sub>n2</sub> P <sub>n3</sub> X
4	16 de Noviembre/05	Miércoles	A14J <sub>n2</sub> P <sub>n3</sub> X
5	17 de Noviembre/05	Jueves	A15J <sub>n2</sub> P <sub>n3</sub> X
6	21 de Noviembre/05	Lunes	A16J <sub>n2</sub> P <sub>n3</sub> X
7	25 de Noviembre/05	Viernes	A17J <sub>n2</sub> P <sub>n3</sub> X
8	30 de Enero/06 (Blanco)	Domingo	A.BJ <sub>n2</sub> P <sub>n3</sub> X

2.2.3. Codificación de muestras. Debido al alto número de muestras que se tomaron durante la campaña (420 muestras = 7 días x 3 jornadas x 5 puntos x 4 muestras) se utilizó la misma codificación de Rey y Fula 2005 para facilitar su procesamiento Tabla 9.

Tabla 9. Codificación de muestras.

n1	n2	n3	X
Día	Jornada (hora)	Punto	Medio de cultivo
Precedido por la letra "A"  Va de 11 a 18; siendo 11 el primer día y 18 el último .	Precedido por la letra "J"  Va de 1 a 3; siendo, 1: 6:00 - 10:00 am. 2: 11:30am-15:30pm 3: 16:30 – 20:30pm	Precedido por la letra "P"  Va de 1 a 5; siendo; 1: INVIMA 2: Parque Barrio Salazar Gómez. 3: Parque Barrio Puente Aranda. 4: Colegio La Merced. 5: Parque Barrio Cundinamarca	S: Agar Sangre Ch: Agar Chocolate Mc: Agar McConkey Sb: Agar Saboureaud

2.2.4. Toma de muestras. Las muestras de aire fueron tomadas aleatoriamente mediante el equipo MÁS 100 de Merck, Tabla 10. Teniendo en cuenta 3 jornadas durante el día. Figura 11.

Tabla 10. Características del equipo.

Especificaciones técnicas	
Alto	26 cm.
Diámetro	11 cm.
Peso	2,2 Kg.
Material	Aluminio anodizado
Tasa nominal de Corriente de aire	100 Litros / minuto. +/- 2.5%
Motor	6 Vóltios

Fuente: Manual Equipo MÁS-100.

Figura 11. Equipo MÁS- 100




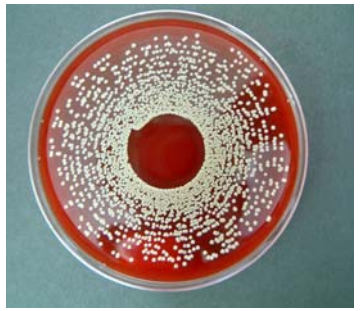
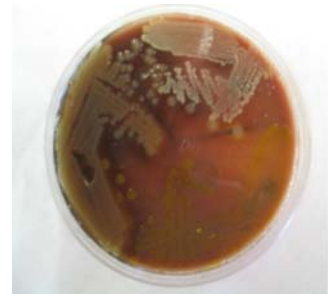
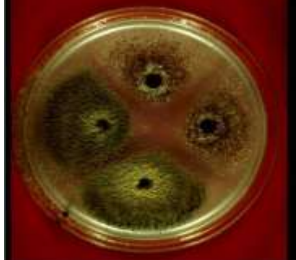
Las muestras que se tomaron en cada punto estaban compuestas por los 4 Agares, cada caja de petri recibe un flujo de aire de 500 L durante 5 minutos para un total de 20 minutos en cada punto. De forma aleatoria se instala en el equipo una caja a la vez. Cuando la caja era muestreada, se sellaba con papel vinipel para evitar contaminación entre ellas. Este procedimiento se amplía en el Anexo G. El tiempo de recolección fue elegido de acuerdo a las recomendaciones del fabricante (Merck), teniendo en cuenta que es muestreo en exteriores

### 2.3. ESTUDIO MICROBIOLÓGICO.

Se utilizaron cuatro medios de cultivo con características distintas, con el fin de recuperar tanto bacterias como hongos. Dos agares enriquecidos para patógenos oportunistas (A. Sangre y A. Chocolate), un agar diferencial para enterobacterias (Mc.Conckey) y Saboureaud para aislamiento de hongos. El procedimiento general para la preparación de medios de cultivo se referencia en el Anexo E.

En la Tabla 11, se presenta una descripción de los microorganismos que se pueden desarrollar en cada medio de cultivo.

Tabla 11. Microorganismos frecuentemente aislados en los diferentes medios de cultivo.

Medio de cultivo	Microorganismo	Imagen
<b>Agar Mc.Conkey</b>	<i>Escherichia coli.</i> <i>Salmonella typhimurium.</i> <i>Salmonella abony</i> <i>Pseudomonas aeruginosa.</i>	
<b>Agar Sangre</b>	<i>Bacillus cereus var mycoides.</i> <i>Staphylococcus aureus.</i> <i>Enterococcus faecalis.</i> <i>Escherichia coli.</i> <i>Candida albicans.</i> <i>Pseudomonas aeruginosa.</i>	
<b>Agar Chocolate</b>	<i>Haemophilus influenzae.</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Enterococcus fecalis..</i> <i>Escherichia coli.</i> <i>Candida albicans.</i>	
<b>Saboureaud.</b>	Agar selectivo para hongos filamentosos y levaduriformes.	



### 2.3.1. Procesamiento de muestras para estudio microbiológico.

- Incubación: Para la recuperación de los microorganismos de las muestras de aire se incubaron los medios Agar (Sangre, Chocolate y Mc.Conkey) de 24 a 48 horas a 37 °C. Los agares Sangre y Chocolate se incubaron en condiciones de microaerofilia (atmósfera de CO<sub>2</sub> al 10%). El Agar Saboureaud se incubó a temperatura ambiente de 3 a 5 días.

- Recuento de unidades formadoras de colonia. Se realizó el recuento de las unidades formadoras de colonia (UFC), a partir del crecimiento en A. Sangre y A. Chocolate. Para facilitar el procesamiento de los datos obtenidos, se registraron en un formato diseñado para laboratorio. Anexo H.

### 2.4. IDENTIFICACIÓN DE GÉNERO Y ESPECIE.

Después del reconocimiento morfológico de las colonias se realizaron coloraciones de Gram; estas indican si los microorganismos son Gram positivos o Gram negativos. Con base en estos resultados se realizaron las pruebas necesarias según los protocolos para identificación de gérmenes comunes, género y especie Anexo I. Las pruebas bioquímicas seleccionadas se referencian en la Tabla 12.

Tabla 12. Pruebas Bioquímicas seleccionadas.

Prueba Bioquímica	Microorganismos	Fundamento químico
Medio SIM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Enterococcus faecalis</i></li> <li>• <i>Staphylococcus aureus</i></li> <li>• <i>Escherichia coli</i></li> <li>• <i>Salmonella typhimurium</i></li> <li>• <i>Pseudomonas aeruginosa</i></li> </ul>	Para comprobar la formación de H <sub>2</sub> S y motilidad.
Medio citrato de simmons	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Salmonella typhimurium</i></li> <li>• <i>Salmonella abony</i></li> <li>• <i>Pseudomonas aeruginosa</i></li> </ul>	Se observa una alcalinización del medio, al ser degradado el citrato por los microorganismos
Medio Fenilalanina:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bacillus subtilis</i></li> <li>• <i>E.coli</i></li> <li>• <i>pseudomona aeruginosa</i></li> <li>• <i>Proteus mirabilis</i></li> </ul>	Se detecta el ácido fenilpirúvico, producido por la desaminación del medio.
RM (Rojo de Metilo):	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bacillus subtilis</i></li> <li>• <i>Staphylococcus aureus</i></li> <li>• <i>Salmonella typhimurium</i></li> <li>• <i>E.coli</i></li> </ul>	Se observa la producción de un ácido estable, como láctico, acético o fórmico.
LIA (Agar Lisina de Hierro):	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Enterococcus faecalis</i></li> <li>• <i>E.coli</i></li> <li>• <i>Proteus mirabilis</i></li> <li>• <i>Salmonella typhimurium</i></li> <li>• <i>Salmonella abony</i></li> </ul>	Se detecta la descarboxilación de la lisina.
TSI (Three Sugar Iron):	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bacillus subtilis</i></li> <li>• <i>Staphylococcus aureus</i></li> <li>• <i>E.coli</i></li> <li>• <i>Streptococcus faecalis</i></li> </ul>	Degradación del azúcar y formación de ácido.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>pseudomona aeruginosa</i></li> </ul>	
Urea Agar Base	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Proteus mirabilis</i></li> <li>• <i>Staphylococcus aureus</i></li> <li>• <i>E.coli</i></li> <li>• <i>Salmonella typhimurium</i></li> </ul>	Hidrolización de la urea formando CO <sub>2</sub> y amoniaco.
Bilis Esculina	Diferencia enterococos	Utilización selectiva de la Bilis
Xilosa	Ayuda a determinar las especies de los géneros identificados.	Degradación del azúcar y acidificación del medio.
Fructuosa		
Maltosa		
Glucosa		
Catalasa	Diferencia <i>Staphylococcus</i> y <i>Streptococcus</i>	Se realiza con peróxido de hidrógeno y es positiva cuando los microorg. contienen la enzima catalasa, la cual descompone el peróxido en oxígeno y agua, produciendo burbujas.
Coagulasa	Identifica la especie <i>Staphylococcus aureus</i>	Se realiza con plasma y es positiva al observarse un precipitado granular o formación de coágulos.
VP(Voges Proskauer):	Diferencia Enterobactereas	Se observa la producción de acetoina.

La Figura 12 presenta algunas de las pruebas bioquímicas, que se utilizaron para microorganismos Gram negativos.

Figura 12. Pruebas Bioquímicas



## 2.5. CONTROL DE CALIDAD.

Durante todo el período de muestreo, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros para asegurar calidad y asepsia en la preparación de los medios de cultivo, transporte y procesamiento de los mismos.

- Se realizaron controles de esterilidad, tomando un 5% del lote de las cajas preparadas para incubación y de esta manera determinar la esterilidad de las mismas.

- Cepas de control de calidad ATCC, se usaron las cepas: *Pseudomonas aeruginosa* (27853), *S. aureus* (29213) y *E coli* (25922). Estas se usaron para confirmar la eficiencia de los medios utilizados.
- Durante la toma de la muestra, se realizó limpieza periódica del equipo MÁS 100 con solución de Hipoclorito de sodio al 1%.
- Al tomar la muestra se usaron durante todo el período elementos de protección personal como tapabocas, y guantes para evitar el contacto y contaminación de las muestras.
- Durante el transporte de las muestras se llevó una caja control en el recipiente, que posteriormente se incubó para verificar la asepsia del medio de transporte.

## 2.6. ORGANIZACIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Fuentes de información y registro de datos. Los datos tomados provienen de tres fuentes diferentes: las del muestreo y sus posteriores análisis de laboratorio; registros de campo suplementarios Anexo J; por último, los datos de las estaciones meteorológicas y de calidad de aire, Tabla 13. Los dos primeros correspondieron a fuentes primarias y el tercero a secundarias.

Tabla 13. Diferentes tipos de datos, fuente y variables relacionadas.

TIPO DE DATOS	FUENTE	VARIABLE	NOTACIÓN
<b>Muestreo y análisis de laboratorio</b>	Volumen muestreado Equipo MÁS 100 Recuentos muestreo.	UFC/m3	UFCM3
	Pruebas Bioquímicas	Especies de microorganismos	MICROORG.
<b>Registros de campo suplementarios</b>	Observaciones de campo durante el muestreo.	Flujo vehicular Flujo peatonal Olor Nubosidad. (Paskil)	NC*
<b>Variables meteorológicas</b>	Estación meteorológica Merck (Pte. Aranda) Vitelma y Usme.	Temperatura Viento Radiación Solar Humedad Relativa <sup>90</sup>	TEMP VIENTO BRISOL HUMRELAJ
<b>Variables Calidad del aire.</b>	Estación meteorológica Merck (Pte. Aranda)	PM <sub>10</sub> SO <sub>x</sub> NO <sub>x</sub>	PM10 SOX NOX

\* No se codificó

<sup>90</sup> Sensor de humedad OAKTON Logger Plus, Wireless Transmitting System. Temperature Log & Relative Humidity / Temp Log. Este sensor puede monitorear temperatura y niveles de humedad, cuenta con un software que permite visualizar los datos de manera gráfica.

La información meteorológica fue tomada de las estaciones de Merck, Usme y Vitelma debido a que de los datos registrados en la estación Merck, presentaron inconsistencias. Los de calidad del aire se registraron de la estación Merck.

Los resultados de los conteos de cada medio de cultivo se corrigieron con la Tabla de Féller Anexo A.

Con base a la Nota Técnica de Prevención (NTP) 299 (Método para el recuento de hongos y bacterias en el aire) del ministerio de trabajo de España. En la que expresan los conteos (UFC) en función del volumen ( $m^3$ ) de aire muestreado por el equipo; se realizó la suma aritmética de los recuentos de agar sangre y chocolate cuyo resultado se divide en el volumen de aire muestreado.

$$\text{Ecuación 8. } \frac{UFC}{m^3} = \frac{\sum (UFC_{\text{Agar Sangre}} + UFC_{\text{Agar Chocolate}})}{V \text{ de aire Muestreado}}$$

De la anterior ecuación se concluye que el valor de UFC/  $m^3$  que se obtuvo estaría dado para un día, jornada y punto específico. Este ajuste se hizo con la finalidad de consolidar un solo dato por punto, jornada y día de muestreo, fundamentado en que los dos medios de cultivo presentan composición química similar y se podría afirmar que un alto porcentaje de los microorganismos aislados en estos, serían de la misma especie. Además es necesario contar con un dato consolidado de las UFC que permita establecer relaciones estadísticas con las demás variables.

En virtud de que no se contó con la humedad relativa para la zona de estudio, se estimó la misma mediante ecuaciones de regresión lineal simple de esta variable, para cada estación (Usme y Vitelma), en función de la temperatura de Puente Aranda. El mejor modelo se obtuvo con ésta última estación. Esta humedad se estimó con el fin de analizar su comportamiento y comparar las tendencias con la concentración de microorganismos. Anexo U

Lo anterior se sustentó en las altas correlaciones para cada una de las estaciones entre humedad relativa y temperatura (correlaciones negativas por encima de 0.89,  $p < 0.001$ ). También, en que la humedad para Puente Aranda estimada de esta manera, es una variable de referencia cuyo promedio puede estar sobre o subestimada, pero que sí expresa la variabilidad de esta característica, en virtud de su correlación alta con la temperatura.

Todos los datos fueron organizados en hojas de Excel, para consolidar la información básica y generar Tablas y gráficos ilustrativos de los resultados

alcanzados; así mismo para preparar los archivos base para los análisis estadísticos más específicos.

Análisis estadísticos. Dependiendo de la naturaleza estadística de las variables, se determinaron las estadísticas descriptivas, como promedio aritmético, coeficiente de variación y frecuencias. Esto se desarrolló de manera diferencial para describir las condiciones atmosféricas y de calidad del aire además el análisis de concentración (UFC/m<sup>3</sup>) y de microorganismos viables.

Para estimar la asociación entre las condiciones atmosféricas, calidad del aire y concentración de microorganismos, se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson entre pares de variables.

Finalmente para determinar la influencia o dependencia tanto de variables cualitativas (día, sitio, jornada) como de características cuantitativas, sobre la concentración de microorganismos, se usó la regresión de Poisson.

Para realizar estos análisis se usó el paquete estadístico S.A.S. (Statistical Analysis System), mediante los procedimientos usuales MEANS, UNIVARIATE y CORR y para la regresión de Poisson el procedimiento GENMOD.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La información y análisis de los datos de campo, estaciones automáticas (calidad de aire - meteorológicas) y resultados de laboratorio; se organizó en cuatro ejes temáticos; estos desarrollan los objetivos del proyecto y en ellos se tiene en cuenta otros análisis adicionales, que complementan el propósito de la investigación.

- Primer Eje: Descripción de condiciones climáticas y de calidad de aire; Los factores climáticos así como también los niveles de contaminación atmosférica, son parámetros importantes para comprender y establecer el comportamiento de los microorganismos en el aire. Por ésta razón es necesario tener una visión clara de las características climáticas y de contaminación atmosférica que se presentaron en la localidad de Puente Aranda para el período de muestreo.

- Segundo Eje; Análisis de concentración UFC/m<sup>3</sup>: El número de Unidades Formadoras de Colonia en un metro cúbico de aire muestreado, es la medida de concentración de microorganismos en el aire. Se analiza su variación en los puntos de muestreo, días y jornadas; este valor es importante porque se puede relacionar con otras variables, que permiten definir condiciones favorables o desfavorables para los microorganismos viables en el aire.

- Tercer Eje; Identificación de microorganismos viables: En esta etapa son clasificadas familias, géneros y especies de los microorganismos que aparecieron en el muestreo. Se analiza la frecuencia de aparición, destacando los más relevantes como factor de riesgo para la salud humana.

- Cuarto Eje; Influencia de las condiciones climáticas y de calidad de aire en la viabilidad de aparición de microorganismos: Los métodos estadísticos usados para determinar la interacción entre las variables de estudio, fueron correlación de Pearson y Regresión de Poisson. Pearson indica si hay relación directa o indirecta entre las variables, En cuanto a Poisson, establece los coeficientes de relación existentes, que permiten proponer modelos predictivos estadísticos.

### 3.1. DESCRIPCIÓN DE CONDICIONES CLIMÁTICAS Y DE CALIDAD DE AIRE.

#### 3.1.1. Condiciones Climáticas.

Tabla 14. Promedio y coeficientes de variación (CV) de variables climáticas.

		Temperatura °C		Viento (m/s)		Humedad Relativa (%)		Radiación Solar (W/m2)	
		Prom.	C.V (%)	Prom.	C.V (%)	Prom.	C.V (%)	Prom.	C.V
<b>DIA</b>	<b>1</b>	16,18	14,11	3,04	40,98	75	13,92	n/d	n/d
	<b>2</b>	15,26	7,81	3,36	32,45	79	6,88	236,66	77,3
	<b>3</b>	15,77	11,27	2,88	52,50	77	10,57	309,83	79,45
	<b>4</b>	15,1	13,54	2,86	71,78	80	11,7	196,03	76,01
	<b>5</b>	16,28	11,87	3,08	45,28	75	11,86	243,16	69,9
	<b>6</b>	14,81	9,19	2,45	29,37	82	7,6	152,97	85,75
	<b>7</b>	15,55	15,05	3,67	50,35	78	13,74	179,48	94,82
<b>JORNADA</b>	<b>1</b>	14,75	13,58	1,75	43,76	82	11,24	244,86	70,86
	<b>2</b>	17,04	8,43	4,36	28,82	71	9,25	255,02	69,17
	<b>3</b>	14,96	8,94	3,09	32,87	81	7,6	18,89	69,36
<b>PUNTO</b>	<b>1</b>	14,64	15,89	3,04	49,32	82	12,96	172,71	124,2
	<b>2</b>	15,12	13,53	2,8	47,48	80	11,72	212,55	61,08
	<b>3</b>	15,73	10,78	3,1	50,95	77	10,06	277,38	60,52
	<b>4</b>	15,88	8,6	3,28	47,36	77	8,17	248,31	61,72
	<b>5</b>	16,54	9,3	3,05	49,48	74	9,59	191,82	112,11
	<b>Promedio Total</b>	15,57	12,26	3,05	48,31	78	11,22	219,29	81,95

Fuente: Los Autores.

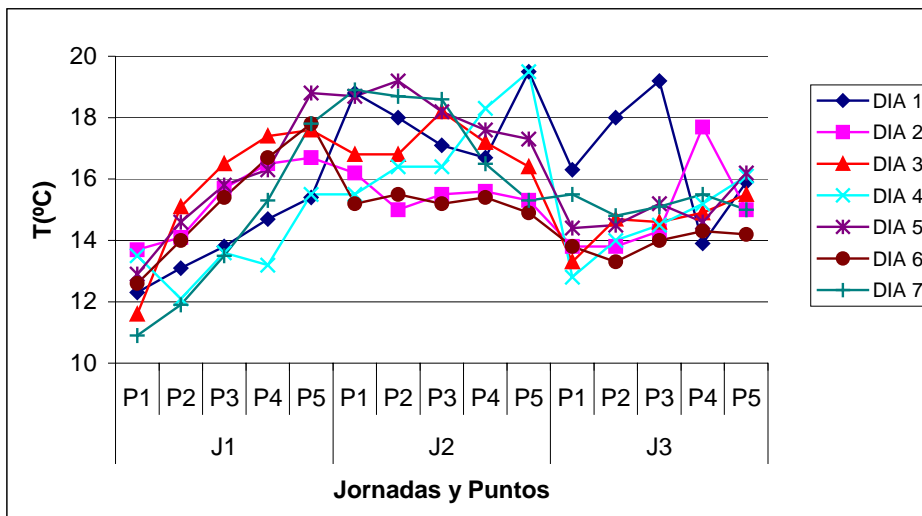
La Tabla 14 resume los promedios diarios de las condiciones climáticas Anexo K, tiene en cuenta los días de muestreo, jornadas y puntos. El coeficiente de variación indica la fluctuación de los parámetros, el mayor porcentaje de variación significa que la variable fue menos estable durante el período de muestreo. La estación Merck no registró datos cuantitativos de precipitación, sin embargo por medio del formato de campo se registraron las observaciones en el Anexo T.

- Temperatura. El promedio de la temperatura para todo el período de muestreo fue 15.57°C, comparando promedios diarios, la mínima registrada fue de 14.81° C y la mayor de 16.28°C.

Entre los días no se registraron variaciones promedio mayores a 3°C. Las Jornadas 1 y 3 tuvieron temperaturas similares que coinciden con la temperatura promedio mínima.

La Figura 13 muestra un comportamiento y tendencia similar durante todos los 7 días. En la Jornada 1, aumenta la temperatura progresivamente; Se mantiene constante en la Jornada 2 hasta que comienza un descenso progresivo en la Jornada 3. La diferencia de temperatura entre los puntos se debe a la hora en que se tomó las muestras.

Figura 13. Comportamiento de la temperatura en todo el período de muestreo.



La temperatura máxima durante el período de muestreo fue 19,5°C, la Figura 13 muestra este valor máximo registrado en la Jornada 2 Punto (5) Parque Cundinamarca y la mínima en la Jornada 1 Punto (1) INVIMA.

- Viento. El comportamiento promedio diario de los vientos fue homogéneo, osciló entre 2.45 m/s y 3.67 m/s. Los coeficientes de variación fueron relativamente altos, lo cual indica que se presentaron fluctuaciones importantes.

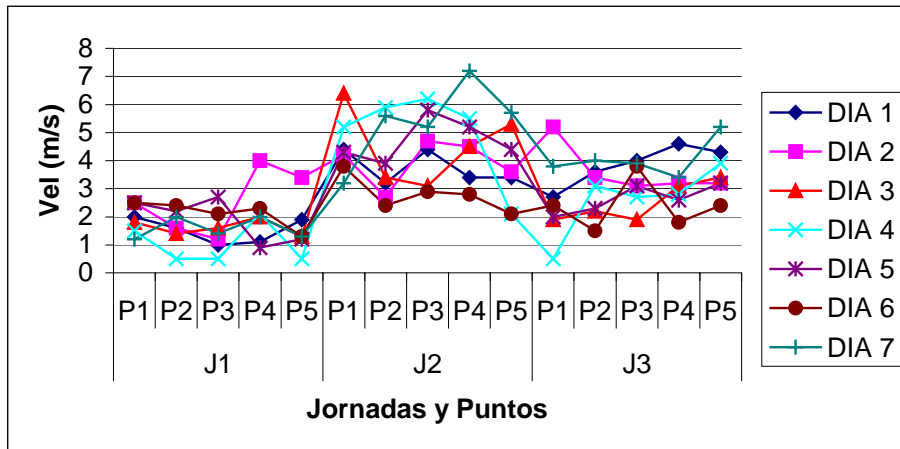
La velocidad promedio fue mayor en la Jornada 2 y menor en la Jornada 1. Los valores más altos registrados se presentaron al medio día (J2), esto puede explicarse al relacionar las temperaturas más altas propias del medio día.

La fluctuación del viento en los siete días, tiene un comportamiento con tendencias similares como se muestra en la Figura 14. Se presentaron valores relativamente bajos en la Jornada 1, teniendo en cuenta que todos los días, la mayoría de valores son menores a 3.0 m/s. En la Jornada 2 se aprecian variaciones más significativas entre los días. El día 7 presenta los valores más altos mientras que el día 6 los más bajos, esta diferencia también se hace evidente en la temperatura. La Jornada 3 presenta un descenso en la magnitud de la velocidad del viento, respecto de la Jornada 2, el enfriamiento progresivo del aire puede explicar esta tendencia.



La máxima velocidad registrada fue 7.20 m/s en la Jornada 2, la mínima fue 0.5 m/s valor que se presentó el día 4 en la Jornada 1 y 3, siendo más frecuente en la Jornada 3.

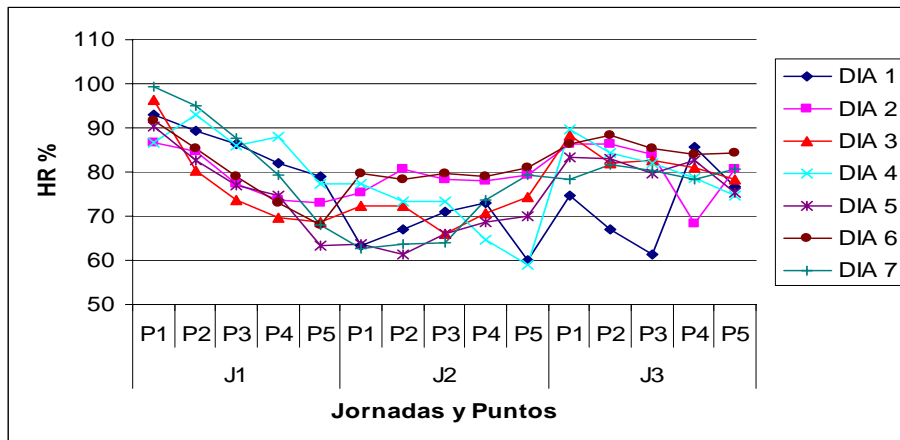
Figura 14. Velocidad del Viento (m/s) en el período de muestreo



- Humedad Relativa. El promedio estimado para todo el período de muestreo fue 78 %. El día 1 fue el menos húmedo con un promedio de 75 %, mientras que el más húmedo fue el día 6 con 82% HR. La temperatura tiene una relación inversa con la Humedad Relativa, por ésta razón al comparar las jornadas se presenta mayor humedad en la Jornada 1 y menor en la Jornada 2.

La máxima humedad fue 99 % registrada el día 7, la mínima fue 60 %, y se presentó en los días 1 y 4 en la Jornada 2. Los coeficientes de variación en la Humedad Relativa fueron más bajos de 50 %, esto indica que no hubo fluctuaciones significativas en las observaciones Figura 15. Cabe resaltar que en los días 1 y 4 se presentaron lluvias.

Figura 15. Comportamiento de la Humedad relativa en el período de muestreo.



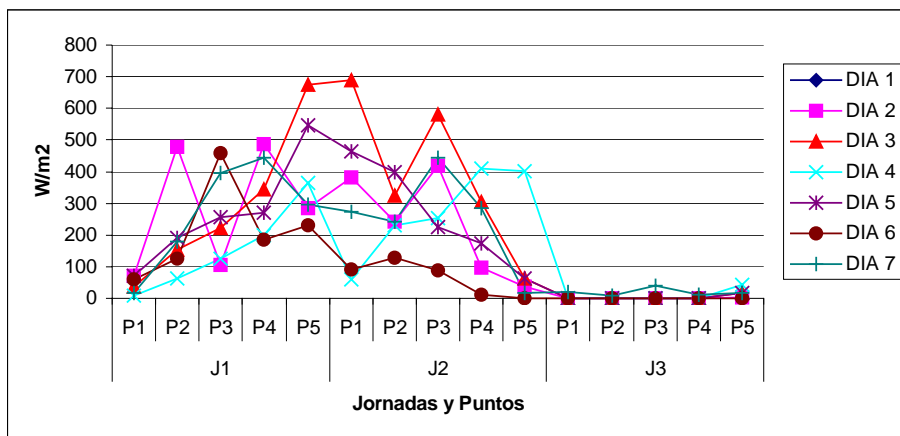
- Radiación Solar. Los datos promedio de los días muestran diferencias importantes, este hecho es favorable porque permite determinar qué días recibieron mayor energía, condición que favorece a los microorganismos fotoautótrofos pero inactiva a los que son sensibles a la fotoxidación.

Se presentó menos radiación solar promedio el día 6 con  $152.97 \text{ W/m}^2$  y mayor el día 3 con  $309.83 \text{ W/m}^2$ . Analizando las jornadas, la Jornada 2 registra mayor promedio  $255.02 \text{ W/m}^2$ , y la Jornada 3 menor con  $18.89 \text{ W/m}^2$ . Estas diferencias permiten establecer más fácilmente la influencia del Radiación solar en la viabilidad  $\text{UFC/m}^3$

El valor máximo se registró el día 3 Jornada 2,  $689.57 \text{ W/m}^2$ ; El mínimo ocurrió el día 2 en la Jornada 3 con  $2.48 \text{ W/m}^2$ . El día 1 no registra datos por fallas en los sensores de la estación. Los coeficientes de variación altos, indican que las fluctuaciones fueron grandes, incluso en un mismo día se ve un comportamiento bastante inestable, por ejemplo el día 2 Figura 16.

El comportamiento de la radiación solar en los siete días de muestreo, tuvo dos tendencias muy claras; fluctuaciones caóticas e incrementos regulares. El día 2 tiene fluctuación muy marcada, al igual que el día 6 y día 4. Los días 3, 7 y 5 presentan aumentos progresivos a medida que transcurre la Jornada 1. La Jornada 2 no tiene una tendencia definida que se pueda observar en los 7 días, cada cual tiene un patrón independiente. La única tendencia similar es el decrecimiento que se observa en la Jornada 3.

Figura 16. Comportamiento del Radiación Solar en el período de muestreo.



### 3.1.2. Calidad de aire.

Tabla 15. Promedio y coeficiente de variación (CV) para variables de calidad de aire.

		PM <sub>10</sub> μg/m <sup>3</sup>		SO <sub>x</sub> (ppb)		NO <sub>x</sub> (ppb)	
		Prom.	C.V (%)	Prom.	C.V (%)	Prom.	C.V (%)
<b>DIA</b>	<b>1</b>	91	29,59	3	13,00	28,73	47,98
	<b>2</b>	74,06	13,45	2,86	12,27	35,26	33,38
	<b>3</b>	87,33	28,73	3,13	16,48	29,13	55,93
	<b>4</b>	183,46	43,01	4,53	49,93	78,60	71,6
	<b>5</b>	90,8	28,61	3,8	37,48	46,80	69,97
	<b>6</b>	164,92	12,73	3,92	21,09	80,07	18,27
	<b>7</b>	220,86	57,32	4,6	60,82	87,53	110,21
<b>JORNADA</b>	<b>1</b>	175,94	62,15	4,91	48,43	90,08	76,91
	<b>2</b>	114,67	46,54	3,11	15,32	32,73	69,06
	<b>3</b>	99	32,37	3,08	9,20	41,31	49,9
<b>PUNTO</b>	<b>1</b>	115,8	39,02	3,61	41,42	55,90	105,25
	<b>2</b>	131,33	68,41	4,05	51,59	66,14	101,84
	<b>3</b>	131,71	65,23	3,95	53,35	60,14	92,48
	<b>4</b>	139,76	66,43	3,57	33,79	49,28	64,55
	<b>5</b>	131,55	60,98	3,3	29,65	42,55	58,9
	<b>Promedio Total</b>	130,01	61,14	3,69	44,11	54,92	91,65

- Material Particulado PM<sub>10</sub>. La concentración de partículas es un indicador ambiental importante, ya que este se considera medio de soporte y protección para los microorganismos, la Tabla 15 muestra los promedios diarios, jornadas y puntos, Anexo K.

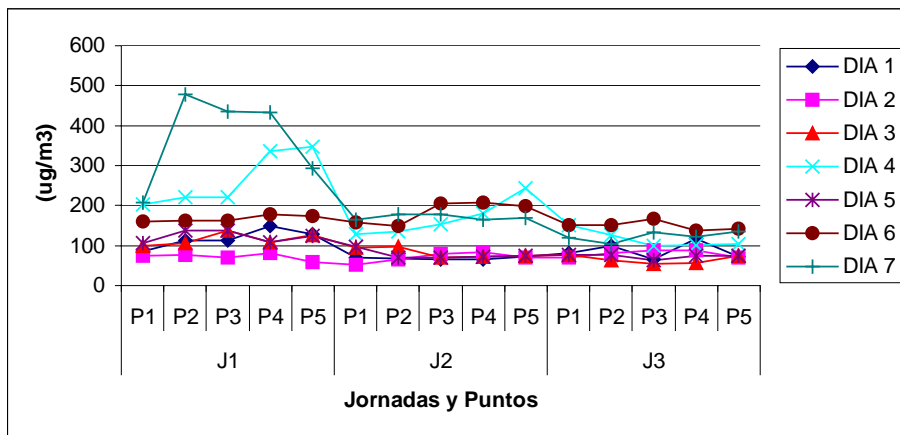
Para poder correlacionar mejor los datos, cada lectura de la estación corresponde a la hora cuando se tomó la muestra de microorganismos. Estos datos fueron utilizados para calcular los promedios de la Tabla.15, por esta razón no se comparan con la norma; El propósito de analizar los datos de ésta manera, permite observar como se comportan en el período de muestreo y relacionarlos con la concentración de UFC/m<sup>3</sup>.

El día 7 registró la concentración promedio más alta 220.86 μg/m<sup>3</sup>, el día 2 presentó el menor promedio con 74 μg/m<sup>3</sup>. El comportamiento en la Jornada 2 y Jornada 1 fue similar, aunque se presentó mayor concentración en la Jornada 1 esto corrobora la tendencia observada por el DAMA<sup>91</sup>, en la que

<sup>91</sup> DAMA Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente. Bogota.

generalmente a las 10 A.M. se encuentran los mayores niveles de concentración; Lo anterior se justifica por la temperatura baja y humedad relativa alta que mantiene el aire frío cerca de la superficie. En la Jornada 3 disminuye el material particulado. La concentración disminuye debido a que entre las 2 y 6 pm hay más viento; a las 16 horas el aire esta más limpio, antes de iniciarse de nuevo el enfriamiento. Las concentraciones en los puntos no varían mucho, de este hecho puede concluirse que las concentraciones a nivel espacial fueron aproximadamente uniformes. Los coeficientes de variación para los puntos fueron relativamente altos; situación que corrobora que hay variaciones horarias significativas, puesto que en cada punto se muestrearon 3 Jornadas y cada una tiene diferencias de concentración.

Figura 17. Concentración de Material Particulado PM<sub>10</sub> en el período de muestreo.

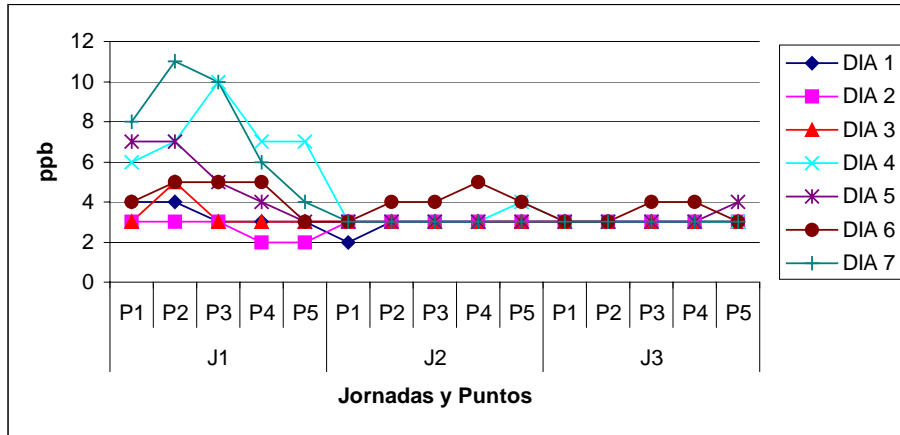


El promedio total en el muestreo fue  $130,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el valor mínimo fue  $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el día 2 de la Jornada 2, el valor máximo  $478 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se registró en el día 7 de la Jornada 1. La Figura 17 muestra un patrón similar para la mayoría de los días, manteniendo los niveles por debajo de  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los días 4 y 7 presentaron comportamientos diferentes a los demás, puesto que su concentración promedio fue mayor y los niveles más altos se presentaron en la Jornada 1.

- Dióxido de Azufre SO<sub>x</sub>. Los datos promedio en los días no tienen diferencias significativas entre si. Los coeficientes de variación también son bajos, lo que indica que el parámetro tuvo un comportamiento estable. El día 7 registró la concentración más alta 4.6 partes por billón (ppb), seguido del día 4 con 4.53 ppb. Estas concentraciones altas coinciden con las observadas en el comportamiento del material particulado. El promedio mínimo se presentó el día 2 con 2.86 ppb. La Jornada 1 tiene un valor mayor que las otras dos, el flujo vehicular alto en horas de la mañana, puede contribuir a generar esta tendencia. La Figura 18 muestra un patrón similar a PM<sub>10</sub>, la mayoría de los días presentan niveles constantes que oscilan de 2 a 4 ppb. A excepción de los días 7 y 4 que presentan las concentraciones más altas, superando

aproximadamente en 50 % los demás días. El promedio total en el muestreo fue de 3.69 ppb, registrándose un valor máximo de 11 ppb el día 7 y la menor concentración 2.0 ppb los días 1 y 2, el valor mínimo se presentó con frecuencia de 3 veces. Figura 18.

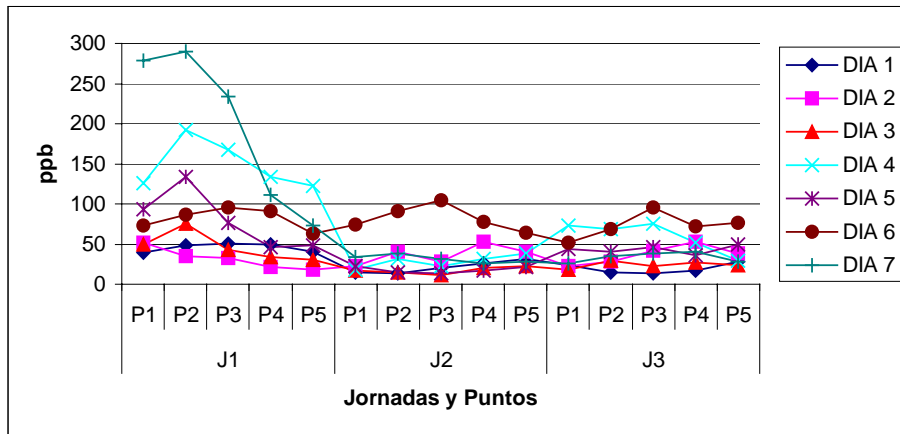
Figura 18. Concentración de Óxidos de Azufre en el período de muestreo.



-Óxidos de nitrógeno  $NO_x$ . El promedio de la concentración en los días presenta variaciones importantes. El máximo promedio se registró el día 7 con 87.53 ppb, otro día importante fue el 6 con 80.07 ppb. El día 1 registró menor promedio con 28.73 ppb. El comportamiento observado en las diferentes jornadas es singular ya que la Jornada 2 presenta el menor valor; la concentración en la Jornada 1 es mayor, seguido de la Jornada 3.

Los óxidos de nitrógeno son susceptibles a reacciones inducidas por la luz, hecho que explica su disminución de la concentración en la Jornada 2. Figura 19.

Figura 19. Concentración de Óxidos de Nitrógeno en el período de muestreo.



La tendencia de las concentraciones de NO<sub>x</sub> es similar a SO<sub>x</sub> y PM<sub>10</sub>. Es evidente en todos los días un leve descenso en la Jornada 2 respecto a las otras. La mayoría de los datos fueron inferiores a 50 ppb, solo los días 7 y 4 presentaron valores altos e inusuales.

El promedio total en el muestreo fue de 54.92 ppb. El valor máximo fue de 290 ppb observado el día 7 en la Jornada 1. El valor mínimo fue de 11 ppb registrado el día 2. Las variaciones se pueden atribuir a las diferencias en el flujo de tráfico vehicular.

### 3. 2. ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN UFC/m<sup>3</sup>.

Figura 20. Promedio de concentración (UFC/m<sup>3</sup>) en el período de muestreo.

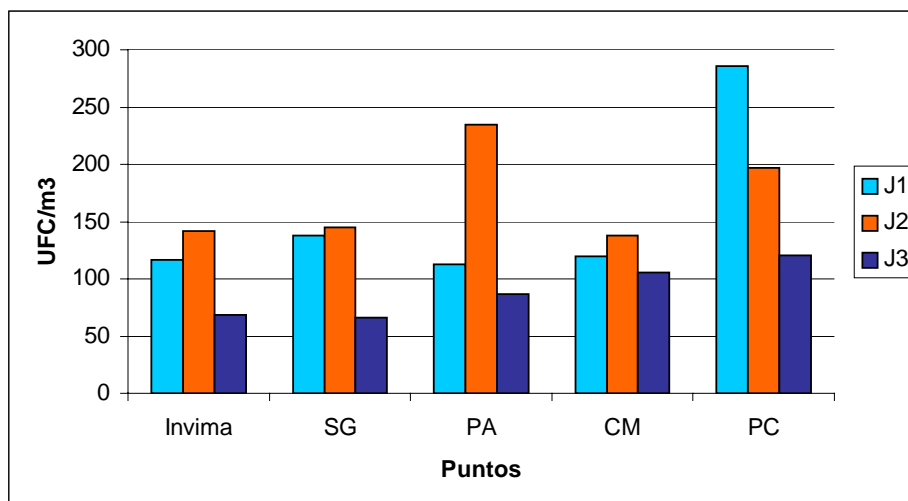


Tabla 16. Promedio de UFC/m<sup>3</sup> para todo el período de muestreo.

Muestreo	J1	J2	J3
<b>INVIMA</b>	116	142	68
<b>SG</b>	138	145	66
<b>PA</b>	113	235	87
<b>CM</b>	120	138	106
<b>PC</b>	286	197	121

La Figura 20, permite establecer la variación de concentración, entre los diferentes puntos de muestreo en las tres jornadas. Se observa una tendencia general en los datos, con valores más altos en la Jornada 2, seguido de valores menores en la Jornada 1 y los más bajos están en la Jornada 3.

El punto 5, parque Cundinamarca (PC) presentó las concentraciones más altas para la Jornada 1, este valor puede explicarse teniendo en cuenta que el parque está rodeado, totalmente de establecimientos industriales y el flujo vehicular es muy alto; se encontraron residuos sólidos alrededor y los olores a ácido sulfhídrico que se percibían eran frecuentes; Esporádicamente es visitado por personas que realizan actividades deportivas. Además la inversión térmica que se presenta en horas de la mañana permite que se concentren mayores cantidades de microorganismos.

Teniendo en cuenta todos los puntos, la Jornada 1 varía de 116 a 286 UFC/m<sup>3</sup>, como se observa en la Tabla 16, la concentración en los puntos presenta un comportamiento similar a excepción del punto 5. Los valores máximos registrados en el punto 3 Parque Puente Aranda y Punto 5 Parque Cundinamarca se pueden justificar por un mayor flujo vehicular en horas de la mañana.

La Jornada 2 presenta sus máximos valores en Punto Parque Puente Aranda y Punto Parque Cundinamarca, puesto que a medio día se acumulan las emisiones de vehículos e industria; sin embargo la diferencia de estos dos puntos respecto a los otros, consiste en que a esta hora son más concurridos y tienen mayor actividad. La Jornada 3 es la que menos variación tiene respecto a los otros días, en ésta disminuye en parte las actividades industriales aunque el tráfico se mantiene fluido. Las condiciones atmosféricas cambian de forma significativa, la temperatura desciende, así como también el radiación solar; aunque la Humedad Relativa aumenta. También la calidad del aire se ve afectada en la Jornada 3, los niveles de contaminación disminuyen drásticamente. Es posible que la asociación de estos factores influya para que disminuya la cantidad de microorganismos viables en horas de la noche.

Tabla 17. Promedios de concentración (UFC/m<sup>3</sup>).

		<i>Microorganismos</i> <b>UFC/m<sup>3</sup></b>	
		<b>Prom.</b>	<b>C.V (%)</b>
<b>DIA</b>	<b>1</b>	99	57.80
	<b>2</b>	81	74.59
	<b>3</b>	143	76.29
	<b>4</b>	215	63.91
	<b>5</b>	166	83.44
	<b>6</b>	93	151.58
	<b>7</b>	167	59.40
<b>JORNADA</b>	<b>1</b>	154	82.8
	<b>2</b>	170	79.51
	<b>3</b>	91	6.86

<b>PUNTO</b>	<b>1</b>	108	71.17
	<b>2</b>	119	83.99
	<b>3</b>	144	90.13
	<b>4</b>	121	66.63
	<b>5</b>	201	81.11
	<b>Total</b>	138	84.56

La Tabla 17 muestra un comportamiento general que sirve para comparar las diferencias presentadas en las jornadas, horas y puntos; que al relacionar con otros eventos como contaminación y condiciones meteorológicas pueden explicarse tales diferencias.

El nivel promedio diario de concentración de microorganismos, varía en un rango de 81 a 215 UFC/m<sup>3</sup>. El día 4 presentó el valor promedio máximo, mientras que el día 2 registró el menor promedio. Es importante resaltar que el día cuatro, en cuanto a calidad de aire presentó los segundos niveles más altos, siendo el día 7 el más crítico. Los episodios de alta contaminación que se presentaron los días anteriormente mencionados se dieron en la Jornada 1.

Al no coincidir el día de mayor contaminación por gases y partículas con el día de mayor concentración de microorganismos, no quiere decir que haya ausencia de relación entre los dos factores, lo que sucede es que el día cuatro y siete presentaron condiciones ambientales diferentes entre si y entre los demás días. Al observar el comportamiento de la temperatura en los dos días (4 y 7) se evidencia que son menores a los demás días, además el día 7 es el más frío en promedio.

La Jornada 1 del día 4, presenta la menor velocidad del viento que todos los demás días; la radiación solar es menor en el día 4 que en el día 7. En cuanto a la humedad el día 4 tiene un valor mayor que el día 7. La combinación de estos factores explica porque el día 4 tiene en promedio mayor concentración de microorganismos que el día 7; Las características climáticas propias del día 4 comparadas con el día 7 son: radiación solar más baja, humedad relativa más alta y el viento más bajo. Estas diferencias fueron factores que produjeron un efecto neto positivo en la viabilidad de microorganismos.

La Jornada 2 en promedio registró el valor mayor 170 UFC/m<sup>3</sup>, la Jornada 1 154 UFC/m<sup>3</sup>. La Jornada 3 presentó menor concentración con 91 UFC/m<sup>3</sup>. Este comportamiento contradice las observaciones hechas por GOFF, G.<sup>92</sup> su estudio concluye que se presentan mayor UFC/m<sup>3</sup> en la noche. En la localidad de Puente Aranda se registra menor concentración en la noche, y mayor en la Jornada 2, hay un incremento de UFC/m<sup>3</sup> en el transcurso de la Jornada 1 a la 2. La explicación de ese fenómeno puede darse por factores como la contaminación atmosférica, condiciones climáticas favorables y presencia de

<sup>92</sup> Op.cit. GOFF, G. J.C. P. 640-652



microorganismos esporulados (*Bacillus s.p.*) o capaces de desarrollar pigmentos (*Mycrococcus s.p.*).

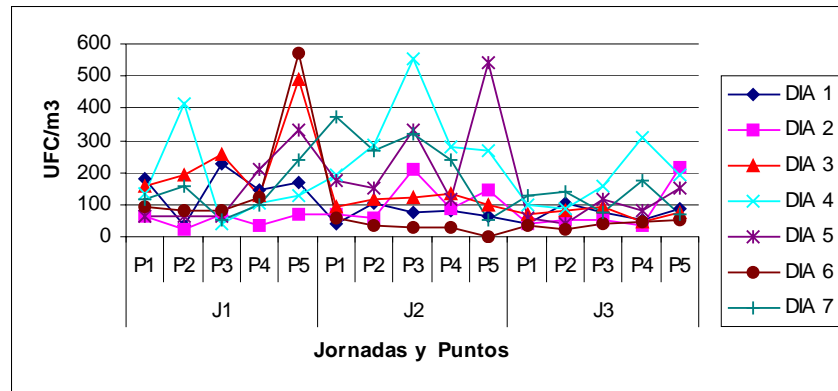
El comportamiento de las tres variables de contaminación ( $PM_{10}$ ,  $SO_x$ ,  $NO_x$ ) fue muy similar, la tendencia más clara describe niveles altos en la Jornada 1, y descienden a medida que pasa el día, aunque las concentraciones en la Jornada 2 y 3 no muestran diferencias significativas, la Jornada 2 es mayor que la 3. Es razonable pensar que haya una relación causa efecto entre la contaminación del aire y el progresivo aumento de microorganismos; la afirmación anterior tiene un soporte teórico ya que se ha establecido que la contaminación por gases y partículas, brinda a los microorganismos nutrientes y compuestos que usan como fuente de energía; el soporte experimental de lo anterior se evidencia al observar las variables medidas en campo y comparar su tendencia. En la Jornada 1 se presentaron los mayores niveles de contaminación y había una población determinada de microorganismos, a medida que transcurre el día disminuyen los niveles de concentración de los contaminantes, mientras que la concentración de microorganismos aumenta.

Lo anterior permite plantear una hipótesis importante. ¿El déficit de concentración de contaminantes, puede explicarse con un aumento en la biomasa que hay en la atmósfera? La concentración de los microorganismos en la Jornada 3 es baja, este hecho se puede explicar relacionando dos factores importantes, primero los niveles de contaminación bajan considerablemente, hecho que puede limitar sus posibilidades de síntesis de biomasa y segundo, las condiciones climáticas en las noches no favorecen la viabilidad de los microorganismos. La temperatura promedio mayor se presenta en la Jornada 2 y la menor en la Jornada 3. La temperatura promedio de la Jornada 2 correspondiente a  $17.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  fue benéfica para los microorganismos. El viento también fue mayor en la Jornada 2 y menor en la Jornada 3. La Humedad Relativa es menor en la Jornada 2 y mayor en Jornada 1 y 3. La radiación solar es nula en la Jornada 3, presentando los valores máximos en la Jornada 1 y 2. Al coincidir los altos valores radiación solar con las máximas concentraciones de los microorganismos, se puede sugerir que utilizan esta energía para su funcionamiento, las poblaciones de bacterias fotoautótrofas pueden ser las más comunes.

El Punto 5 Parque Cundinamarca presento la mayor concentración de UFC/m<sup>3</sup>, seguido por Punto 3 Parque Puente Aranda, Punto 4 Colegio La Merced, Punto 2 Parque Barrio Salazar Gómez y por Último el Punto 1 INVIMA. La diferencia promedio entre la mayor y menor concentración es aproximadamente 100 UFC/m<sup>3</sup>. Esto quiere decir que el sitio tiene mayor influencia que la Jornada y hora del día, Puesto que la diferencia entre la menor y mayor concentración en las Jornadas fue de solamente 20 UFC/m<sup>3</sup>. El Punto 5 se caracteriza por presentar flujo vehicular y actividad industrial más cercana, por eso mostró el mayor nivel de UFC/m<sup>3</sup>. En el Punto 1, con el menor nivel de concentración de

microorganismos también tiene actividad industrial alrededor pero menor que el punto 5.

Figura 21. Concentración de UFC/m<sup>3</sup> en el período de muestreo.

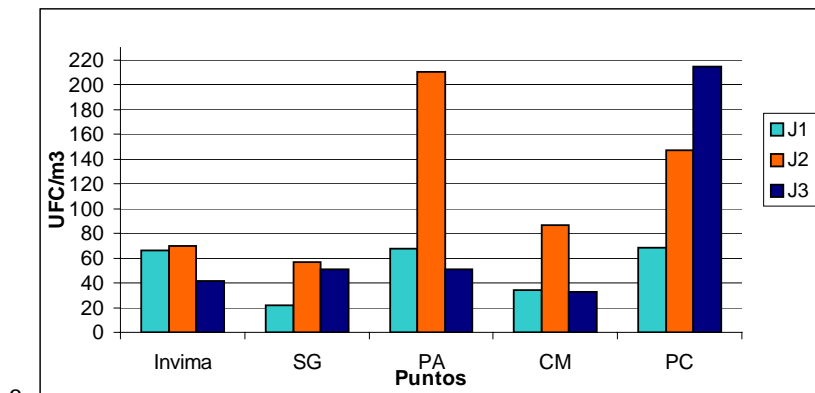


La Figura 21 permite comparar el comportamiento diario de las UFC/m<sup>3</sup>. La Jornada 3 en todos los días muestra poca variación, mientras que en las otras jornadas hay mayor dispersión de datos. El día 2 presenta poca variabilidad y se mantienen niveles bajos de microorganismos, la concentración de contaminantes también fue baja ese día. Los demás días presentan comportamientos que se mantienen en un rango de 100 UFC/m<sup>3</sup> a 300 UFC/m<sup>3</sup>. Sin embargo los días 3, 4, 5 y 6 presentan picos significativos que coinciden con el Punto 5 en la Jornada 1 y 2, esto significa que las condiciones de ese lugar favorecen a que haya diferencias significativas respecto a los otros puntos. La concentración de microorganismos en el Punto 3 Jornada 2 también tiene una tendencia de aumento en varios días.

### 3.2.1. Análisis detallado de UFC/m<sup>3</sup> en el día más crítico y menos crítico.

Día 2. (1 Noviembre 2005).

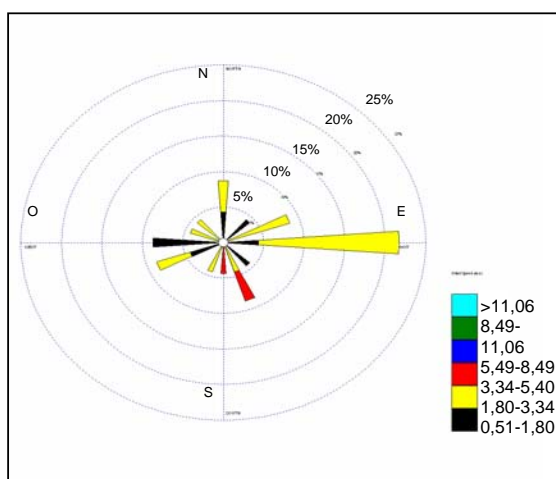
Figura 22. Variación de UFC/m<sup>3</sup> para el día



2.

La concentración promedio de microorganismos más baja registrada, se dió en éste día. Los niveles son similares para todos los puntos excepto para el Punto Puente Aranda (PA) y Parque Cundinamarca (PC). En PC las Jornadas 2 y 3 tienen concentraciones altas respecto a los otros puntos, las diferencias en ambos casos pueden estar influenciadas por mayor actividad en general o condiciones atmosféricas óptimas. La Jornada 2 de Puente Aranda supera en un 75 % al promedio, presentando similitud con la Jornada 3 de PC

Figura 23. Rosa de vientos Estación Merck. Barrio Salazar Gómez para el día 2.

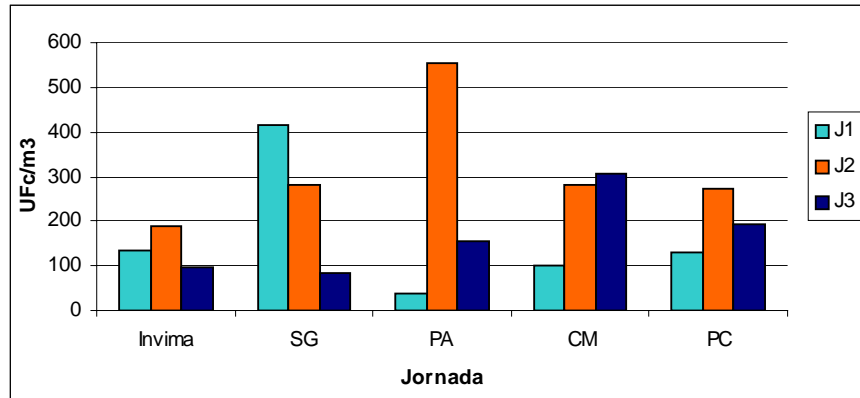


1 Noviembre 2005.

El movimiento horizontal de los vientos analizado en la rosa de vientos incide en la dispersión de los microorganismos. Es importante saber la posición relativa de los puntos para relacionarlos con la rosa de vientos; De occidente a oriente los puntos se distribuyen así, P1, P2, P3, P4, P5. De norte a sur no hay diferencias de distancia significativas, pero se encuentra P1 más al norte y P4 más al sur. Anexo C. La rosa de vientos del día 2 en la Figura 23, muestra que los vientos ligeros predominantes venían de oriente a occidente, esto indica que los vientos se desplazan desde el punto 5 pasando por los demás. En el punto 5 se presenta la mayor concentración, siendo el siguiente valor más alto en el punto 3. Aunque hay vientos provenientes de todas las direcciones, son más frecuentes los vientos de oriente, lo anterior sugiere un desplazamiento de vientos que permiten dispersión de contaminantes.

Día 4. (16 de noviembre 2005)

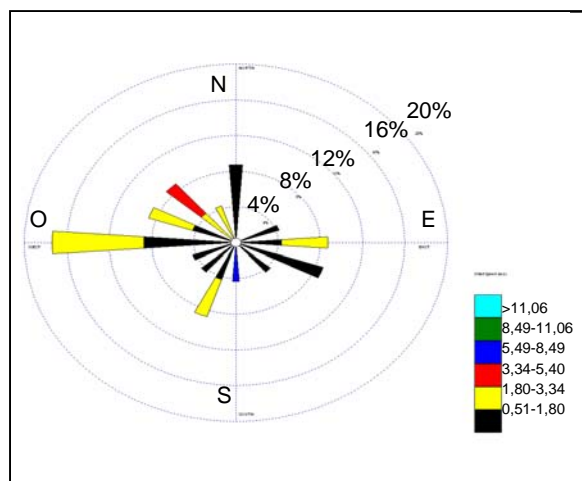
Figura 24. Variación de UFC/m<sup>3</sup> para el día 4.



Este día registró el valor promedio más alto, además presentó amplia variación de 39 a 552 UFC/m<sup>3</sup>, el valor máximo y mínimo ocurrió en el mismo punto PA.

La Jornada 1 fue menor con las siguientes características: temperatura 3 grados menor que en la Jornada 2, PM<sub>10</sub> aproximadamente el 50 % mayor. Los gases SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub> presentaron niveles mayores en la Jornada 1 que en la 2. La radiación también fue menor en la Jornada 1 que en la 2, la Humedad relativa fue más alta en Jornada 1 que en la 2.

Figura 25. Rosa de vientos Estación Merck. Barrio Salazar Gómez para el día 4.



16 de Noviembre de 2005.

Los vientos confluyen de forma homogénea de todas las direcciones, aunque se presenta ausencia de vientos en nororiente; Por occidente vienen la mayor cantidad de vientos, esto indica que el comportamiento es contrario al día dos.

La mayor concentración se presentó en el punto 3, seguido del punto 2. Este hecho muestra que se concentran más microorganismos en los puntos que están en la dirección de procedencia de los vientos. Un hecho común en los dos días es que (P.A), presenta niveles altos, esto puede ocurrir porque es un punto central y por este pasan todos los vientos transportando cargas de microorganismos de todas las direcciones. Como se observa en la rosa de vientos las velocidades son muy bajas lo no cual permite que haya dispersión de microorganismos.

Las diferencias en el comportamiento de las variables climáticas y los niveles de contaminación, explican en parte las diferencias en concentración de microorganismos. La Tabla 18 resume las variables.

El análisis de la rosa de vientos de los demás días se encuentra en el Anexo S.

Tabla 18. Promedios variables climáticas y de calidad de aire en los días 2 y 4

<b>Variable</b>	<b>DIA 2</b>	<b>DIA 4</b>
PM <sub>10</sub>	74,06	183,46
SO <sub>x</sub>	2,86	4,53
NO <sub>x</sub>	35,26	78,6
Temperatura	15,26	15,1
Viento	3,36	2,86
HR	79	80
Rad. Solar	236,66	196,03

El día 4 tiene los niveles más altos de contaminación, En partículas hay una diferencia mayor al 50 %, hecho que se comporta de forma similar en los gases, esto indica que altos niveles de contaminación, coinciden con altas concentraciones de microorganismos. En las variables meteorológicas no se observan diferencias significativas; sin embargo los bioaerosoles son muy sensibles a cambios mínimos en las variables climáticas. Los valores de temperatura, viento y radiación solar fueron mayores en el día 2, solamente la humedad fue mayor el día 4. De lo anterior se puede concluir que la radiación alta del día 2 tuvo un efecto de inactivación disminuyendo su número, además el valor del viento más elevado que el día 4 pudo ayudar a dispersar los microorganismos.

La diversidad de microorganismos en el aire, no permite establecer conclusiones absolutas sobre la forma como los factores climáticos y de contaminación afectan o favorecen la viabilidad de los microorganismos. Por ejemplo mientras que la radiación solar inactiva algunos, a otros como los fotótrofos los beneficia y sirve de fuente de energía.

### 3.3. FAMILIAS AISLADAS DE MICROORGANISMOS.

Se aislaron 58 familias de microorganismos 37 especies de Bacterias y 21 de Hongos, las cuales se pueden observar con más detalle en el Anexo M. En Tabla 19 se presenta un consolidado del número de especies de microorganismos identificadas en el período de muestreo.

Tabla 19. Número de especies de microorganismos.

<i>Coccaceae</i>	11
<i>Bacillaceae</i>	10
<i>Corynebacterieaceae</i>	8
<i>Enterobacteriaceae</i>	7
<i>Pseudomonaceae</i>	1
<b>Total especies Bacterianas</b>	<b>37</b>
<b>Total especies micóticas</b>	<b>20</b>
<b>TOTAL ESPECIES</b>	<b>57</b>

En la Tabla 20 Se presenta un listado detallado de los microorganismos identificados en el período de muestreo.

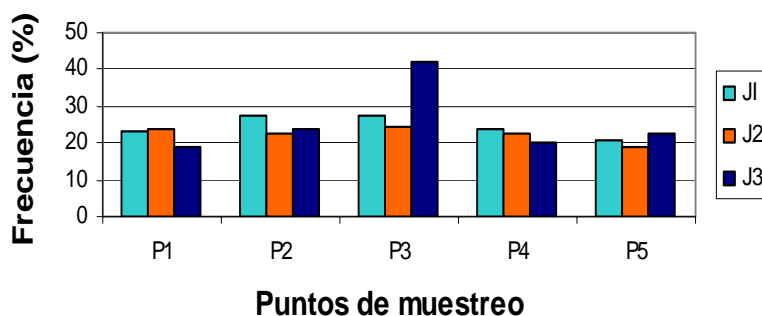
Tabla 20. Familias y especies de microorganismos identificados.

<b>FAMILIA</b>	<b>GENERO Y ESPECIE</b>	
<b>Coccaceae</b>	1. <i>Staphylococcus aureus subespecie aureus</i> 2. <i>Staphylococcus aureus subespecie anaerobius</i> 3. <i>Staphylococcus pasteurii</i> 4. <i>Staphylococcus xylosum</i> 5. <i>Staphylococcus epidermidis</i> 6. <i>Staphylococcus musacea</i>	7. <i>Mycrococcus luteus</i> 8. <i>Mycrococcus sedentarius</i> 9. <i>Mycrococcus rosea</i> 10. <i>Mycrococcus lylae</i> 11. <i>Mycrococcus kristinae</i>
<b>Bacillaceae</b>	1. <i>Bacillus macerans</i> 2. <i>Bacillus megaterium</i> 3. <i>Bacillus subtilis</i> 4. <i>Bacillus mycoides</i> 5. <i>Bacillus polymixa</i>	6. <i>Bacillus pumilus</i> 7. <i>Bacillus coagulans</i> 8. <i>Bacillus cereus</i> 9. <i>Bacillus lentus</i> 10. <i>Bacillus licheniformes</i>
<b>Corynebacterieaceae</b>	1. <i>Corynebacterium flavescens</i> 2. <i>Corynebacterium kutcherii</i>	6. <i>Corynebacterium macginleyi</i> 7. <i>Corynebacterium glucoronoliticum</i>

	3. <i>Corynebacterium matruchitii</i> 4. <i>Corynebacterium minutissimum</i> 5. <i>Corynebacterium amycolatum</i>	8. <i>Corynebacterium jeikeium</i>
<b>Enterobacteriaceae</b>	1. <i>Serratia rubidaea</i> 2. <i>Klebsiella ozonae</i> 3. <i>Proteus mirabilis</i> 4. <i>Escherichia coli.</i>	5. <i>Klebsiella rinocleromatis</i> 6. <i>Serratia odonifera</i> 7. <i>Klebsiella oxytoca</i>
<b>Pseudomonaceae</b>	1. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
<b>HONGOS</b>	1. <i>Scopulariopsis</i> 2. <i>Mucor.</i> 3. <i>Penicillium</i> 4. <i>Cefalosporium</i> 5. <i>Aspergillus Níger</i> 6. <i>Phaecilomyces</i> 7. <i>Fusarium</i> 8. <i>Mycrosporium cannabis</i> 9. <i>Aspergillus fumigatus</i> 10. <i>Rhizopus</i> 11. <i>Acremonium</i>	12. <i>Aspergillus flavus</i> 13. <i>Trichoderma</i> 14. <i>Sincefalastrum</i> 15. <i>Levaduras</i> 16. <i>Cefalosporium</i> 17. <i>Absidia</i> 18. <i>Mycrosporium gypseum</i> 19. <i>Trichophyton shoeleni</i> 20. <i>Geotrichum</i>

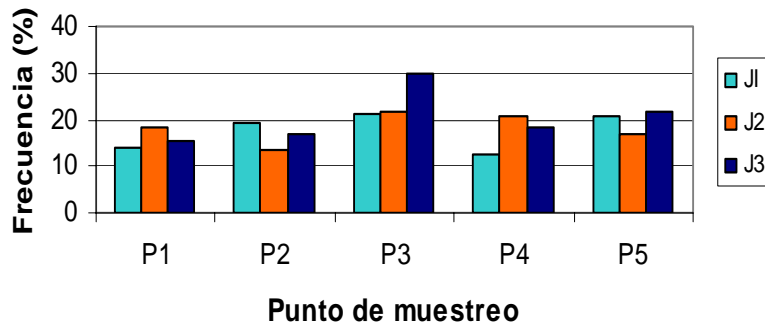
3.3.1 Frecuencia de familias de microorganismos identificadas. Las gráficas que se presentan a continuación, se realizaron con base en los Anexos N y O por lo tanto describe la aparición de determinada familia, en un punto y jornada específica durante todo el período de muestreo.

Figura 26. Frecuencia familia Bacillaceae.



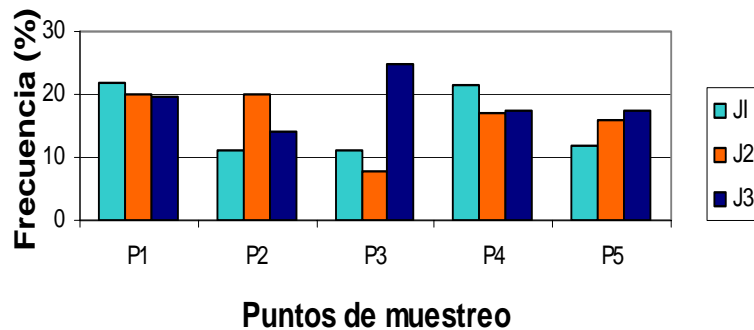
Se observa un comportamiento uniforme en las tres jornadas, las variaciones de frecuencia son bajas, los valores varían entre 18 y 25 %, con un caso atípico en la Jornada 3, del punto 3 en el cual la frecuencia aumenta aproximadamente el doble, siendo el valor más alto, el punto 5 presenta los valores más bajos y el punto 3 los más altos.

Figura 27. Frecuencia familia Corynebacteriaceae.



Se observa un comportamiento variado, ninguna de las jornadas tiene predominancia; El punto 3 presenta los valores más altos teniendo un pico sobresaliente en la tercera jornada, este punto es una zona residencial por la cual circulan animales domésticos continuamente, a lo cual se puede asociar la presencia de este tipo de microorganismos.

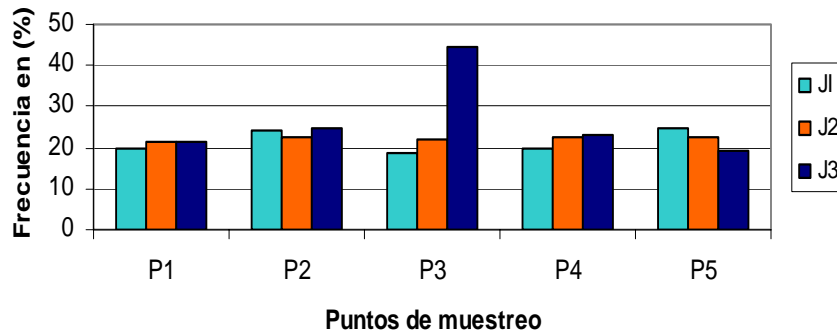
Figura 28. Frecuencia familia Enterobacteraceae.



Se presentan valores cercanos al 20% en la mayoría de los puntos, no existe ninguna tendencia uniforme, la Jornada 2 tiene predominancia ya que presenta valores con poca variación en todos los puntos exceptuando el 3. El pico más alto se encuentra en la Jornada 3 del punto 3, continuando con la tendencia a tener valores mayores en esa jornada y punto específico, se observa que en la Jornada 1 hay valores bajos en los puntos 2, 3 y 5.

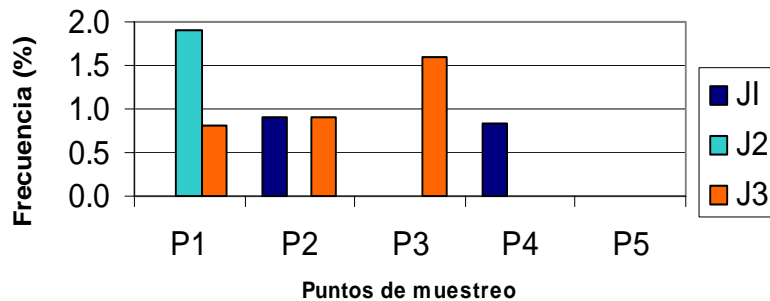


Figura 29. Frecuencia familia Coccaceae.



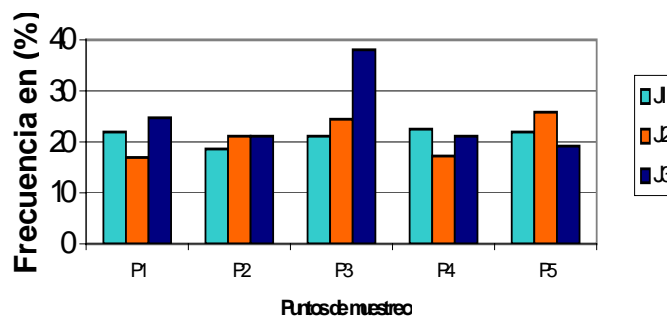
Para ésta familia se encontró un comportamiento uniforme para todas las jornadas los valores están entre el 18 y 20 %, con excepción del pico de la Jornada 3 punto 3, que continua siendo común para todas la familias.

Figura 30. Frecuencia familia Pseudomonaceae.



Como se puede observar, ésta familia tiene las frecuencias más bajas de aparición no superando el 2 % en ninguno de los casos, se encuentra en todos los puntos exceptuando el 5. Tiene predominancia en la Jornada 3 y presenta el pico más alto en la Jornada 2 del punto 1. Se observa que ésta familia de microorganismos no se reporta en todas las jornadas y puntos como es el caso de las otras familias, se debe a que estos microorganismos son atípicos en exteriores y requieren condiciones más exigentes para su crecimiento y desarrollo.

Figura 31. Frecuencia Hongos.



Se observa frecuencias de aparición altas en todos los puntos y jornadas, las variaciones entre puntos y jornadas no son significativas; en los puntos del 1 al 3, la Jornada 3 tiene los valores más altos, de lo anterior se puede concluir que las mayores frecuencias predominan en ésta jornada. Este reino de microorganismos es muy diverso y su hábitat natural son el suelo, agua y aire (exteriores), esto puede explicar que se encuentren en mayor proporción en el aire.

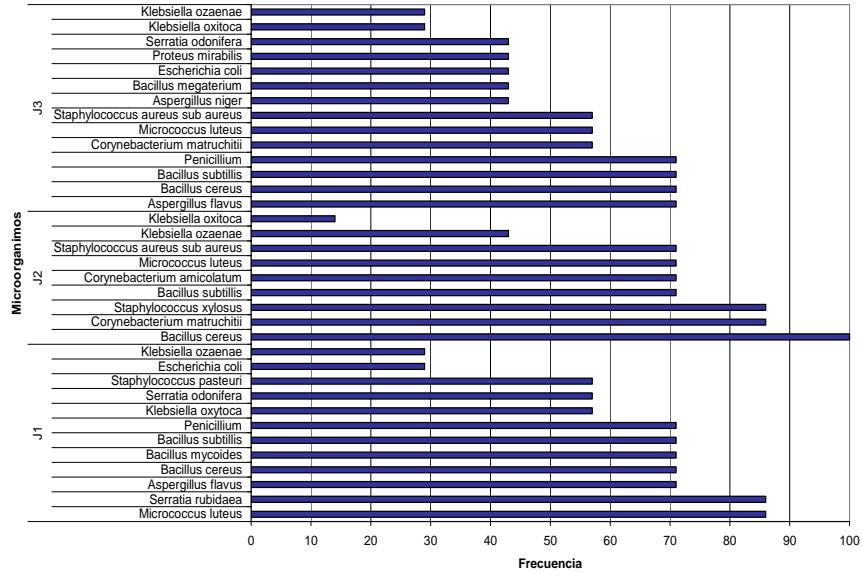
Como se pudo observar en las anteriores Figuras, la Jornada 3 del punto 3 presenta las frecuencias más altas para todas las familias, exceptuando para Pseudomonaceae. Esto indica que en la finalización de la tarde en este punto específico, se puede encontrar la mayor diversidad de microorganismos para todas las familias; esto se puede relacionar con las condiciones climáticas, de calidad de aire de la zona y la cantidad considerable de población flotante que concurre en la misma (Cárcel Modelo e industrias). Además con la alta presencia de animales domésticos y establecimientos comerciales, una topografía accidentada por edificios y casas. Por lo tanto la actividad humana (Vehículos de transporte) e industrial, puede generar hábitat favorables para el desarrollo y proliferación de microorganismos.

3.3.2. Frecuencias de los microorganismos identificados en el período de muestreo. Este apartado se trabajó por medio del procesamiento de las Tablas de frecuencia presentadas en el Anexo M.

A continuación, se muestra la frecuencia de las especies de mayor presencia en las muestras, determinada por la relación entre el número de especies pertenecientes a cada familia, presentes en una jornada del punto y el total de especies identificadas para ese punto en esa jornada. Para el estudio es de vital importancia dar a conocer algunas especies que no presentan frecuencias altas pero por sus características (Microorganismos oportunistas) deben ser reportados.

Punto INVIMA:

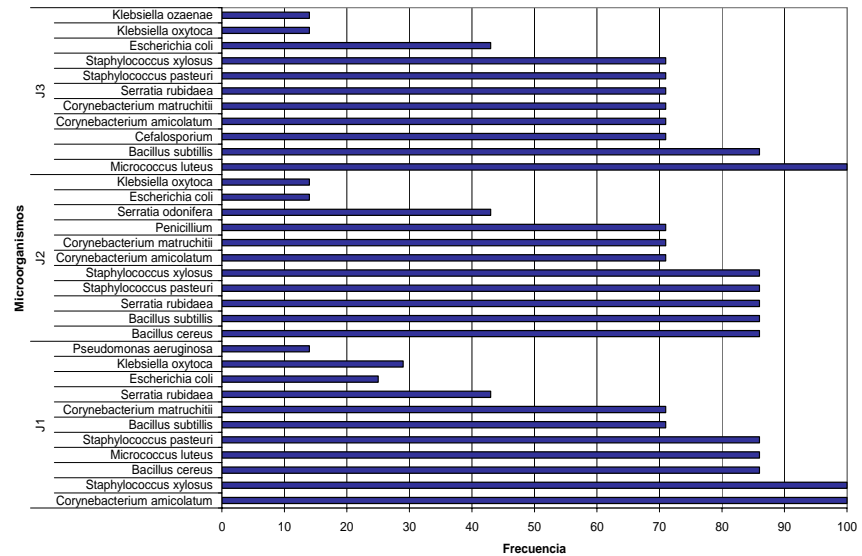
Figura 32. Frecuencia de microorganismos en INVIMA para todas las jornadas.



Frecuencias > 80 %: *Staphylococcus xylosus*, *Corynebacterium matruchitii*, *Micrococcus luteus*, *Serratia rubidaea*. Frecuencia = 100%: *Bacillus cereus*.

Punto Parque Salazar Gómez:

Figura 33. Frecuencia de microorganismos en Parque Salazar Gómez para todas las jornadas.

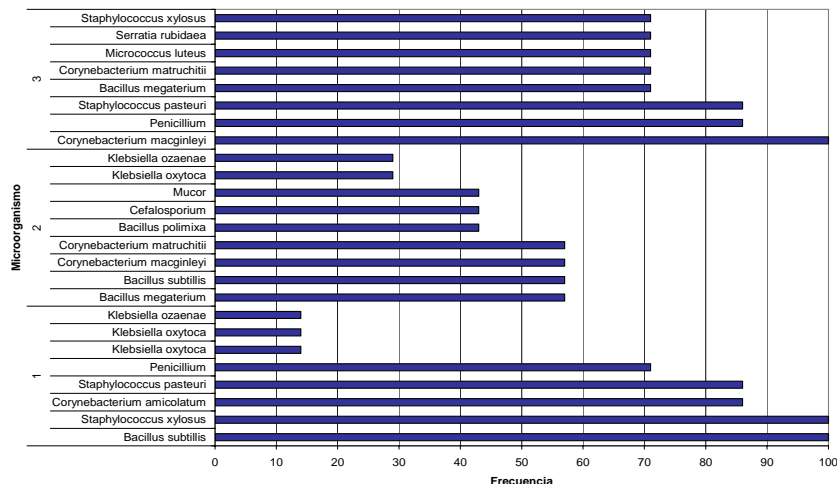


Frecuencias > 80 %: *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Serratia rubidaea*, *Staphylococcus xylosus*. Frecuencia = 100%: *Corynebacterium aminolactum*, *Staphylococcus xylosus* y *Micrococcus luteus*.



Punto Parque Cundinamarca:

Figura 36. Frecuencia de microorganismos en Parque Cundinamarca para todas las jornadas



Frecuencia = 86 % *Corynebacterium amicolatum*, *Staphylococcus pasteurii*, *Penicillium sp.*. Frecuencia = 100%: *Corynebacterium macginleyi*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus xylosum*.

Las Figuras anteriores muestran la diversidad de los microorganismos con mayor frecuencia de aparición en todo el período de muestreo, a continuación se presenta un listado de las especies que tuvieron una frecuencia mayor al 80% y fueron identificadas en todos los puntos.

Tabla 21. Microorganismos con frecuencia mayor a 80% en el período de muestreo

FAMILIA	MICROORGANISMOS
<b>Coccaceae</b>	<i>Staphylococcus xylosum</i> , <i>Staphylococcus pasteurii</i> y <i>Micrococcus Luteus</i> .
<b>Corynebacteriaceae</b>	<i>Corynebacterium matruchitti</i> , <i>Corynebacterium aminolactum</i> y <i>Corynebacterium macginleyi</i> .
<b>Bacillaceae</b>	<i>Bacillus cereus</i> y <i>Bacillus subtilis</i> .
<b>Enterobacteraceae</b>	<i>Serratia rubidea</i> .
<b>HONGOS</b>	<i>Aspergillus flavus</i> y <i>Penicillium.sp.</i>

Cabe resaltar que algunas especies oportunistas que tuvieron frecuencia menor de 30% pueden tener incidencia en la salud, debido a sus características de virulencia y patogenicidad. Los más representativos son: *Klebsiella oxytoca*, *Klebsiella ozaenae*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia odonifera*.

### 3.3.3. Características de pared celular, nutricionales y de fuentes de energía de los microorganismos identificados.

Tabla 22. Clasificación de frecuencias de familias.

FAMILIA	FRECUENCIA APARICIÓN	PARED CELULAR
<i>Coccaceae.</i>	20-45%	Cocos Gram Positivos
<i>Bacillaceae</i>	20 – 42%	Bacilos Gram Positivos
<i>Corynebacteriaceae.</i>	15-30%	Bacilos Gram Positivos
<i>Enterobacteraceae.</i>	7 - 25%	Bacilos Gram Negativos
<i>Pseudomonaceae.</i>	0.5 – 1%	Bacilos Gram Negativos

La Tabla 22 muestra la jerarquización de las frecuencias de familias que aparecieron en el período de muestreo. Los microorganismos Gram positivos fueron aproximadamente 20 % más frecuentes que los Gram negativos; Hecho que genera un factor de riesgo importante para la salud humana, puesto que “una variedad de patógenos bacterianos afectan el tracto respiratorio y como su modo de transmisión es el aire, son predominantemente bacterias Gram positivas.”<sup>93</sup> La pared celular de los Gram positivos, puede ser la clave de adaptación a las condiciones que se presentan cuando están suspendidos en el aire en forma de bioaerosol.

La pared celular de las bacterias Gram negativas, está compuesta por varias capas y es bastante compleja, por otro lado la pared de las Gram positivas está formada por un tipo de molécula y es mucho más ancha. La composición química de los dos tipos de paredes es similar, un compuesto derivado de los azúcares denominado peptidoglicano es el responsable de dar rigidez y resistencia a las paredes celulares. La pared celular de las bacterias Gram positivas se compone de 90% de peptidoglicano, posee varias capas y además cantidades menores de ácidos teicoicos. Mientras que la pared celular de las Gram negativas contienen solo 10 % de peptidoglicano, la mayor parte se compone de lipopolisacaridos, proteínas y principalmente fosfolípidos. Estas diferencias hace que sean más viables las bacterias Gram positivas que las Gram Negativas; La susceptibilidad de las bacterias Gram negativas se debe a los factores climáticos, puesto que la temperatura, la humedad relativa y radiación solar son factores limitantes, ya sea por exceso o por déficit inducen

<sup>93</sup> Op.cit. MADIGAN. p.931

inactivación bacteriana, cuando esto sucede se ven afectados principalmente los fosfolípidos y proteínas<sup>94</sup>.

Los hongos son más resistentes a las condiciones de humedad y resequead. Las paredes celulares son resistentes y de composición diferente a la de las bacterias. El rango de frecuencia de aparición de los hongos en el período de muestreo es 15 - 35 %. Los más frecuentes que se identificaron fueron *Aspergillus s.p* y *Penicillium s.p.*; Estudios realizados en Canadá muestran que el hongo más abundante en la atmósfera es *Clodosporium*<sup>95</sup> este no se encontró en la localidad de Puente Aranda.

La importancia de los hongos radica en que son patógenos y también producen una variedad de metabolitos secundarios, incluyendo micotoxinas y Compuestos Orgánicos Volátiles VOC's<sup>96</sup>.

Tabla 23 Clasificación de microorganismos según su fuente de alimento y energía.

MICROORGANISMO	Frecuencia Aparición	REQUERIMIENTOS	
		ALIMENTICIOS	ENERGETICOS
<i>Staphylococcus xylosus</i>	>80 %	Heterótrofo	Quimiorganótrofo
<i>Staphylococcus pasteurii</i>	86%	Heterótrofo	Quimiorganótrofo
<i>Mycrococcus luteus</i>	86%	Heterótrofo	Quimiorganótrofo
<i>Corynebacterium matruchitti</i>	>80%	Heterótrofo	Quimiorganótrofo
<i>Corynebacterium aminolactum</i>	>80%	Heterótrofo	Quimiorganótrofo
<i>Corynebacterium macginleyi</i>	>80%	Heterótrofo	Quimiorganótrofo
<i>Bacillus cereus</i>	>80	Heterótrofo	Quimiolitótrofo
<i>Bacillus subtilis</i>	> 80	Heterótrofo	Fotoautótrofo
<i>Serratia rubidea</i>	>80%	Heterótrofo	Quimiorganótrofo
<i>Aspergillus flavus</i>	>80%	Heterótrofo	Quimiorganótrofo
<i>Penicillium</i>	>87%	Heterótrofo	Quimiorganótrofo
<i>Klebsiella oxytoca</i>	<30%	Heterótrofo	Fotoautótrofo
<i>Klebsiella ozonae</i>	<30%	Heterótrofo	Fotoautótrofo
<i>Escherichia coli</i>	<30%	Heterótrofo	Quimiorganótrofo
<i>Serratia odonifera</i>	<30%	Heterótrofo	Quimiorganótrofo
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<30%	Heterótrofo	Fotoautótrofo Quimiorganótrofo
<i>Staphylococcus aureus,</i>	<75%	Heterótrofo	Quimiorganótrofo
<i>Streptococcus mutans</i>	Blanco	Heterótrofo	Quimiorganótrofo
<i>Morganella morgani</i>	Blanco	Heterótrofo	Quimiorganótrofo

<sup>94</sup> Op.cit. JEFF. P. p 828

<sup>95</sup> Op.cit. GREGORY.

<sup>96</sup> COLE, R.J. y R.H. COX Handbook of toxic metabolites. Academic Press, Inc., New York, 1981

Para que el aire sea un hábitat temporal microbiano, los microorganismos deben tener ciertas características que les permita sobrevivir. Según Altas y Bartha la radiación solar, la concentración de dióxido de carbono y Humedad Relativa son suficientes para favorecer el crecimiento de microorganismos fotoautótrofos. Además el aire en las zonas industriales tiene concentraciones de material particulado y sustancias químicas inorgánicas que permiten el crecimiento de algunos heterótrofos<sup>97</sup>. La Tabla 23 muestra los microorganismos con más de 80 % de aparición, que se podrían considerar comunes en el muestreo y los de menos de 30 % que su aparición podría ser casual.

3.3.4. Resultados de muestreo Blanco de referencia. Este muestreo se llevó a cabo el Domingo 30 de Enero de 2006, en el municipio de Guatavita Cundinamarca, el cual tiene las siguientes características: está ubicado a 2668 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura de promedio de 14°C, este municipio se encuentra frente al embalse de Tominé, la actividad industrial es baja, sin embargo se observaron algunas ladrilleras en los alrededores del municipio. Anexo P.

Se escogió esta zona debido a la ausencia de procesos industriales de gran escala y a la similitud de sus características geográficas a las de Bogotá, con la finalidad de realizar una comparación de tipo cualitativo de los microorganismos identificados.

La metodología de muestreo fue la misma utilizada para la zona de estudio, con la diferencia que solo se tomó un punto, por tres jornadas; los medios de cultivo fueron lo mismos.

---

<sup>97</sup> Op.cit. ATLAS y BARTHA, p. 331



Tabla 24. Especies de microorganismos identificados en el muestreo blanco.

BACTERIAS	HONGOS
<b>JORNADA 1</b>	
<i>Bacillus cereus</i> <i>Bacillus lentus</i> <i>Bacillus mycoides</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Corynebacterium glucoronoliticum</i> <i>Corynebacterium minutissimum</i> <i>Corynebacterium xerosis</i> <i>Klebsiella rhinoscleromatis</i> <i>Mycrococcus kristinae</i> <i>Mycrococcus luteus</i> <i>Morganella morgani</i> <i>Proteus mirabilis</i> <i>Staphylococcus pasteurii</i> <i>Staphylococcus xylosus</i> <i>Streptococcus mutans</i>	<i>Aspergillus flavus</i> <i>Fusarium</i> <i>Mucor</i> <i>Mycrosporium gypseum</i> <i>Penicillium sp.</i> <i>Trichophyton tonsuras</i>
<b>JORNADA 2</b>	
<i>Bacillus cereus</i> <i>Bacillus lentus</i> <i>Bacillus mycoides</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Corynebacterium bovis</i> <i>Corynebacterium glucoronoliticum</i> <i>Corynebacterium matruchotii</i> <i>Klebsiella rhinoscleromatis</i> <i>Mycrococcus lilae</i> <i>Mycrococcus luteus</i> <i>Serratia rubidaea</i> <i>Staphylococcus aureus sub aureus</i> <i>Streptococcus mutans</i> <i>Trichoderma</i>	<i>Cefalosporium</i> <i>Mucor</i> <i>Penicillium s.p</i> <i>Rhizopus</i>
<b>JORNADA 3</b>	
<i>Absidia</i> <i>Bacillus cereus</i> <i>Bacillus lentus</i> <i>Bacillus licheniformes</i> <i>Bacillus polimixa</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Corynebacterium bovis</i> <i>Corynebacterium matruchotii</i> <i>Corynebacterium xerosis</i> <i>Klebsiella rhinoscleromatis</i> <i>Mycrococcus kristinae</i> <i>Mycrococcus luteus</i> <i>Morganella morgani</i>	<i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Fusarium</i> <i>Mycrosporium cannis</i> <i>Mycrosporium gypseum</i> <i>Paecilomyces</i> <i>Penicillium s.p</i> <i>Sincefalastrum</i>

<i>Proteus mirabilis</i> <i>Serratia rubidaea</i> <i>Staphylococcus aureus sub aureus</i> <i>Staphylococcus pasteurii</i> <i>Staphylococcus xylosum</i> <i>Streptococcus mutans</i>	
--	--

En éste punto se encontró una diversidad moderada de especies, para efectos de comparación las especies comunes en la zona de estudio y de blanco son:

Tabla 25. Especies comunes en la zona de estudio y en el blanco de referencia.

Bacterias	Hongos
<i>Bacillus cereus</i>	<i>Aspergillus flavus</i>
<i>Bacillus lentus</i>	<i>Aspergillus Níger</i>
<i>Bacillus mycoides</i>	<i>Cefalosporium</i>
<i>Corynebacterium matruchotii</i>	<i>Fusarium</i>
<i>Klebsiella rhinoscleromatis</i>	<i>Mucor</i>
<i>Mycrococcus kristinae</i>	<i>Mycrosporium gypseum</i>
<i>Proteus mirabilis</i>	<i>Penicillium s.p</i>
<i>Serratia rubidaea</i>	<i>Rhizopus</i>
<i>Staphylococcus aureus sub aureus</i>	<i>Sincefalastrum</i>
<i>Staphylococcus pasteurii</i>	
<i>Staphylococcus xylosum</i>	
<i>Streptococcus mutans</i>	

Dentro de los resultados de frecuencia obtenidos, se puede concluir que algunas de las 12 especies identificadas en este muestreo, tienen frecuencias de aparición altas en los muestreos en zona urbana, cabe resaltar que se registró la presencia de *Staphylococcus aureus sub. aerobious* que como se mencionó anteriormente es uno de los patógenos más agresivos.

Para los hongos se presenta la misma situación, las 9 especies identificadas tienen frecuencias significativas durante todo el muestreo en la ciudad.

Las especies de bacterias y hongos diferentes encontradas fueron las siguientes:

Tabla 26. Especies diferentes a las encontradas en la ciudad.

Bacterias	Hongos
<i>Bacillus licheniformes</i>	<i>Trichophyton tonsuras</i>
<i>Corynebacterium bovis</i>	<i>Mycrosporium canis</i>
<i>Corynebacterium glucoronoliticum</i>	<i>Mycrosporium gypseum</i>
<i>Corynebacterium xerosis</i>	
<i>Streptococcus mutans</i>	
<i>Morganella morganii</i>	

Como se pudo evidenciar el blanco de referencia reporta microorganismos comunes con la zona de estudio, dentro de los cuales se encuentran algunos de los que presentaron frecuencias de aparición altas en todo el período de muestreo. Sin embargo algunos no son comunes y es de resaltar sus características generales.

Dentro del género bacteria, *Morganella morganii* pertenece a las enterobacterias y es causante de infecciones del tracto urinario; *Streptococcus mutans* que ha sido implicado como la especie más importante causante de la caries dental; *Corynebacterium bovis* que generalmente coloniza la ubre de los bovinos, puede causar infecciones de la ubre (Mástitis) disminuyendo la producción de leche y *Corynebacterium xerosis* que se relaciona generalmente con bacteremia, infecciones de piel, neumonía en personas inmunosuprimidas y endocarditis. Para el caso de los hongos, *Mycrosporium gypseum* se encuentra en el suelo colonizando sustratos queratínicos como pelos, plumás, piel y uñas de animales<sup>98</sup> y *Mycrosporium canis* provoca *tinea capitis* y *tinea corporis*, principalmente en niños.

3.3.5. Microorganismos patógenos en el período de muestreo. Dentro de los objetivos del proyecto se buscaba verificar la presencia durante el período de muestreo de los siguientes microorganismos patógenos: *Haemophilus influenzae*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Klebsiella pneumoniae*. Para esta fase se identificaron las siguientes especies *Staphylococcus aureus*, subespecie *aerobius*, *Staphylococcus aureus*, subespecie *anaerobius* y *Pseudomonas aeruginosa*.

Tabla 27. Frecuencia de aparición de patógenos.

Microorganismo	FRECUENCIA (%)		
	J1	J2	J3
<i>Staphylococcus aureus</i> , subespecie <i>aerobius</i> .	26	21	28
<i>Staphylococcus aureus</i> , subespecie <i>anaerobius</i> .	2	3	5
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> .	5	5	5

<sup>98</sup> Dermatofitosis por *Microsporium gypseum*: Descripción de ocho casos y revisión de la literatura. Pedro García-Martos, Servicio de Microbiología, Hospital Universitario Puerta del Mar, Cádiz, España 2004

Tabla 28. Microorganismos patógenos durante el período de muestreo.

DIA	PUNTO	Microorg.	1			2			3			4			5			6			7		
			J1	J2	J3	J1	J2	J3	J1	J2	J3	J1	J2	J3	J1	J2	J3	J1	J2	J3	J1	J2	J3
1	1		1	1	1		1	1		1		1	1	1	1	1	1				1		
	2		2																				
	3					3						3	3	3									
2	1		1	1	1					1			1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2			2			2																
	3							3			3												
3	1		1						1	1				1	1								
	2									2													
	3											3											
4	1		1	1			1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2					2																	
	3										3												
5	1				1	1			1	1	1			1			1						
	2												2										
	3											3											

Microorganismos:

- 1: *Staphylococcus aureus, subespecie aerobius.*
- 2: *Staphylococcus aureus, subespecie anaerobius.*
- 3: *Pseudomonas aeruginosa.*

Como se referenció en la teoría, los microorganismos de la especie *Staphylococcus aureus* son patógenos oportunistas que causan infecciones y enfermedades como: diviesos, espinillas, impétigo, neumonía, endocarditis, meningitis y artritis.

Es evidente que la especie con mayor frecuencia es *Staphylococcus aureus, subespecie aerobius* con un 75 % de aparición durante todo el muestreo, está distribuida proporcionalmente en todas la jornadas, de lo cual se puede concluir que no influye la hora del día para que esté presente este microorganismo, en cuanto al punto de muestreo se observa que aparece en los cinco puntos, por lo tanto no se puede relacionar su presencia con un lugar específico.

Para el caso de *Staphylococcus aureus, subespecie anaerobius*, presenta valores de frecuencia bajos, no es posible decir que predomine en alguna jornada en especial, aunque la frecuencia más alta se presenta en la Jornada 3, también se pueden encontrar en los cinco puntos de muestreo por lo tanto no se puede atribuir su presencia a un determinado lugar.

La especie *Pseudomonas aeruginosa* es el patógeno humano más representativo de esta familia y causa infecciones nosocomiales, mortalidad con fibrosis quística, enfermedades neoplásicas y quemaduras severas.

Aunque presenta frecuencias bajas se puede encontrar en los cinco puntos y en las tres jornadas.

Patógenos encontrados en la fase anterior: Se identificaron los siguientes microorganismos: *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* subespecie anaerobius y *Staphylococcus aureus* subespecie aerobius, distribuidas en los cinco puntos de muestreo, como se observa en la Tabla.29.

Tabla 29. Patógenos identificados en la fase anterior

Microorganismo Patógeno	Punto	Jornada
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	La Merced	2
	Parque P.A.	1
	Parque Cund.	2
<i>Staphylococcus aureus</i> sb anaerobius	INVIMA	1
<i>Staphylococcus aureus</i> sb aerobius	Parque S.G.	1

Fuente: Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos patógenos en los bioaerosoles, en una zona de alta actividad industrial y flujo vehicular de la localidad de Puente Aranda en Bogotá D.C. Ivone Rey y Milena Fula. Universidad de La Salle 2005.

Se observa que en la fase anterior aparecieron los mismos patógenos, con la diferencia que su presencia se puede asociar con horas específicas del día que para el caso son las Jornadas 1 y 2, en cuanto a los puntos es interesante que en INVIMA, Parque Salazar Gómez y Parque barrio Puente Aranda, que son zonas cercanas entre si, los microorganismos aparecen en las horas de la mañana Jornada 1 y para el Colegio La Merced y Parque Cundinamarca se reportan en la Jornada 2. Es complicado atribuir estas diferencias a alguna fuente o actividad en especial debido a la variedad que presenta el sector.

Se concluye que las especies de patógenos humanos encontradas, están presentes en los cinco puntos de muestreo por lo tanto no se pueden relacionar exclusivamente con una zona; la hora del día no es un factor influyente, ya que están presentes en las tres jornadas con poca variación en las frecuencias. Estos resultados significan que existe una amenaza para la comunidad de la zona y la situación empeora debido a que la localidad cuenta con una cantidad considerable de población flotante que funciona como vehículo de transporte de los microorganismos.

### 3.4. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS Y DE CALIDAD DE AIRE EN LA VIABILIDAD DE APARICIÓN DE MICROORGANISMOS.

3.4.1. Análisis de correlación de Pearson entre variables. Los datos para trabajar este capítulo fueron tomados del Anexo Q.

Correlación de UFC/m<sup>3</sup> con Temperatura, Viento, Radiación Solar y Humedad Relativa.

Tabla 30. Correlaciones UFC/m<sup>3</sup> v.s. TEMP, Viento, BRISOL y HR, para todo el período de muestreo.

	TEMP	Viento	BRISOL	HR (%)
UFC/m <sup>3</sup>	0.3393 ***	0.0857	0.17312	- 0.3393 ***
TEMP	1	0.418 ***	0.51627***	1
Viento	-	1	0.00848	- 0.418 ***
BRISOL	-	-	1	-0.5162 ***
HR	-	-	-	1

\*\*\* La correlación es significativa al nivel 1%.

\*\* La correlación es significativa al nivel 5%.

\* La correlación es significativa al nivel 10%.

Se comprobó una correlación débil altamente significativa entre la concentración de microorganismos y temperatura, la relación es positiva; también se presenta una correlación débil de alta significancia con la humedad relativa, la relación es inversa, en otras palabras la disminución de la humedad relativa aumenta la viabilidad de los microorganismos en el aire.

Tabla 31. Correlaciones UFC/m<sup>3</sup> v.s. TEMP, Viento, BRISOL y HR, para todo el período de muestreo.

	DIA	TEMP	Viento	BRISOL	HR (%)
UFC/m <sup>3</sup>	D1	-0.42991	-0.63955 *	N/D	0.42986
	D2	0.02085	0.25366	-0.38027	-0.02082
	D3	0.30552	-0.42446	0.37705	-0.30561
	D4	0.35046	0.49555 **	0.1847	-0.35031
	D5	0.58904**	0.321	0.02751	-0.58894**
	D6	0.6523 ***	-0.4672 **	0.28651	-0.6524 **
	D7	0.7269 ***	0.20351	0.43549	-0.7269 ***

\*\*\* La correlación es significativa al nivel 1%.

\*\* La correlación es significativa al nivel 5%.

\* La correlación es significativa al nivel 10%.

La temperatura presenta correlaciones significativas los días 5, 6 y 7, con una relación proporcional, en estos días ésta variable no tiene ninguna tendencia específica, por el contrario las variaciones entre días son marcadas.

El viento presenta correlaciones significativas los días 1, 4 y 6, la relación predominante es inversa entre las variables (días 1 y 6) con excepción del día 4 que la relación es positiva y presenta la mayor concentración de UFC/ m<sup>3</sup> durante todo el período de muestreo; es de resaltar que la magnitud de viento durante este día estuvo por debajo del promedio.

En cuanto a la humedad relativa se presentan correlaciones ligeramente fuertes, de alta significancia; la relación entre las variables es positiva en los días 5, 6, 7; dentro de los cuales este parámetro reportó un comportamiento similar con el de los demás días en todo el período de muestreo.

Correlación de UFC/m<sup>3</sup> con SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y PM<sub>10</sub>.

Tabla 32. Correlaciones UFC/m<sup>3</sup> v.s. SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y PM<sub>10</sub>, para cada todo el período de muestreo.

	PM10	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>
UFC/m <sup>3</sup>	0.1049	-0.07471	-0.06737
PM10	1	0.7452***	0.7469***
SO <sub>2</sub>	-	1	0.9037***
NO <sub>2</sub>	-	-	1

\*\*\* La correlación es significativa al nivel 1%.

\*\* La correlación es significativa al nivel 5%.

\* La correlación es significante al nivel 10%.

Es evidente que para las variables de interés no hay ninguna correlación significativa con la concentración de microorganismos, por lo tanto es necesario observar detalladamente las correlaciones diarias.

Las correlaciones que se presentan entre SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y PM<sub>10</sub> son altas, situación que es predecible debido a las relaciones que estos compuestos presentan en la atmósfera. Las relaciones entre éstas variables son positivas.

Tabla 33. Correlaciones UFC/m<sup>3</sup> v.s. SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y PM<sub>10</sub>, para cada día de muestreo.

	DIA	PM10	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>
UFC/m <sup>3</sup>	1	0.411	0.4968**	0.5644**
	2	-0.08113	0.1993	0.02382
	3	0.7366***	0.1311	0.3146
	4	-0.195	-0.3246	-0.2942
	5	-0.1434	-0.3614	-0.4406*
	6	0.117	-0.221	-0.2921
	7	-0.19146	-0.369	-0.2977

- \*\*\* La correlación es significativa al nivel 1%.
- \*\* La correlación es significativa al nivel 5%.
- \* La correlación es significativa al nivel 10%.

Como se puede observar en la Tabla 33. En tres días de los 7 existen correlaciones débiles entre algunas de las variables y las UFC/m<sup>3</sup>.

Para el caso del día uno NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> muestran correlaciones significativas, Es importante mencionar que en este día los valores de concentración de UFC se encuentran dentro del promedio total del muestreo y las concentraciones de estos gases son relativamente bajas. La relación entre las variables es positiva.

En el día 3 PM<sub>10</sub> presenta la correlación más alta en términos de significancia (1%), es posible que esta correlación se pueda relacionar con los picos de concentración que presentan las UFC/ m<sup>3</sup> que alcanzan un máximo de 489 UFC/ m<sup>3</sup>. La relación entre las variables es positiva.

En el día 7 NO<sub>x</sub> presenta una correlación ligeramente alta, significativa al 10%, la relación entre las variables es inversa, situación que contradice lo que se obtuvo para el día 1.

Con los resultados obtenidos en los anteriores análisis, se puede concluir que es necesario verificar las relaciones entre éstas, variables por medio de una herramienta estadística más avanzada (regresiones de Poisson), al determinar el grado en que se relacionan y establecer el comportamiento de las mismas en un modelo que no sea lineal.

Se puede concluir que el conjunto de variables climáticas y de calidad de aire que coexisten en un momento y lugar dado con la UFC/m<sup>3</sup>, no se interrelacionan bajo un modelo matemático lineal estricto. Sin embargo se corrobora que tampoco hay ausencia total de correlación. Esto indica que las variables están interactuando de otra forma, que se explica con otros modelos estadísticos.



### 3.4.2. Análisis de Regresión Poisson entre variables.

La regresión de Poisson permite modelar el comportamiento de una variable (UFC/m<sup>3</sup>) de respuesta de recuento a partir de una o varias variables explicativas (categóricas o continuas) (PM<sub>10</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, Radiación Solar, Temperatura, etc.)

- Regresión de Poisson UFC/m<sup>3</sup> v.s. Día, Jornada y Punto.

Tabla 34. Resultado regresión de Poisson de UFC/m<sup>3</sup> v.s. Día, Jornada y Punto.

Fuente	G. de Libertad	Chi- cuadrado	Pr > Chisq
<b>DIA</b>	6	1291.80	< 0.0001***
<b>JORNADA</b>	2	1367.61	< 0.0001***
<b>PUNTO</b>	4	1502.83	< 0.0001***

En esta regresión se analizó la influencia de variables como día, jornada y punto sobre la concentración de microorganismos. En la Tabla 36 se evidencia que las tres variables en cuestión tuvieron un efecto importante sobre las UFC/m<sup>3</sup>, ésta afirmación se fundamenta en que el resultado de la probabilidad **Pr** es altamente significativo. Tal como se ilustra en la Tabla 18, en la que se presentan los promedios y coeficientes de variación de este parámetro.

- Regresión de Poisson para Factores climáticos y variables de calidad del aire.

Tabla 35. Tabla resumen de modelos de parámetros independientes

Parametro		Intercepto	Estimador	Significancia
<b>Temperatura</b>	LnUFC/m3	2.941	0.130	***
	UFC	18.942	1.138	
<b>Viento</b>	LnUFC/m3	4.926	0.021	***
	UFC	137.882	1.021	
<b>Humedad Relativa</b>	LnUFC/m3	7.164	-0.028	****
	UFC	1292.327	0.972	
<b>RadiaciónSolar</b>	LnUFC/m3	5.138	0.000	***
	UFC	170.426	1.000	
<b>PM<sub>10</sub></b>	LnUFC/m3	4.792	0.002	***
	UFC	120.554	1.002	
<b>SO<sub>x</sub></b>	LnUFC/m3	5.098	-0.030	***
	UFC	163.661	0.971	
<b>NO<sub>x</sub></b>	LnUFC/m3	5.039	-0.001	***
	UFC	154.238	0.999	

Teniendo en cuenta cada parámetro independiente, la regresión de poisson sirve para comparar el peso de cada variable, en la influencia que tiene sobre el número UFC/m<sup>3</sup>. Ahora bien cada modelo o ecuación no explica el fenómeno como tal, es necesario consolidar una sola ecuación, que permite modelar el comportamiento de las UFC/m<sup>3</sup> según los parámetros de calidad de aire y factores meteorológicos.

Para cada parámetro se calcula intercepto y estimador, cada uno de estos valores representa la interrelación del parámetro UFC/m<sup>3</sup> y cada variable. La interpretación del estimador es que cada aumento unitario de temperatura significa un aumento de 1.138 UFC/m<sup>3</sup>. Se interpreta de la misma manera con los otros parámetros; El grado de significancia de 1% establece que el error tipo uno es muy bajo, asegurando que es un modelo muy apropiado e induce a errores insignificantes.

El modelo calcula los coeficientes (intercepto y estimador) como logaritmo natural, es necesario entonces hacer la predicción, calculando previamente el logaritmo neperiano.  $e^x$  donde x es igual a intercepto y parámetro según el caso.

Tabla 36. Ecuaciones logarítmicas de predicción para todas las variables.

Parámetro	Ecuación de predicción
Temperatura	$Ln \frac{UFC}{m^3} = 2.941 + TEMP(0.130)$
Viento	$Ln \frac{UFC}{m^3} = 4.926 + VIENTO(0.021)$
Radiación Solar	$Ln \frac{UFC}{m^3} = 5.138 + BRISOL(0.0001)$
PM <sub>10</sub>	$Ln \frac{UFC}{m^3} = 4.792 + PM_{10}(0.002)$
SO <sub>x</sub>	$Ln \frac{UFC}{m^3} = 5.098 + SO_x(-0.030)$
NO <sub>x</sub>	$Ln \frac{UFC}{m^3} = 5.039 + NO_x(-0.001)$

Las ecuaciones presentadas en la Tabla 36, muestran como se comporta cada variable frente a la concentración microorganismos, bajo la salvedad que solo se pueden aplicar para el período de muestreo.

- Regresión de Poisson UFC/m<sup>3</sup> v.s. SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y PM<sub>10</sub>.

Tabla 37. Regresión de Poisson UFC/m<sup>3</sup> v.s. SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y PM<sub>10</sub>.

Parámetro		Intercepto	Estimador	Significancia
PM <sub>10</sub>	Ln UFC/m3	5.007	0.005	***
	UFC	149.486	1.005	
SO <sub>x</sub>	Ln UFC/m3	5.007	-0.133	***
	UFC	149.486	0.876	
NO <sub>x</sub>	Ln UFC/m3	5.007	-0.003	***
	UFC	149.486	0.997	

Como se evidencia en la Tabla 37 el modelo arroja resultados de alta significancia, esto corrobora la influencia de estos parámetros sobre la viabilidad de los microorganismos en el aire.

De la Tabla 37 se puede generar la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 9. } \text{Ln} \frac{\text{UFC}}{\text{m}^3} = 5.007 + 0.005\text{PM}_{10} - 0.133\text{SO}_x - 0.003\text{NO}_x$$

Por lo tanto:

Al haber un aumento en una unidad de PM<sub>10</sub> las UFC/m<sup>3</sup> aumentan en 1.0005 unidades, de la misma manera con las demás variables.

Modelo de Regresión de Poisson integrando variables climáticas y de calidad de aire.

Tabla 38. Regresión de poisson (UFC/m<sup>3</sup>).parámetros completos

Parámetro		Intercepto	Estimador	Significancia
PM <sub>10</sub>	Ln UFC/m3	2.9708	0.0035	***
	UFC	15.507	1.003	
SO <sub>x</sub>	Ln UFC/m3	2.9708	-0.1598	***
	UFC	15.507	0.8523	
NO <sub>x</sub>	Ln UFC/m3	2.9708	0.0018	***
	UFC	15.507	1.0018	
Temp	Ln UFC/m3	2.9708	0.1343	***
	UFC	15.507	1.1437	
Viento	Ln UFC/m3	2.9708	-0.0271	***
	UFC	15.507	0.9732	

Ecuación 10.

$$\text{Ln} \frac{\text{UFC}}{\text{m}^3} = 2.9708 + 0.0035(\text{PM}_{10}) - 0.16(\text{SO}_x) + 0.002(\text{NO}_x) + 13.43(\text{TEMP}) - 0.027(\text{VIENTO})$$

Este modelo se desarrolló con la finalidad de analizar la influencia de éstas variables sobre la concentración de microorganismos. Las ecuaciones 9 y 10 estiman un valor de probabilidad y no describe el fenómeno real. Para llegar a resultados más aproximados es necesario refinar el modelo por medio de métodos numéricos y componentes principales; de ésta forma se obtiene un modelo físico que es más exacto; pero se necesitaría hacer experimentos individuales para calcular coeficientes más aproximados a la realidad y tener una población muestral con cerca de 1500 observaciones.

La utilidad de éste modelo es que puede servir como base para mejorar herramientas de predicción que permitan establecer alarmas tempranas; Al refinar modelos de viabilidad de microorganismos se podría monitorear la concentración de UFC/m<sup>3</sup>, sin necesidad de hacer todo el procedimiento de muestreo, conteo y preparación de cultivos. No se sugiere un reemplazo de las técnicas de microbiología para evaluar la concentración de microorganismos en el aire, simplemente se pretende desarrollar herramientas matemáticas y físicas altamente especializadas, Así sería posible monitorear las concentraciones de microorganismos con técnicas más económicas.

## CONCLUSIONES

- De los microorganismos patógenos que se pretendían identificar por su incidencia negativa en la salud humana se encontraron: *Staphylococcus aureus*, *Subespecie aureus y anaerobius* y *Pseudomonas aeruginosa*. Además se identificaron microorganismos oportunistas que pueden entrar por vía aérea y causar infección en diferentes sistemas del cuerpo, como es el caso de *E. coli*, *Proteus sp*, *Klebsiella sp* que son comunes en infecciones urinarias y algunos hongos que pueden producir infecciones en ojos y piel; Esto quiere decir que la calidad del aire no solo genera problemas relacionados con enfermedades respiratorias sino que se aumenta la amenaza de contraer infecciones debido a la presencia de microorganismos, además la vulnerabilidad de la población expuesta puede generar riesgos para la salud pública.
- Se asilaron 5 familias de bacterias, en total 37 especies diferentes. Del análisis de frecuencia se puede concluir que la familia Coccaceae fue la más abundante, seguida de la familia Bacillaceae, esto se atribuye principalmente a la tolerancia de sus esporas a la radiación de luz ultravioleta (UV).<sup>99</sup> Además soportan la desecación y temperatura elevada, situación que elimina bacterias no esporuladas<sup>100</sup>. Las menos frecuentes fueron Corynebacteriaceae, Enterobacteriaceae y Pseudomonaceae.
- Los hongos más abundantes en el período de muestreo fueron *Aspergillus sp* y *Penicillium sp*. Coincide con los estudios realizados en ciudades industriales de Brasil, y Monterrey en México.<sup>101</sup> A estos hongos se atribuye las alergias de tipo asmáticas. La supervivencia de los hongos en el aire es posible porque estos poseen esporas y mecanismos eficientes de recuperación del daño causado por la luz UV, lo que les permite tolerar este efecto biocida y por tanto permanecen por largos períodos de tiempo en el aire.
- La jornada tres del Punto Parque Puente Aranda presenta las mayores frecuencias de aparición en todas las familias, esto se puede relacionar con las condiciones climáticas, de calidad del aire de la zona y la cantidad considerable de población flotante que concurre en la misma.

---

<sup>99</sup> NICHOLSON, W.L., Munakata, N., Horneck, G., Melosh, H.J. and Setlow, P.. Resistance of *Bacillus* endospores of extreme terrestrial and extraterrestrial environments. Microbiol. 2000 Rev. 64: P 548-572

<sup>100</sup> RAHME, L.G., Stevens, E.G., Wolfort, S.F., Shao, J., Tompkins, R.G. and Ausubel, F.M. 1995. Common virulence factors for bacterial pathogenicity in plants and in animals. Science. 268: p1899-1902.

<sup>101</sup> PALACIOS, Aida Nava. Microorganismos en la atmosfera de la ciudad de Monterrey, Mexico. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León

- Las concentraciones promedio de microorganismos para todo el período de muestreo expresadas en UFC/m<sup>3</sup> varían de día a día y entre jornadas, esto se atribuye los cambios atmosféricos que se presentan en todo el período de muestreo.
- El Invima (P1) registró las concentraciones de microorganismos más bajas, esto se puede explicar teniendo en cuenta que estaba ubicado a una altura mayor que los otros puntos, debido a esto la influencia de las inversiones térmicas, que comprimen el aire frío en zonas cercanas al suelo fue menor.
- Comparando jornadas se concluye que las UFC/m<sup>3</sup> de menor a mayor concentración son J3 (Noche), J1 (Mañana) y J2 (Medio día), esto se puede atribuir a que variables como la temperatura y radiación solar generan condiciones favorables para la proliferación de microorganismos.
- Se comprobó que existe variación en la concentración (UFC/m<sup>3</sup>) entre los sitios de muestreo, esto puede atribuir a que cada sitio presenta diferencias en el uso del suelo. El parque Cundinamarca (P5) caracterizado por uso netamente industrial registró las concentraciones de microorganismos promedio más altas.
- La relación entre la temperatura y la concentración de microorganismos es directamente proporcional, puesto que al aumentar esta variable al medio día, coincide con los niveles más elevados de unidades formadoras de colonia (UFC/m<sup>3</sup>). De la Regresión de Poisson se puede establecer que el aumento en una unidad de temperatura (1°C), equivale a un aumento en 1.138 UFC/m<sup>3</sup>. Contrario a los resultados obtenidos en la fase anterior en donde la temperatura tenía un efecto negativo sobre la concentración de microorganismos.
- Es necesario analizar la rosa de vientos (Velocidad, dirección y frecuencia) para determinar la influencia de ésta variable sobre la concentración de microorganismos en una zona determinada, ya que se comprobó que vientos débiles (0.5 – 3.34 m/s) y provenientes de diferentes direcciones, favorecen el aumento de la concentración de microorganismos; mientras que vientos más fuertes dispersan esta concentración.
- Analizando el comportamiento de la radiación solar se observa que en todos los días del muestreo a medio día, cuando este parámetro aumenta el valor de las UFC/m<sup>3</sup> se incrementa. Esta situación contradice los trabajos que experimentales afirman que cuando la

radiación solar aumenta el número de microorganismos disminuye debido a la inactivación causada por los rayos UV<sup>102</sup>.

- El material particulado presenta correlación significativa para algunos de los días del período de muestreo, sin embargo se observa que los niveles más altos de concentración de este parámetro coinciden con los picos de concentración en microorganismos, esto se comprueba en el día 4 que fue el más contaminado.
- La concentración de gases y material particulado están altamente correlacionadas y presentaron un comportamiento similar durante el período de muestreo. Este hecho observado es importante ya que en la jornada de la mañana se encontraban los mayores niveles de contaminación y concentraciones moderadas de microorganismos, por otro lado se encuentra una disminución progresiva en la jornada dos de los niveles de partículas y gases, al mismo tiempo que incrementa la concentración de microorganismos; este hecho se fundamenta en que todos los microorganismos aislados en el período de muestreo son heterótrofos, quimilitótrofos y fotoautótrofos; esto indica que la disminuciones en estos contaminantes pueden atribuirse en parte a la actividad metabólica de los microorganismos antes mencionados y además a las fluctuaciones de variables climáticas como temperatura y viento, que permiten dispersar estos contaminantes.
- La Regresión de Poisson utilizada para determinar la influencia de las condiciones climáticas y de calidad del aire sobre la variable de estudio, mostró que la relación entre ellas es significativa, obteniendo como producto ecuaciones probabilísticas para el período de muestreo. Se concluye que es posible pronosticar las concentraciones de microorganismos con base a los parámetros meteorológicos y de calidad del aire que se contemplaron.
- El muestreo realizado en Guatavita comprobó que muchos de los microorganismos identificados en la zona industrial de Puente Aranda son comunes en el aire de una zona rural, con la diferencia que la diversidad es mas baja y se presentaron otras especies diferentes.
- Con el registro de campo se determinó que el día más lluvioso fue D6, es de resaltar que ese día la concentración de microorganismos fue baja. No se puede afirmar que sea un hecho causa efecto, sin embargo el lavado de la atmósfera causado por la precipitación puede incidir en este hecho. Anexo U.

---

<sup>102</sup> Op.cit. BEEBE, J. p 18 – 24.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer estudios de mayor duración y amplitud en zonas tanto rurales como industriales, ya que esto permite generar mayor volumen de datos y de esta manera desarrollar modelos de predicción mas exactos.
- Es necesario involucrar en futuros estudios, parámetros como  $PM_{2.5}$  y HAP'S, puesto que según referencias teóricas presentan relación con microorganismos.
- Es importante que entidades estatales como el Ministerio de Salud financien este tipo de investigaciones, ya que el resultado de estas es la base para generar normatividad respecto al tema.
- El Ministerio de Salud y la alcaldía mayor de Bogotá, deben tomar estos estudios como guía para generar programas para prevenir las enfermedades relacionadas con los microorganismos aislados.
- El estado debe mejorar la infraestructura de la redes de calidad del aire y meteorológicas, ya que de la calidad de sus datos depende la exactitud de estos estudios.
- Es de vital importancia hacer estudios enfocados a establecer la concentración de hongos en el aire de zonas industriales, ya que es un reino diverso e importante en la patología humana.
- Hacer estudios para determinar BEIS. (Biological Exposure Index's) en espacios abiertos; estos valores determinan que concentración de microorganismos es nociva, si existieran se podría determinar que niveles son peligrosos; así sería posible establecer legislación sobre este tema.
- Se recomienda desarrollar métodos de muestreo directo para fuentes fijas y móviles; y de esta forma determinar si la industria y el parque automotor es responsable de la contaminación biológica o es un efecto secundario de las emisiones.



## BIBLIOGRAFÍA

ANDERSEN. A, New sampler for the collection, sizing, and enumeration of viable airborne particles. *Journal of Bacteriology*. 1958. 76: 471-484 p.

Appendix G (Atmospheric and Meteorological Concepts Relevant to Dispersal, Transport, and Fate of Air Toxics. Environmental Protection Agency.

ATLAS, Ronald y BARTHA, Richard. *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. España: Addison Wesley, 2002. 331 p.

BABIOR, B.M. Oxygen dependent microbial killing by phagocytes. (parte I y II). *N Engl. J med*. 1978. 298: 659 p.

BARRIOS, S., PEÑA, F. y OSSES S. Efectos de la contaminación atmosférica por material particulado en las enfermedades respiratorias agudas en menores de 5 años. *CIENCIA Y ENFERMERIA X(2)*: Chile 2004. 21-29 p.

BEEBE, J.M., Stability of disseminated aerosols of *pasturella tularensis* subjected to simulated solar radiation and various humidities. *J. Bacteriol.* 1959 78 : 18-24 p.

BLANCO, L. Caracterización microbiológica del material particulado como factor de riesgo sobre la salud en la localidad de Puente Aranda. Universidad De La Salle, 2003.

BUTTNER, Marck. Et al. Sampling and analysis of airborne microorganisms. *M Of Microbiology*. Second edition ASM Press. 815 p.

CARMONA, Osvaldo. GOMEZ, María Josefina. MONTES, Tibaíre. MARCANO, Carmen. MARIÑO, Franklin. *Microbiología médica de Divo*. Ed. Mc Graw Hill. 5Ed. 1997. 163-176 p.

COLE, R.J. y R.H. COX. *Handbook of the metabolites*. Academic Press Inc, New York, 1981.

COFFIN. D. L. y BLOMMER, D.E. Effects of air pollution in alteration of susceptibility to pulmonary infection. Third annual conference on atmospheric contamination. Aerospace Medical Research Laboratory. Wright patterson A.F BASE, Dayton O.H. 1968 . 71-81 p.

CONTRAN, Ramzi. y KUMAR, Vinay. *Patología estructural y funcional*. España : MacGraw Hill 5 ed.1997. 745 p.

Contaminación de aire por material particulado. Zonas urbanas y complejos industriales. Asinsa. 1993

COX, C.S y Gangen S.J., A mathematical expression for oxygen-induced death in dehydrated bacteria.. 1973. J. Gen. Microbiol. 75 : 179-185 p.

COX, C.S. and Baldwin F. The toxic effect of oxygen upon the aerosol survival *Escherichia coli*. 1967 J. Gen Microbiology. 49: 115 – 117 p.

COX, C.S. The Aerobiological pathway of microorganisms. John Wiley & Sons, Chichester, United Kingdom. 1987

DE NEVERS, Noel. Ingeniería de control de contaminación del aire. Mexico: Mc Graw Hill, 1997.355 p.

DIMMOCK, R.L. Differences between the thermal inactivation of picornaviruses at high and low temperatures. Virology. 31 338-353 p.

ENGLERT, Norbert. Fine particles and human health—a review of epidemiological studies. *Umweltbundesamt .Germany*. 2004

GOFF, G. SPENDLOVE J.C., ADAMS A.P., And P.S. Nicholes. Emission of microbial aerosols from sewage treatment plants that use ticking filters. Health service Rep. 1973. 88 : 640-652 p.

GREGORY, P.H. The Microbiology of the atmosphere. Nueva York: Wiley. 1973.

HERNÁNDEZ, TÉLLEZ, SANÍN, LACASAÑA, CAMPOS y ROMIEU. Relación entre consultas a urgencias por enfermedad respiratoria y contaminación atmosférica en

HUTCHINSON, G.L Y MOSTIER, A.R. Nitrous oxide emissions from an irrigated cornfield. Science.1979. 205: 1125-1126 p.

ISRAELI, E , GITELMAN J, and LIGHTHART B.. Death mechanisms in bioaerosols. 166- 191 p.

JAWETZ, Ernest. Manual de microbiología Médica. Mexico 1072. 104 p.

JACOB, Daniel. Introduction to atmospheric Chemistry. UK: Princeton University Press. 1999.147 p.

JEFF, Alan. Fate and Transport of Microorganisms in Air. Manual of environmental microbiology. USA: ASM press. Second Edition. 828 p.

JOSEPHS, S.H. immunologic mechanism in pulmonary disease. *Ped. Clin north. Am.* 1984. 31: 919-935 p.

LIGHTHART, B. and MORH, A. Estimating downwind concentrations of viable airborne microorganisms in dynamic atmospheric conditions. *Appl Environ. Microbiol.* 1987, 53: 1580-1583 p.

LIGHTHART, B. *Physics of microbial bioaerosols.* New York: Chapman & Hall. 1994. 5-27 p.

MADIGAN, Michael. Brock, *Biología de los microorganismos.* Madrid: Prentice Hall, 8° Ed. 2001. 535 p.

MATHEWS, M.M. y SISTROM, W.R. Function of carotenoid pigments in non-photosynthetic bacteria. *Nature.* Londres 1959. 184 p. : 1892-1893 p.

MERCK COMPANY. Manual 02 del MAS-100

NATHAN, C.F. y MURRAY, H.M. The macrophage as effector cell. *N. Eng. J. Med.* 1980. 303:1153 p.

NEWHOUSE, M. y SANCHIS, J. Lung defense mechanism (First part) 1976. 205: 990-997 p.

NICHOLSON, W.L., Munakata, N., Horneck, G., Melosh, H.J. and Setlow, P. Resistance of *Bacillus* endospores of extreme terrestrial and extraterrestrial environments. *Microbiol. 2000.Rev.* 64: 548-572

NTP 288. Síndrome del edificio enfermo: enfermedades relacionadas y papel del los bioaerosoles. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. España.

NTP 409. Contaminantes biológicos: criterios de valoración. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España.

PALACIOS, Aida Nava. *Microorganismos en la atmósfera de la ciudad de Monterrey, México.* Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Morelia México.

PEREZ, Ramon. y JUAREZ, Antonio. *Bioquímica de microorganismos.* México: Ed reverté S.A 1997. 307 p.

PHILLIPS, G. HARRIS J., and M.W Jones. The effect of ion on microorganisms. *Int. J. Biometeorol.* 1963. 8: 27-37 p.

RAHME, L.G., Stevens, E.G., Wolfort, S.F., Shao, J., Tompkins, R.G. and Ausubel, F.M. 1995. Common virulence factors for bacterial pathogenicity in plants and in animals. *Science*. 268: 1899-1902.

Recorriendo Puente Aranda 2004. Diagnostico físico y socioeconómico de las localidades de Bogotá D.C.

REY, Ivone y FULA, Milena. Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos patógenos en los bioaerosoles, en una zona de alta actividad industrial y flujo vehicular de la localidad de Puente Aranda en Bogotá d.c. Universidad De La Salle.

RILEY, R.L, and KAUFMANN, J.E. Effect of relative humidity on the inactivation of airborne *serratia marcescens* by ultraviolet radiation. *Appl . Microbiol.*, 1972 23 , 1113-1120 p.

ROJAS Néstor. Material Particulado atmosférico. Introducción a la problemática de la contaminación del aire por material particulado. Ediciones Uniandes 2005.

ROBINSON E., Sources, Abundance, and fate of gaseous atmospheric pollutants. Stanford Research Institute. Supplemental report. 1969

ROMERO, M. Air pollution, bronchial asthma, and acute respirator and infections in children less years of age, Habana City. *Salud pública* (2004). 222-233 p.

SABARATO, Viviana. Análisis y Caracterización del Material Particulado Atmosférico Universidad de Cordoba .Ciudad de Córdoba, Argentina

*Salud pública de México* / vol.42, no.4, Ciudad Juárez, Chihuahua, julio-agosto de 2000. 288, 292-296 p.

SEINFELD, Jhon. Contaminación atmosférica, fundamentos físicos y químicos. New York: McGraw Hill. 1978.207p.

STETZENBACH, L.D., LIGHTHART, R.J. factors influencing the dispersal and survival of aerolized microorganisms. 1992

STEWART, W. Nitrogen fixation by photosynthetic microorganisms. *Annual reviews of microbiology*. 1973. 27: 283-286 p.

TINTINALLI. Judith. *Medicina de Urgencias*. España Vol II: Macgraw Hill 5 ed. 2002. 511 p.

WARK, Kenneth. Contaminación del aire: origen y control. Mexico: Editorial Limusa, 2002. 46 p.

## **ANEXOS**

## ANEXO A. Tabla corrección estadística de Feller.

### 15.2 Tabla de corrección estadística según "Feller"

r = Número de formadores de colonia sobre una cápsula de Petri de 90 mm Pr = Total de probabilidad estadística

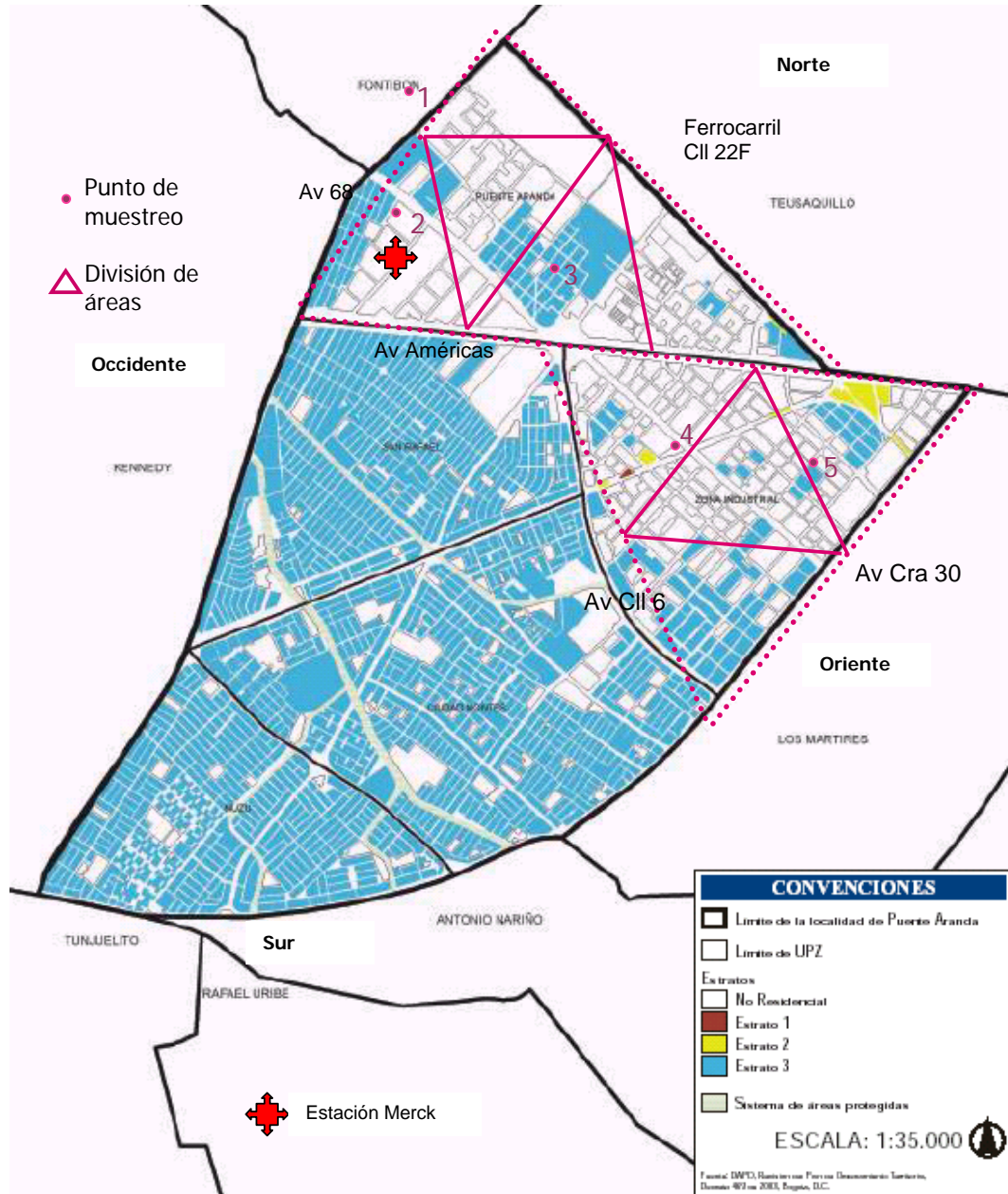
r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr
1	1	51	54	101	116	151	189	201	279	251	394	301	557	351	836
2	2	52	56	102	118	152	191	202	281	252	397	302	561	352	844
3	3	53	57	103	119	153	193	203	283	253	400	303	565	353	853
4	4	54	58	104	120	154	194	204	285	254	402	304	569	354	861
5	5	55	59	105	122	155	196	205	287	255	405	305	573	355	870
6	6	56	60	106	123	156	197	206	289	256	408	306	578	356	879
7	7	57	61	107	124	157	199	207	291	257	411	307	582	357	888
8	8	58	63	108	126	158	201	208	293	258	413	308	586	358	897
9	9	59	64	109	127	159	202	209	295	259	416	309	591	359	907
10	10	60	65	110	128	160	204	210	297	260	419	310	595	360	917
11	11	61	66	111	130	161	206	211	299	261	422	311	599	361	927
12	12	62	67	112	131	162	207	212	301	262	425	312	604	362	937
13	13	63	68	113	133	163	209	213	304	263	428	313	608	363	947
14	14	64	70	114	134	164	211	214	306	264	431	314	613	364	958
15	15	65	71	115	135	165	212	215	308	265	433	315	618	365	969
16	16	66	72	116	137	166	214	216	310	266	436	316	622	366	981
17	17	67	73	117	138	167	216	217	312	267	439	317	627	367	992
18	18	68	74	118	140	168	218	218	314	268	442	318	632	368	1005
19	19	69	76	119	141	169	219	219	317	269	445	319	637	369	1017
20	20	70	77	120	142	170	221	220	319	270	449	320	642	370	1030
21	22	71	78	121	144	171	223	221	321	271	452	321	647	371	1043
22	23	72	79	122	145	172	224	222	323	272	455	322	652	372	1057
23	24	73	80	123	147	173	226	223	325	273	458	323	657	373	1071
24	25	74	82	124	148	174	228	224	328	274	461	324	662	374	1086
25	26	75	83	125	150	175	230	225	330	275	464	325	667	375	1102
26	27	76	84	126	151	176	232	226	332	276	467	326	673	376	1118
27	28	77	85	127	153	177	233	227	335	277	471	327	678	377	1134
28	29	78	87	128	154	178	235	228	337	278	474	328	684	378	1152
29	30	79	88	129	156	179	237	229	339	279	477	329	689	379	1170
30	31	80	89	130	157	180	239	230	342	280	480	330	695	380	1189
31	32	81	90	131	158	181	241	231	344	281	484	331	701	381	1209
32	33	82	92	132	160	182	242	232	346	282	487	332	706	382	1230
33	34	83	93	133	161	183	244	233	349	283	491	333	712	383	1252
34	35	84	94	134	163	184	246	234	351	284	494	334	718	384	1276
35	37	85	95	135	164	185	248	235	353	285	497	335	724	385	1301
36	38	86	97	136	166	186	250	236	356	286	501	336	730	386	1327
37	39	87	98	137	167	187	252	237	358	287	504	337	737	387	1356
38	40	88	99	138	169	188	254	238	361	288	508	338	743	388	1387
39	41	89	101	139	171	189	255	239	363	289	511	339	749	389	1420
40	42	90	102	140	172	190	257	240	366	290	515	340	756	390	1456
41	43	91	103	141	174	191	259	241	368	291	519	341	763	391	1496
42	44	92	104	142	175	192	261	242	371	292	522	342	769	392	1541
43	45	93	106	143	177	193	263	243	373	293	526	343	776	393	1591
44	47	94	107	144	178	194	265	244	376	294	530	344	783	394	1648
45	48	95	108	145	180	195	267	245	378	295	534	345	791	395	1715
46	49	96	110	146	181	196	269	246	381	296	537	346	798	396	1795
47	50	97	111	147	183	197	271	247	384	297	541	347	805	397	1895
48	51	98	112	148	185	198	273	248	386	298	545	348	813	398	2028
49	52	99	114	149	186	199	275	249	389	299	549	349	820	399	2228
50	53	100	115	150	188	200	277	250	391	300	553	350	828	400	2628

Anexo B. Clasificación de las industrias que se encuentran alrededor de los puntos de muestreo.

SECTOR DE LA ECONOMÍA		PUNTO DE MUESTREO				
SECCIÓN	DIVISIÓN	INVIMA	PARQUE SALAZAR GÓMEZ	PARQUE PUENTE ARANDA	LA MERCED	PARQUE CUNDINA MARCA
<b>Industrias Manufac- tureras</b>	<i>Elaboración de productos alimenticios</i>	1	6	-	6	9
	<i>Fabricación de productos textiles</i>	4	5	-	6	-
	<i>Fabricación prendas de vestir: Preparado y teñido de pieles</i>	1	3	2	5	-
	<i>Curtido y preparado de cueros. Fabricación de artículos cuero</i>	-	1	1	4	1
	<i>Fabricación de papel, cartón y sus productos</i>	-	1	-	1	1
	<i>Fabricación sustancias y productos químicos</i>	2	7	6	4	7
	<i>Fabricación productos de caucho y plástico</i>	2	6	6	3	7
	<i>Reciclaje</i>	-	2	-	-	1
<b>Comercio, Reparación de Vehículos, Efectos Personales y Enseres Domésticos</b>		13	55	82	32	38
<b>Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones</b>		4	2	6	6	4
<b>Actividades Inmobiliarias, Empresariales y de Alquiler</b>		4	9	14	11	5
<b>Intermediación Financiera</b>		3	6	1	16	7
<b>Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales</b>		2	2	2	28	-
<b>Servicios Sociales y de salud</b>		-	1	2	-	-
<b>Construcción</b>		-	-	2	2	-
<b>Hoteles y Restaurantes</b>		-	-	11	6	9
<b>Explotación minas y canteras</b>		-	-	1	-	-
<b>Agricultura, Ganadería, Caza, Silvicultura.</b>		-	-	-	1	9

Fuente: CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Listado de empresas localidad de Puente Aranda. DAMA, 2001 y Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos patógenos en los bioaerosoles, en una zona de alta actividad industrial y flujo vehicular de la localidad de Puente Aranda en Bogotá d.c. Universidad de la Salle 2005.



ANEXO C. Ubicación de sitios de Muestreo


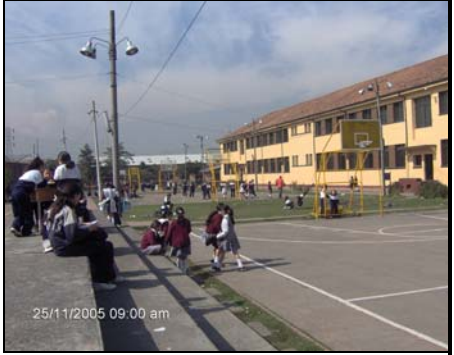



Fuente: Recorriendo Puente Aranda 2004. Diagnóstico Físico y Socioeconómico de las Localidades de Bogotá D.C. Alcaldía Mayor de Bogotá. Secretaría de Hacienda, Departamento Administrativo de Planeación. Plano 10: Estratificación. p. 45.




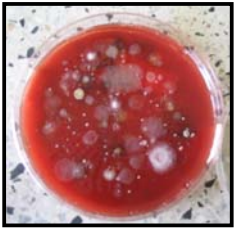

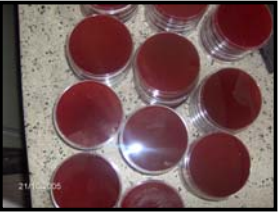
ANEXO D. DESCRIPCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO


Puntos	Dirección	Nombre y Avenidas Cercanas	Entorno	Características Ubicación Equipo	Flujo vehicular, (Animales, Olores, Residuos Sólidos.)	Fotografía
1	Cra 68D #17-11	<b>INVIMA</b> Av 68 y CII13	Zona industrial, comercial. Edificaciones de mediana altura. Aproximadamente 13 emisiones discontinuas	Terraza (9m), de suelo impermeabilizado que permite el depósito de agua lluvia. Equipo ubicado sobre columna estructural de la construcción de 1.20m que sobrepasa en altura el muro de seguridad. Sistema de aire acondicionado de inyección a 3m.	Intersección vehicular de 4 puntos, vehículos de transporte público municipal y departamental pesado, flujo moderado.  Suaves olores de industrias de alimentos (penetrante olor a chocolate y café en las tardes).	
2	CII12 Con Cr 66	<b>Parque Barrio Salazar Gómez (P.S.G.)</b> Av 68 y CII13	Zona residencial, viviendas de 3 plantas en 2 costados del parque y muro cercano de 3.5m de altura. Industrias cercanas sobre la Av 68 y la CII 13.	Equipo sobre plataforma a un nivel de 1.8 m de altura, con un área pastosa de 46.40m <sup>2</sup> con fondo arbóreo y vía vehicular a 8m aprox, chimenea a aprox. 200m. Sin árboles.	Vía vehicular a aprox. 8m, de transporte público y particular.  Residuos sólidos de actividades recreativas, residuos orgánicos de animales domésticos (perros) y presencia de aves en las viviendas. Olores provenientes de Nacional de Chocolates	

3	Cra 56 Con CII16	<p><b>Parque Barrio Puente Aranda (P.P.A.)</b></p> <p>CII 13 y Av. De Las Américas</p>	<p>Zona residencial y comercial (talleres) circundante, edificaciones de 2 y 3 plantas, centros médicos cercanos, árboles frondosos y con ramas muy extendidas. Iglesia cercana de aprox. 30m de altura, Cárcel Modelo a 300m.</p>	<p>Ubicación del equipo a 1.3m de altura sobre gradas cancha de microfútbol, suelo en pavimento con césped cercano y árboles a una distancia de 13-14m y muro de 3.5 m de altura cercano.</p>	<p>Los 4 costados del parque son vías transitadas y una es principal de transporte público y pesado.</p> <p>Residuos sólidos de actividades recreativas, residuos orgánicos de animales domésticos. Olores de establecimientos comerciales (asadero de pollo y panadería)</p>	
4	CII 13 #41-51	<p><b>Centro Educativo Distrital La Merced</b></p> <p>CII 13 (Transmilenio) y Av. 19.</p>	<p>Zona industrial de alimentos, automotriz, imprentas, emisiones continuas (Mazda).</p>	<p>Altura de muestreo a 1.55m sobre grada en cemento en el área deportiva del colegio, Árboles a aprox. 25m sobre zona verde y área cercana en concreto a aprox. 30m de la Calle 13.</p>	<p>El costado norte del Colegio es la Avenida. CII 13 con tráfico vehicular continuo y Transmilenio.</p> <p>Residuos sólidos de actividades de descanso del colegio. Olores provenientes de industrias de alimentos (COMAPAN).</p>	

5	CII34 Con Cr16	Parque Barrio Cundinamarca (Cund.)  Av 19, Cr 30 y CII 13	Zona industrial, sonidos de maquinaria en funcionamiento (Postobon, medias TALL).	Altura de muestreo a 1.60m de altura sobre tanque, con zona verde circundante, árboles cercanos (3 y 10m) de baja altura, una edificación cercana de aprox. 12m de altura.	La parte occidental del parque es concurrida con vehículos de transporte pesado.  Residuos sólidos y orgánicos animales. Olores provenientes de industrias de alimentos (salsa de tomate).	

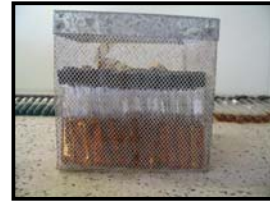
Anexo E. Protocolo de aislamiento e identificación de microorganismos en el aire.

 <p><b>UNIVERSIDAD DE LA SALLE</b> Educar para Pensar, Decidir y Servir</p>	<p>PROTOCOLO DE AISLAMIENTO E IDENTIFICACION DE MICROORGANISMOS EN EL AIRE</p>
<p>a. PREPARACIÓN DE MEDIOS</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Establezca el volumen de medio de cultivo a preparar (por cada caja de petri se sirven 25ml aprox)*.</li><li>2. Calcule la cantidad de agar según especificaciones del fabricante y volumen de sangre para medios a base de sangre (5 al 7% del volumen del medio de cultivo).</li><li>3. Disuelva completamente el agar en agua destilada y llévelo al autoclave (15 psi, 121°C, 15 minutos). Para preparación de agar sangre, agregue la sangre al agar luego de esterilización.</li><li>4. Situe las cajas de petri estériles alrededor del mechero, sirva el medio de cultivo estéril y deje enfriar.</li><li>5. Lleve a incubar los controles de esterilidad del laboratorio y de la preparación del medio de cultivo a 37°C por 24 horas.</li><li>6. Etiquete y empaque los medios preparados en bolsas herméticas y llévelos a refrigerar de 2 a 6°C hasta su uso.</li></ol>	  
<p>b. INCUBACIÓN</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Confirme la esterilidad de los medios de cultivo preparados, por medio de la observación de los controles de esterilidad del laboratorio y los de la preparación del medio luego de 24 a 48 horas de ser incubados.</li><li>2. Lleve los medios de cultivo al laboratorio luego de la toma de muestras, manteniendo todas las condiciones de esterilidad para evitar contaminación de las muestras e inviabilidad de los microorganismos.</li></ol> <p>Incuba las muestras por un período de 24 a 48 horas a 37°C, posicionando las cajas de petri de forma invertida.</p>	

<p>c. ESTUDIO MACROSCÓPICO Y MICROSCOPICO</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Manipule las muestras alrededor del mechero para evitar contaminación, manteniendo condiciones de asepsia utilizadas en la preparación de los medios de cultivo (Ver anexo “OBSERVACIONES FASE EXPERIMENTAL”)</li> <li>2. Cuente todas las colonias visibles (no deben haber transcurrido menos de 24 horas desde el inicio de la incubación) y registre en el formato de laboratorio (anexo E)</li> <li>3. Describa las colonias según tamaño, color, forma, textura y visibilidad de hemólisis, marque en la base de la caja de petri las colonias de interés enumerándolas y registrar en el formato, anexo E.</li> <li>4. Observe que las colonias a aislar sean de diferentes características comparando los medios Agar Sangre y Agar Chocolate, seleccione las colonias y realice este registro.</li> </ol>	
<p>d. AISLAMIENTO</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Marque la parte inferior de una caja con medio estéril dividiéndola en cuadrantes, anote la codificación de la muestra y el número de la colonia que va a ser sembrada.</li> <li>2. Con un asa estéril tome la superficie de la colonia, deslice el asa haciendo una estría sobre la superficie de un medio estéril.</li> <li>3. Lleve a incubar las cajas de petri a 37 °C durante un periodo de 24 a 48 horas (en el caso de que halla muy bajo crecimiento).</li> </ol> <p>Realice la tinción de Gram de las colonias aisladas según técnicas microbiológicas estipuladas.</p>	

e. PRUEBAS BIOQUÍMICAS

1. De acuerdo al resultado de la tinción de Gram, determine el número de pruebas que deban realizarse (ver gráfico de Pruebas bioquímicas).
2. Prepare las pruebas según las indicaciones del fabricante, el volumen total se determina por el número de tubos a preparar (por cada tubo de ensayo se sirven 3 a 4ml aproximadamente).
3. Diluya completamente el agar en agua destilada, sirva las pruebas en los tubos de ensayo con una pipeta de 10 ml, tapar, acomódelos en una canastilla y esterilice en autoclave.
4. Al salir del autoclave, coloque los tubos de Fenilalanina y SIM en posición vertical y los demás de forma inclinada hasta su solidificación.
5. Refrigere los tubos hasta su utilización.
6. Siembre con un asa los microorganismos aislados de no más de 24 horas de incubación en los caldos y en los medios a base de azúcar.
7. Con un asa se siembra por estría en la superficie inclinada y en la columna vertical de las pruebas bioquímicas: TSI, SIM, Citrato de Simmons, LIA, Urea, RM-VP (Rojo de Metil y Voges Proskauer) y Fenilalanina.
8. Incube los tubos de las pruebas bioquímicas por un período de 24 horas a 37°C,
9. Mediante las tablas de identificación de los microorganismos consulte los resultados de las pruebas y haga su registro en el formato de trabajo en laboratorio.



Fuente: Koneman. E Diagnostico Micorbiológico. Medica panamericana 1999.

Modificado por: David Olaya.  
Fabio Perez.

Fecha: Mayo de 2006.



Anexo F. Equipo MAS 100, descripción y funcionamiento, Mantenimiento y calibración.

<b>MAS 100: COLECTOR MICROBIOLÓGICO DE GÉRMESES AÉREOS. PROTOCOLO DE OPERACIÓN</b>	
 <b>UNIVERSIDAD DE LA SALLE</b> <i>Educar para Pensar, Decidir y Servir</i>	<b>LABORATORIO FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA</b>
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL</b>	
<p>El MAS-100 es un instrumento basado en el principio del muestreador de aire a través de una placa perforada. La corriente de aire resultante y las partículas que contiene se dirigen hacia la superficie de agar de la caja de Petri. Después de la toma se procede al cultivo de la muestra y al recuento de colonias, cuyo resultado se presenta en forma de número total de gérmenes (NTG). El MAS-100 utiliza un aspirador de alta potencia y controla el volumen de forma continuada. Este sistema mide la corriente de aire entrante y regula el aire aspirado hasta obtener un caudal de aire constante de 100 litros por minuto. Si la corriente de aire no fuese constante por motivos externos, la cantidad de aire se regularía automáticamente.</p>	
<b>FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO</b>	
<p>A. Conexión del MAS-100 Pulsar la tecla Yes: aparecerá la versión del software, la capacidad restante de la batería en litros “XXXXX liters left to aspirate” y el volumen de acumulación utilizado.</p> <p>B. Ajustar las caja de Petri.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ajustar los laterales de sujeción de la caja de Petri</li> <li>2. Retire la tapa del orificio y coloque una caja de Petri sobre el soporte de cajas de petri.</li> <li>3. Ajustar los 3 laterales azules con la llave fija No.3 de forma que la caja de Petri quede firmemente sujeta. Comprobar que este bien asegurada posicionando el cabezal de acumulación en posición horizontal.</li> </ol> <p>C. Realización de toma de muestras.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Coloque el MAS-100 en una superficie estable.</li> <li>2. Abra la tapa del orificio (con el guardapolvo acopiado) girándola hacia la derecha.</li> <li>3. Coloque la caja de Petri, cerrada y sobre la sujeción de la caja.</li> <li>4. Retire la tapa de la caja de Petri.</li> <li>5. Cierre la tapa del orificio del MAS-100.</li> <li>6. El cabezal de acumulación puede posicionarse en cualquier ángulo de la dirección de la corriente de aire, desde horizontal a vertical.</li> <li>7. Programe el MAS-100 según instrucciones.</li> <li>8. Retire el guardapolvo y comience la toma de muestras aéreas en el</li> </ol>	

menú “*Start*” pulsando Yes.

9. Al finalizar la toma, se iluminará la luz roja y se visualizará el volumen acumulado.

10. Abra el cabezal de acumulación, extraiga la caja de Petri y colóquele su correspondiente tapa.

11. La caja de Petri está lista para su cultivo.

12. Siga las instrucciones del fabricante del medio de cultivo.

13. Después de la medición aparece “*passed test completed*” indicando 0 interrupciones.

#### D. Apagar el MAS-100

Al indicar a final el último volumen recogido, apretar “*yes*” o “*no*” para activar el cierre automático en 5 minutos.

#### E. Interrupción de una medición

Si durante la toma de muestras pulsa “*no*”, aparece el mensaje “*failed repeat test*”, repita la prueba. Si se evaluara en el PC, debe estar determinada sin interrupción.

#### F. Caudal de aire insuficiente

Si el sensor no alcanza los 100 litros por minuto de la corriente de aire, aparece “*air flow blocked*” y se iluminará la luz roja. Retire la caja de Petri e inicie un nuevo análisis. Pulse “*yes*” o “*no*” para anular el mensaje de error.

### PARTES DEL EQUIPO

#### EN UN MALETIN PORTATIL

- 1 Sistema completo MASS-100: Cabezal, guardapolvo, paquete de baterías.
- 1 adaptador de red.
- 1 llave fija de 3 mm
- 1 Tabla de corrección estadística según Feller.
- 1 Tabla diagrama del programa de software

#### ACCESORIOS

- Unidad de calibración DA-100
- Cable PC/paquete del software
- Trípode 100-325 cm
- Adaptador rápido
- Bolsa para llevar colgada, liviana azul
- Adaptador de tubo flexible

#### PIEZAS DE REPUESTO

- Tapa perforada
- Cubierta contra polvo
- Alimentador de corriente
- Paquete de batería NiMH
- Maletín resistente Beige.

BIBLIOGRAFÍA: Manual 02 del MASS-100, Merck Company

Elaborado por: Carolina Forero Gonzales.

Modificado por: David Olaya y Fabio Pérez



MAS 100: COLECTOR MICROBIOLÓGICO DE GÉRMENES AÉREOS.  
2 PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN



UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
Educar para Pensar, Decidir y Servir

LABORATORIO FACULTAD DE  
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

CUIDADOS Y MANTENIMIENTO

- El MAS-100 debe calibrarse periódicamente.
- El cabezal, junto con el guardapolvo, pueden tratarse en un autoclave (15 min. A 121°C).
- Antes de introducir el MAS-100 en un área aséptica, se recomienda limpiarlo con un desinfectante apropiado. Entre la toma de muestras aéreas sucesivas puede limpiarse la tapa con un desinfectante.
- Debe verificarse que los orificios de la tapa no estén taponados.
- Intervalo de temperaturas para conservación y uso 0 a 40°C.
- Humedad relativa máxima: 80% para temperaturas hasta 31°C, decreciendo linealmente hasta 50% de humedad relativa a 40°C.




CALIBRACIÓN

Se calibra en fabrica a 100 litros por minuto. Sólo se permite el cambio de piezas mecánicas a personas autorizadas. Si se aprieta “yes” o “no” simultáneamente durante 3 segundos, se entra a “*Calibration mode*”. El valor k3 aparece en la pantalla y el ventilador empieza a funcionar.

Para recalibración – ajustar el valor k3 y k5-se requiere la unidad de calibración DA-100 para el caso en el que no se requiera recalibración, apretar no al aparecer “k3 modify” y “k5 modify”, para entrar al recordatorio de calibración. Después de ajustar el recordatorio entre 1 y 12 meses regresará al modo de medición pulsando “yes”.

BIBLIOGRAFÍA: Manual 02 del MAS-100, Merck Company

Anexo G. Protocolo de muestreo de microorganismos en el aire.

 <p><b>UNIVERSIDAD DE LA SALLE</b> Educar para Pensar, Decidir y Servir</p>	<p><b>PROTOCOLO DE MUESTREO PARA MICROORGANISMOS EN EL AIRE</b></p>	
<p>a. MEDIOS DE CULTIVO.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleccione los medios de cultivo de acuerdo a los microorganismos de interés</li> <li>2. Prepare los medios de cultivo*</li> <li>3. Compruebe esterilidad con el resultado de la prueba de control de calidad*</li> <li>4. Mantenga refrigeradas de 2 a 6°C las cajas de petri preparadas hasta el día de la toma de muestras .</li> </ol> <p>*Ver protocolo de Aislamiento e Identificación de microorganismos en el aire</p>		
<p>b. PARA LA TOMA DE MUESTRAS</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Esterilice el cabezal y el guardapolvo en autoclave (15 psi, 121°C, 15 minutos) antes de cada día de muestreo.</li> <li>2. Asegúrese que el equipo esté cargado.</li> <li>3. Reserve cajas de medio preparado para contingencias en campo.</li> <li>4. Conserve las muestras en un recipiente hermético durante el transporte de las cajas de medio preparado.</li> <li>5. Acompañe las cajas de medio durante su muestra y transporte con una caja de medio “estéril”, para control de calidad de contaminación.</li> <li>6. Utilice antibacterial y tapabocas para la manipulación de los medios.</li> <li>7. Tome la muestra (según protocolo anexo de operación del equipo)</li> <li>8. Registre información de campo (ver anexo C formato de campo)</li> </ol>	<p>Guardapolvo</p>  <p>C a b e z a l</p> 	

c. MUESTREO

1. Verifique las condiciones de orden y acceso del punto a muestrear.
2. Coloque el equipo en el punto de muestreo en una zona alta y libre de obstáculos.
3. Encienda y programe el equipo según protocolo de operación.
4. Confirme la esterilidad de los medios de cultivo a muestrear (Observe si hay crecimiento de colonias en los medios).
5. Retire el cabezal del equipo.
6. Coloque la caja de petri cerrada sobre el soporte de la caja que posee el equipo y retírele la tapa.
7. Coloque el cabezal inmediatamente y retire el guardapolvo en el mismo instante en el que inicie la toma de muestra.
8. Asegúrese de que no se interrumpa la medición por falta de carga del equipo o por mala posición de la caja de petri\*.
9. Coloque el guardapolvo en el instante en que finaliza la toma de muestra.
10. Retire el cabezal del equipo y tape la caja de petri.
11. Asegure la tapa de la caja a su base y codifique la muestra ( $A_n J_n P_n X$ )\*\* .
12. Programe el equipo en la opción "start" para su apagado automático.
13. Codifique las muestras y presérvelas
14. Limpie el cabezal y el guardapolvo con un desinfectante (amonio cuaternario o glutaraldehído al 2%), se debe rotar para los días de muestreo y evitar fijación de microorganismos al equipo.
15. Coloque el cabezal y el guardapolvo al equipo.
16. Conserve las muestras en un recipiente hermético y llévelas a incubar en el menor tiempo posible.
17. Recargue el equipo según la frecuencia de muestreo.

\*Se pueden graduar los laterales del soporte de la caja para evitar desplazamientos.

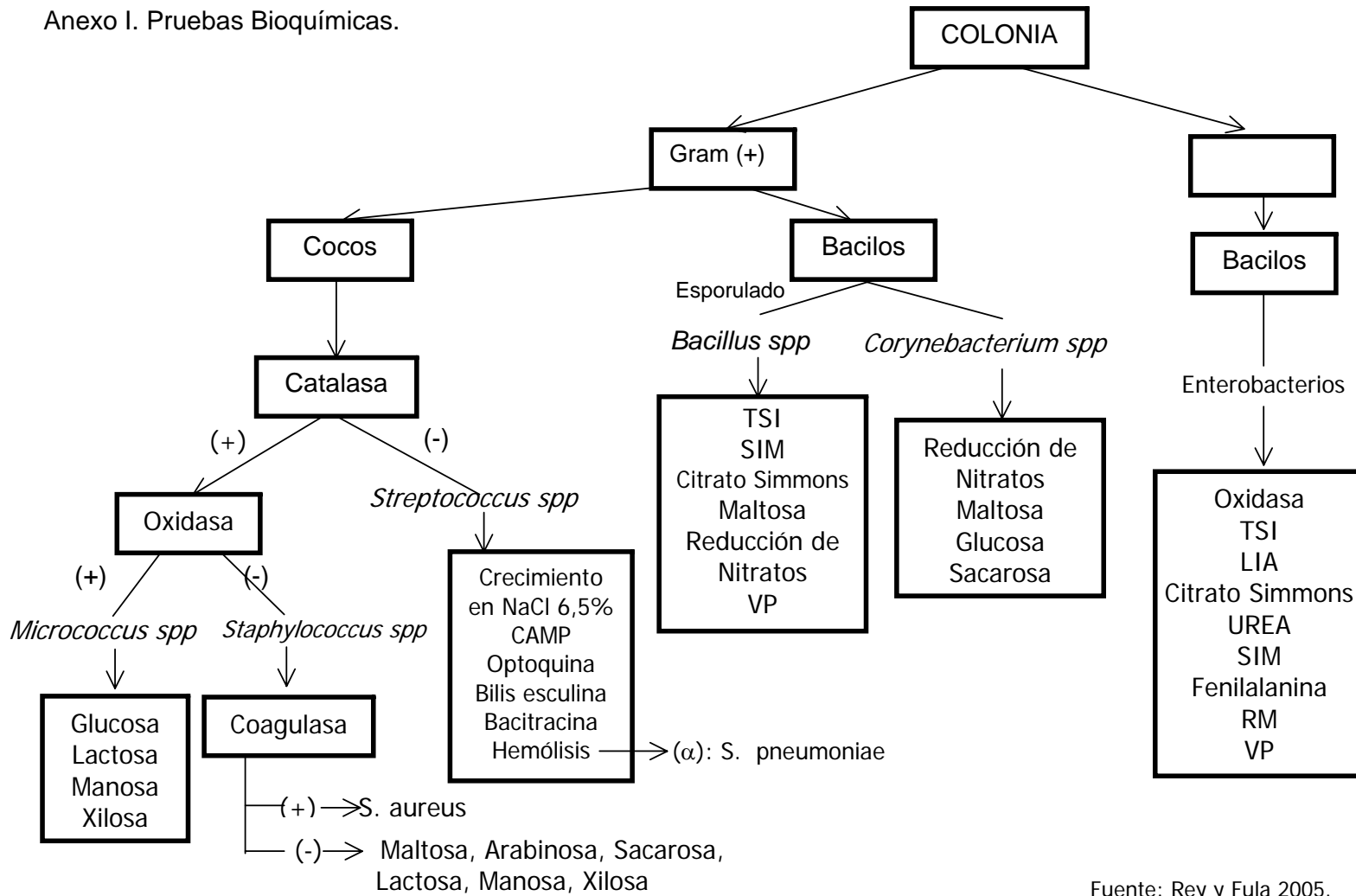
\*\* A: día, J: hora, P: punto de muestreo, X: medio utilizado

Elaborado por: Ivonne Rey y Milena Fula.  
Modificado por: David Olaya y Fabio Perez  
Fecha: mayo de 2006.





Anexo I. Pruebas Bioquímicas.



Fuente: Rey y Fula 2005.

Anexo J. Formato de campo.

PUNTO		HOJA DE CAMPO	
<b>PRIMERA JORNADA</b>			
HORA	INICIO		Temperatura
	FIN		HR
			Nubosidad
			Viento
			Emisiones
MEDIO	CODIGO	LISTO	Precipitación
A.SANGRE	A_J1P_S		Flujo vehicular
A.CHOCOLATE	A_J1P_CH		Flujo peatonal
A.Mc.CONKEY	A_J1P_MC		Residuos sólidos
A.CETRIMIDE	A_J1P_CT		Olores
A.SABORAUD	A_J1P_SB		
<b>OBSERVACIONES</b>			
<b>SEGUNDA JORNADA</b>			
HORA	INICIO		Temperatura
	FIN		HR
			Nubosidad
			Viento
			Emisiones
MEDIO	CODIGO	LISTO	Precipitación
A.SANGRE	A_J2P_S		Flujo vehicular
A.CHOCOLATE	A_J2P_CH		Flujo peatonal
A.Mc.CONKEY	A_J2P_MC		Residuos sólidos
A.CETRIMIDE	A_J2P_CT		Olores
A.SABORAUD	A_J2P_SB		
<b>OBSERVACIONES</b>			
<b>TERCERA JORNADA</b>			
HORA	INICIO		Temperatura
	FIN		HR
			Nubosidad
			Viento
			Emisiones
MEDIO	CODIGO	LISTO	Precipitación
A.SANGRE	A_J3P_S		Flujo vehicular
A.CHOCOLATE	A_J3P_CH		Flujo peatonal
A.Mc.CONKEY	A_J3P_MC		Residuos sólidos
A.CETRIMIDE	A_J3P_CT		Olores
A.SABORAUD	A_J3P_SB		

Anexo K. Estadística descriptiva variables de muestreo.

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS POR DIA

----- DIA=1 -----

N Obs	Variable	Minimum	Maximum	Mean	CV
15	UFCM3	34.0000000	227.0000000	99.1333333	57.8019936
	TEMP	12.3000000	19.5000000	16.1800000	14.1172381
	VIENTO	1.0000000	4.6000000	3.0400000	40.9875738
	BRISOL	.	.	.	.
	HUMRELAJ	60.0300000	93.0700000	75.2680000	13.9241332
	PM10	65.0000000	148.0000000	91.0000000	29.5917326
	SOX	2.0000000	4.0000000	2.8000000	30.7818431
	NOX	13.0000000	51.0000000	28.7333333	47.9807429

----- DIA=2 -----

N Obs	Variable	Minimum	Maximum	Mean	CV
15	UFCM3	22.0000000	215.0000000	81.4000000	74.5936859
	TEMP	13.7000000	17.7000000	15.2600000	7.8159632
	VIENTO	1.2000000	5.2000000	3.3666667	32.4539379
	BRISOL	2.4800000	485.7800000	236.6690909	77.305246
	HUMRELAJ	68.2900000	86.6400000	79.4873333	6.8851725
	PM10	53.0000000	87.0000000	74.0666667	13.4575605
	SOX	2.0000000	3.0000000	2.8666667	12.2743875
	NOX	18.0000000	53.0000000	35.2666667	33.3869601

----- DIA=3 -----

N Obs	Variable	Minimum	Maximum	Mean	CV
15	UFCM3	44.0000000	489.0000000	143.2000000	76.2952152
	TEMP	11.6000000	18.2000000	15.7733333	11.2761819
	VIENTO	1.3000000	6.4000000	2.8866667	52.5024244
	BRISOL	15.7300000	689.5700000	309.8354545	76.0199376
	HUMRELAJ	66.0000000	96.2800000	77.1333333	10.5798653
	PM10	55.0000000	138.0000000	87.3333333	28.7326257
	SOX	3.0000000	5.0000000	3.1333333	16.4807802
	NOX	11.0000000	75.0000000	29.1333333	55.9351648

----- DIA=4 -----

N Obs	Variable	Minimum	Maximum	Mean	CV
15	UFCM3	39.0000000	552.0000000	215.5333333	63.9127747
	TEMP	12.1000000	19.5000000	15.1066667	13.5418068
	VIENTO	0.5000000	6.2000000	2.8666667	71.7896306
	BRISOL	8.2000000	410.9400000	196.032727	76.0188376
	HUMRELAJ	60.0300000	93.9900000	80.1906667	11.7046854
	PM10	100.0000000	347.0000000	183.4666667	43.0131773
	SOX	3.0000000	10.0000000	4.5333333	49.9319854
	NOX	18.0000000	192.0000000	78.6000000	71.6010047

----- DIA=5 -----

N Obs	Variable	Minimum	Maximum	Mean	CV
15	UFCM3	38.0000000	543.0000000	166.2000000	83.4444886
	TEMP	12.9000000	19.2000000	16.2866667	11.8761443

VIENTO	0.9000000	5.8000000	3.0866667	45.2879989
BRISOL	15.7300000	547.6900000	243.1690909	69.9045624
HUMRELAJ	61.4100000	90.3100000	74.7766667	11.8667423
PM10	63.0000000	138.0000000	90.8000000	28.6168073
SOX	3.0000000	7.0000000	3.8000000	37.4810333
NOX	14.0000000	134.0000000	46.8000000	69.9705347

---



EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS POR DIA

DIA=6

N Obs	Variable	Minimum	Maximum	Mean	CV
15	UFCM3	24.0000000	573.000	162.2666667	151.5850108
	TEMP	12.6000000	17.8000000	14.8142857	9.1941278
	VIENTO	1.3000000	3.8000000	2.4571429	29.3785036
	BRISOL	11.9700000	457.7800000	152.9722222	85.7559783
	HUMRELAJ	67.8300000	91.6900000	81.5314286	7.3905921
	PM10	138.0000000	208.0000000	164.9285714	13.1434433
	SOX	3.0000000	5.0000000	3.9333333	20.3086942
	NOX	52.0000000	105.0000000	80.0714286	18.2726601

DIA=7

N Obs	Variable	Minimum	Maximum	Mean	CV
15	UFCM3	52.0000000	371.0000000	167.2666667	59.4058481
	TEMP	10.9000000	18.9000000	15.5533333	15.0547116
	VIENTO	1.2000000	7.2000000	3.6733333	50.3599982
	BRISOL	8.2100000	444.1000000	179.4800000	94.8272556
	HUMRELAJ	62.7900000	99.4900000	78.1406667	13.7481205
	PM10	103.0000000	478.0000000	220.8666667	57.3280655
	SOX	3.0000000	11.0000000	4.6000000	60.8251835
	NOX	26.0000000	290.0000000	87.5333333	110.2175983

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II 33  
ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS POR JORNADA

JORNADA=1

N Obs	Variable	Minimum	Maximum	Mean	CV
35	UFCM3	22.0000000	573.0000000	154.3714286	82.8002805
	TEMP	10.9000000	18.8000000	14.7542857	13.5875819
	VIENTO	0.5000000	4.0000000	1.7571429	43.7636185
	BRISOL	8.2000000	674.5300000	244.8636667	70.8636649
	HUMRELAJ	63.2500000	99.4900000	81.8074286	11.2431453
	PM10	59.0000000	478.0000000	175.9428571	62.1581615
	SOX	2.0000000	11.0000000	4.7714286	48.4304697
	NOX	18.0000000	290.0000000	90.0857143	76.9107362

JORNADA=2

N Obs	Variable	Minimum	Maximum	Mean	CV
35	UFCM3	29.0000000	552.00000	170.5588235	79.5138113
	TEMP	15.0000000	19.5000000	17.0441176	8.4347627
	VIENTO	2.1000000	7.2000000	4.3028571	30.1676820
	BRISOL	11.9700000	689.5700000	255.0275862	69.1759400
	HUMRELAJ	60.0300000	80.6800000	71.3017647	9.2510135
	PM10	53.0000000	244.0000000	117.0571429	46.5052673
	SOX	2.0000000	5.0000000	3.1428571	15.7072761
	NOX	11.0000000	105.0000000	32.7352941	69.0622595

JORNADA=3

N Obs	Variable	Minimum	Maximum	Mean	CV
35	UFCM3	24.0000000	307.0000000	91.2000000	66.8625930
	TEMP	12.8000000	19.2000000	14.9685714	8.9465917
	VIENTO	0.5000000	5.2000000	3.0914286	32.8794470

BRISOL	2.4800000	41.3700000	19.8900000	69.3662211
HUMRELAJ	61.4100000	90.7700000	80.8248571	7.6020289
PM10	55.0000000	167.0000000	99.0000000	32.3798153
SOX	3.0000000	4.0000000	3.0857143	9.2046319
NOX	13.0000000	96.0000000	41.3142857	49.9053896

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS POR SITIO

PUNTO=1

N Obs	Variable	Minimum	Maximum	Mean	CV
21	UFCM3	35.0000000	371.0000000	108.6190476	71.1754303
	TEMP	10.9000000	18.9000000	14.6428571	15.8926500
	VIENTO	0.5000000	6.4000000	3.0476190	49.3238461
	BRISOL	8.2000000	689.5700000	172.7161538	124.2067912
	HUMRELAJ	62.7900000	99.4900000	82.3185714	12.9694982
	PM10	53.0000000	208.0000000	115.8095238	39.0298145
	SOX	2.0000000	8.0000000	3.6190476	41.4254328
	NOX	15.0000000	279.0000000	55.9047619	105.2526280

PUNTO=2

N Obs	Variable	Minimum	Maximum	Mean	CV
21	UFCM3	22.0000000	413.0000000	119.0476190	83.9981000
	TEMP	11.9000000	19.2000000	15.1238095	13.5328430
	VIENTO	0.5000000	5.9000000	2.8047619	47.4806528
	BRISOL	8.2100000	477.4000000	212.5561538	61.0827049
	HUMRELAJ	61.4100000	94.9000000	80.1133333	11.7216247
	PM10	63.0000000	478.0000000	131.3333333	68.4171411
	SOX	3.0000000	11.0000000	4.0500000	51.5312881
	NOX	13.0000000	290.0000000	66.1428571	101.8475677

PUNTO=3

N Obs	Variable	Minimum	Maximum	Mean	CV
21	UFCM3	31.0000000	552.0000000	144.8095238	90.1321709
	TEMP	13.5000000	19.2000000	15.7333333	10.7851261
	VIENTO	0.5000000	6.2000000	3.1095238	50.9590395
	BRISOL	38.9700000	580.1700000	277.3861538	61.0827049
	HUMRELAJ	61.4100000	87.5600000	77.3157143	10.0688735
	PM10	55.0000000	435.0000000	131.7142857	65.2319622
	SOX	3.0000000	10.0000000	3.9523810	53.3586696
	NOX	11.0000000	234.0000000	60.1428571	92.4834595

PUNTO=4

N Obs	Variable	Minimum	Maximum	Mean	CV
21	UFCM3	29.0000000	307.0000000	121.0952381	66.6356241
	TEMP	13.2000000	18.3000000	15.8809524	8.6007226
	VIENTO	0.9000000	7.2000000	3.2857143	47.3677644
	BRISOL	11.6200000	485.7800000	248.3100000	61.7223337
	HUMRELAJ	65.5400000	88.9400000	76.6390476	8.1773614
	PM10	56.0000000	433.0000000	139.7619048	66.4369859
	SOX	2.0000000	7.0000000	3.5714286	33.7994083
	NOX	17.0000000	134.0000000	49.2857143	64.5591907

-----  
 ----- PUNTO=5 -----  
 -----

N Obs	Variable	Minimum	Maximum	Mean	CV
21	UFCM3	51.0000000	1025.00	240.6666667	99.7771090
	TEMP	14.2000000	19.5000000	16.4619048	9.3704532
	VIENTO	0.5000000	5.7000000	3.0047619	49.4467725
	BRISOL	2.4800000	674.5300000	191.8206250	112.1109858
	HUMRELAJ	60.0300000	84.3500000	73.9719048	9.5681646
	PM10	59.0000000	347.0000000	134.7142857	59.0369576
	SOX	2.0000000	7.0000000	3.3000000	29.6582112
	NOX	18.0000000	123.0000000	43.5714286	57.0851592

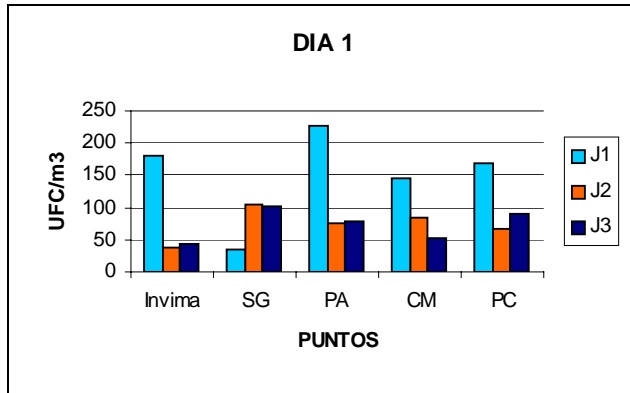
EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
 ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS GENERALES

N Obs	Variable	Minimum	Maximum	Mean	CV
105	UFCM3	22.0000000	573.0000000	138.4038462	84.5638780
	TEMP	10.9000000	19.5000000	15.5685714	12.2148985
	VIENTO	0.5000000	7.2000000	3.0596154	48.3271857
	BRISOL	2.4800000	689.5700000	219.2900000	5.7265638
	HUMRELAJ	60.0300000	99.4900000	78.0422115	81.9560075
	PM10	53.0000000	478.0000000	130.0192308	61.1498828
	SOX	2.0000000	11.0000000	3.6666667	44.1197382
	NOX	11.0000000	290.0000000	54.9230769	91.6585308

ANEXO L. Análisis de concentración de microorganismos durante el periodo de muestreo.

DIA 1 ( 30 OCTUBRE 2005)

Variación de UFC/m<sup>3</sup>



La Jornada 1 registra los valores mas altos de concentración, excepto en Parque Salazar Gómez. La Jornada 2 y 3 no presentan variaciones significativas entre si.

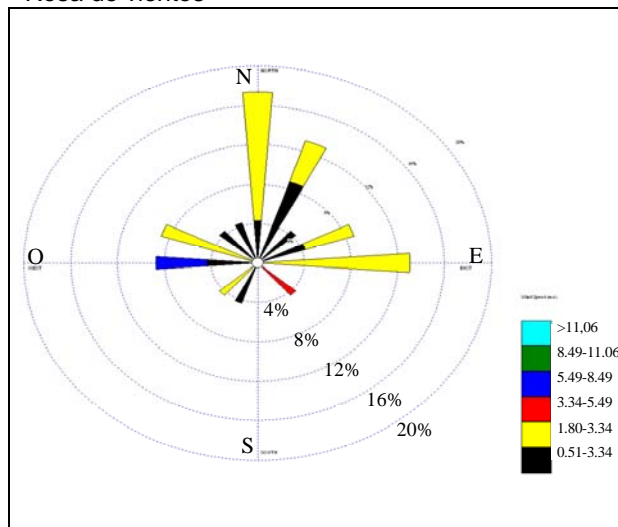
Los niveles de PM10 y gases fueron mayores en horas de la mañana; La temperatura fue incrementando en la J1, mientras que el viento fue mas bajo en J1 y aumento en J2

Vientos predominantes venían del nororiente. Las corrientes provenían desde todos los puntos confluyendo en PA y en menor proporción en SG

Concentración UFC/m<sup>3</sup>

DIA 1	J1	J2	J3
Invima	181	38	43
SG	34	105	102
PA	227	77	77
CM	145	83	51
PC	169	66	89

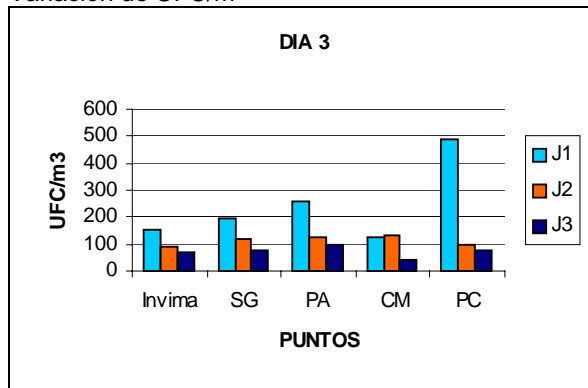
Rosa de vientos



Día 2. (1 NOVIEMBRE 2005) Ver Documento “Análisis y resultados”

Día 3.(19 NOVIEMBRE 2005)

Variación de UFC/m<sup>3</sup>



La mayoría de las observaciones no superan 200 UFC/m<sup>3</sup>, sin embargo se presenta un valor mayor a los demás en un 50%. J1-PC

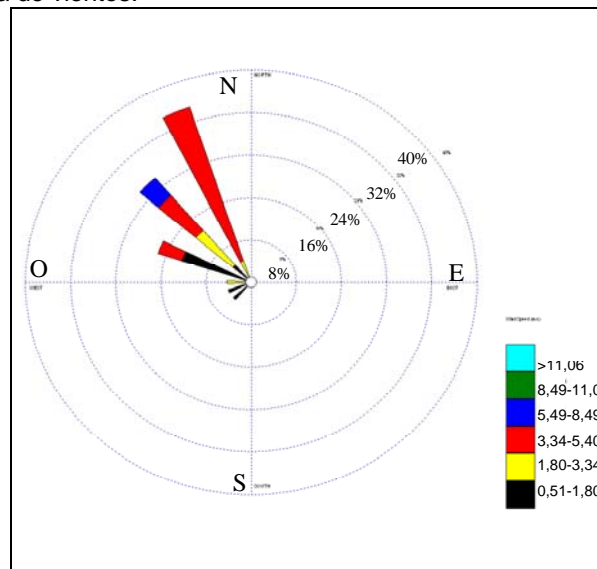
La temperatura en ese momento fue 17 °C, la HR 70% , viento bajo 1 m/s y el brillo solar fue el mas alto del día 700 W/m<sup>2</sup>. Los parámetros de calidad de aire comienzan a descender.

Todos los vientos provienen del noroccidente, se desplazan desde Invima hasta SG y PA. Los otros puntos no se ven afectados por la masa de aire dominante

Concentración UFC/m<sup>3</sup>

DIA 3	J1	J2	J3
Invima	156	91	71
SG	195	118	80
PA	255	123	95
CM	125	131	44
PC	489	101	74

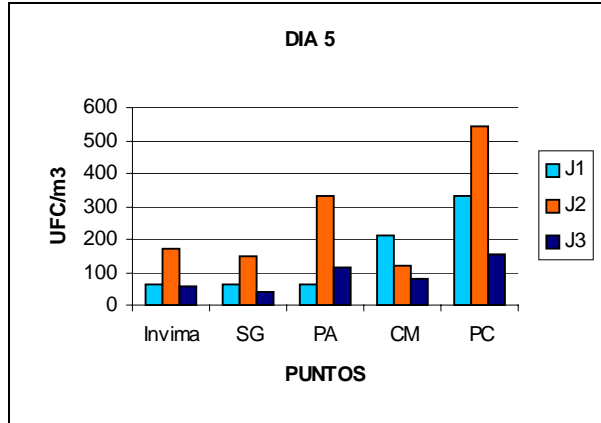
Rosa de vientos.



Día 4 (16 DE NOVIEMBRE 2005) Ver Documento “Análisis y resultados”

Día 5. (17 NOVIEMBRE 2005)

Variación de UFC/m<sup>3</sup>



Concentración UFC/m<sup>3</sup>

DIA 5	J1	J2	J3
Invima	65	173	60
SG	61	151	38
PA	64	329	117
CM	211	118	81
PC	330	543	152

J2 presenta mayores valores que las demás y de esta sobresale el parque PC y PA.

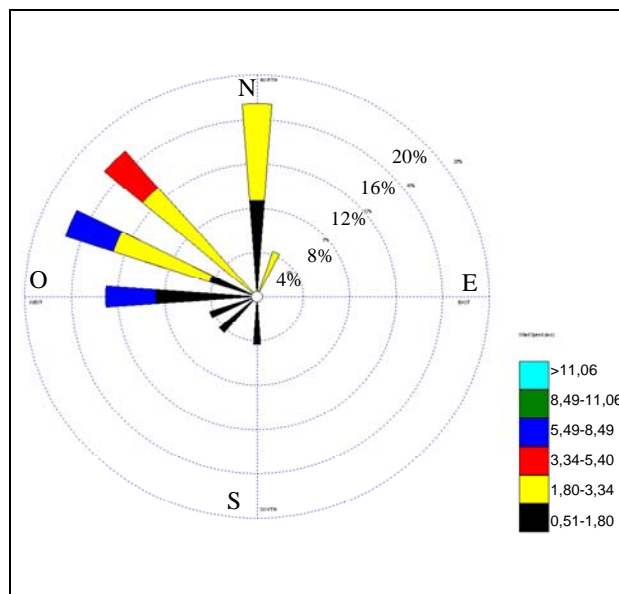
Los gases Nox y Sox presentan los niveles más bajos durante la jornada dos. PM10 se comporta con niveles constantes y bajos.

La temperatura es mayor en esta jornada que en las demás, por el contrario la HR es menor y la radiación solar presenta un decaimiento progresivo.

La velocidad del viento es relativamente más alta en J2 comparando las tres jornadas.

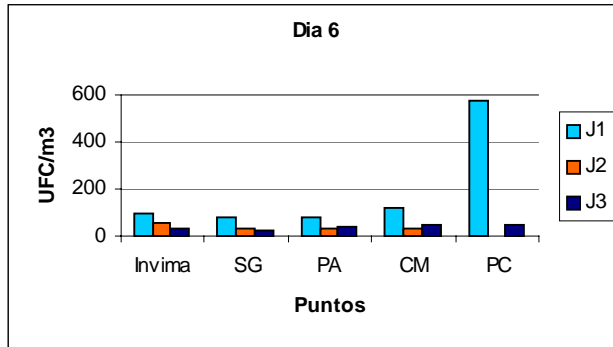
Los vientos se desplazan desde noroccidente, llevando la masa de aire desde Invima hasta PC

Rosa de vientos.



Día 6. (21 NOVIEMBRE 2005)

Variación de UFC/m<sup>3</sup>



Concentración UFC/m<sup>3</sup>

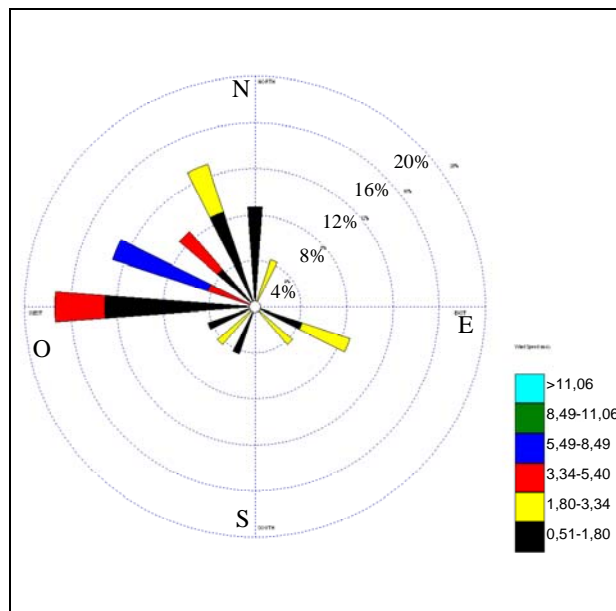
DIA 6	J1	J2	J3
Invima	95	59	35
SG	79	35	24
PA	84	31	39
CM	121	29	48
PC	573	N/D	51

El promedio no supera 100 UFC/m<sup>3</sup>, el valor máximo registrado en el PC es de 573 UFC/m<sup>3</sup> en J1 1.

En este punto y jornada critica el viento no supero lo 3m/s , la concentraciones de SOx y NOx fueron decrecen en ese momento respecto al comportamiento del día. La temperatura de 14,9 °C, se registro precipitación, la radiación solar fue casi nula y HR fue de 87 %

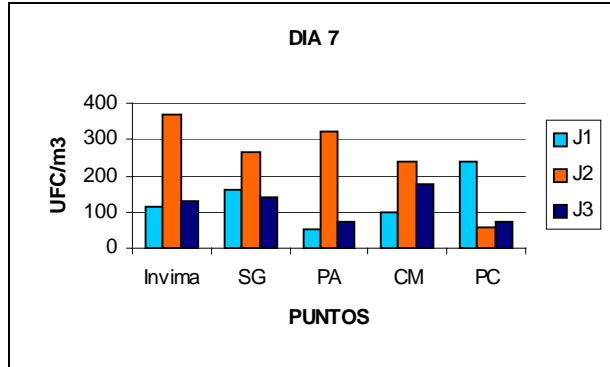
Proviene vientos de todas las direcciones, la dirección predominantes es occidente oriente , desplazando el aire hasta PC

Rosa de vientos.



Día 7. (25 NOVIEMBRE 2005)

Variación de UFC/m<sup>3</sup>



Concentración UFC/m<sup>3</sup>

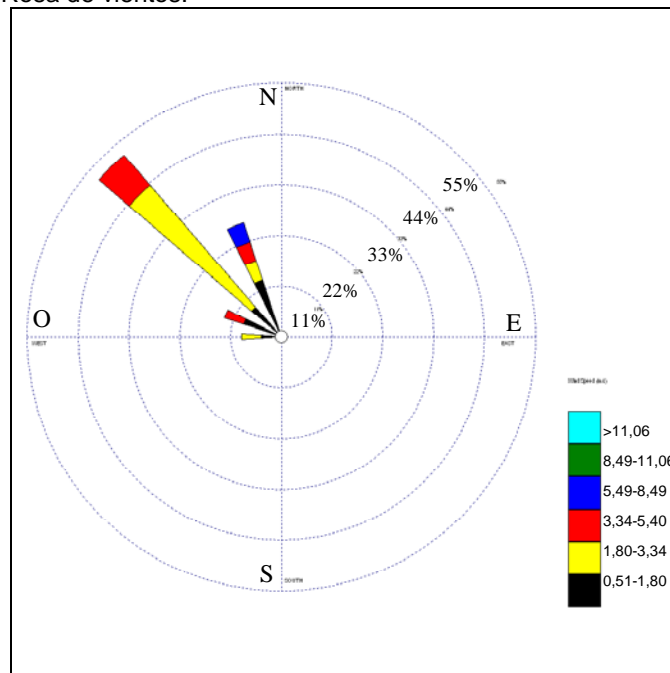
DIA 7	J1	J2	J3
Invima	114	371	130
SG	159	267	141
PA	52	321	75
CM	99	238	175
PC	239	55	73

J2 presenta los niveles mayores, todos los valores son superiores a 200 UFC/m<sup>3</sup> menos PC, este punto solo presenta el máximo valor en J1 mientras que los otros puntos no superan los 200 UFC/m<sup>3</sup>.

En J2 PC registra la Temp. Menor, la HR mas alta, la radiación solar mas baja y se registra precipitación solo en ese punto. Los niveles de PM10, SOx y NOx son bajos.

Los vientos dominantes provienen del Noroccidente, sin embargo solo están en la línea de influencia Invima, SG y PA

Rosa de vientos.





Anexo M. Microorganismos identificados en el periodo de muestreo.

1. <i>Staphylococcus aureus subespecie aureus</i>	42. <i>Micrococcus rosea</i>
2. <i>Staphylococcus aureus subespecie anaerobius</i>	43. <i>Bacillus licheniformes</i>
3. <i>Micrococcus luteus</i>	44. <i>Corynebacterium kutcherii</i>
4. <i>Bacillus macerans</i>	45. <i>Geotrichum</i>
5. <i>Corynebacterium matruchitii</i>	46. <i>Mycrococcus lylae</i>
6. <i>Serratia odonifera</i>	47. <i>Aspergillus Níger</i>
7. <i>Bacillus megaterium</i>	48. <i>Bacillus pumilus</i>
8. <i>Klebsiella oxytoca</i>	49. <i>Paecilomyces</i>
9. <i>Bacillus Subtilis</i>	50. <i>Bacillus Coagulans</i>
10. <i>Corynebacterium minutissimun</i>	51. <i>Staphylococcus muscaea</i>
11. <i>Staphylococcus pasteurii</i>	52. <i>Pseudomona aeruginosa</i>
12. <i>Staphylococcus xylosus</i>	53. <i>Fusarium</i>
13. <i>Bacillus mycoides</i>	54. <i>Mycrosporom cannis</i>
14. <i>Bacillus polimixa</i>	55. <i>Mycrococcus Sedentarius</i>
15. <i>Rhizopus</i>	56. <i>Aspergillus fumigatus</i>
16. <i>Acremonium</i>	57. <i>Klebsiella rinocleromatis</i>
17. <i>Penicillium s.p.</i>	
18. <i>Aspergillus flavus</i>	
19. <i>Trichoderma</i>	
20. <i>Corynebacterium amycolatum</i>	
21. <i>Serratia rubidaea</i>	
22. <i>Staphylococcus epidermidis</i>	
23. <i>Bacillus cereus</i>	
24. <i>Klebsiella ozonae</i>	
25. <i>Sincafastrum</i>	
26. <i>Levaduras</i>	
27. <i>Corynebacterium macginleyi</i>	
28. <i>Proteus mirabilis</i>	
29. <i>Mucor</i>	
30. <i>Cefalosporium</i>	
31. <i>Corynebacterium glucoronoliticum</i>	
32. <i>Absidia</i>	
33. <i>Mycrosporom gypseum</i>	
34. <i>Trichophyton shoeleni</i>	
35. <i>Corynebacterium jeikeium</i>	
36. <i>Mucor Rhizopus</i>	
37. <i>Escherichia Coli</i>	
38. <i>Bacillus lentus</i>	
39. <i>Micrococcus kristinae</i>	
40. <i>Scopulariopsis</i>	
41. <i>Corynebacterium flavescens</i>	

Anexo N. Frecuencias de las familias de microorganismos identificadas.

	FAMILIA	J1	J2	J3	TOTAL	J1 (%)	J2 (%)	J3 (%)	PROMEDIO
P1	Bacillaceae	30	26	23	79	23.4	24.3	19.0	22.2
	Corynebacteriaceae	18	20	19	57	14.1	18.7	15.7	16.2
	Enterobacteriaceae	27	20	23	70	21.1	18.7	19.0	19.6
	Coccaceae	25	23	26	74	19.5	21.5	21.5	20.8
	Hongos	28	18	30	76	21.9	16.8	24.8	21.2
	Pseudomonaceae	0	2	1	3	0.0	1.9	0.8	0.9
P2	Bacillaceae	30	27	27	84	27.8	22.7	23.9	24.8
	Corynebacteriaceae	21	16	19	56	19.4	13.4	16.8	16.6
	Enterobacteriaceae	11	24	15	50	10.2	20.2	13.3	14.5
	Coccaceae	26	27	28	81	24.1	22.7	24.8	23.8
	Hongos	20	25	24	69	18.5	21.0	21.2	20.3
	Pseudomonaceae	1	0	1	2	0.9	0.0	0.9	0.6
P3	Bacillaceae	22	19	12	53	27.5	24.4	42.9	31.6
	Corynebacteriaceae	17	17	11	45	21.3	21.8	30.2	24.4
	Enterobacteriaceae	9	6	11	26	11.3	7.7	23.8	14.3
	Coccaceae	15	17	17	49	18.8	21.8	44.4	28.3
	Hongos	17	19	12	48	21.3	24.4	38.1	27.9
	Pseudomonaceae	0	0	1	1	0.0	0.0	1.6	1.6
P4	Bacillaceae	29	25	22	76	24.2	22.5	20.2	22.3
	Corynebacteriaceae	15	23	20	58	12.5	20.7	18.3	17.2
	Enterobacteriaceae	25	19	19	63	20.8	17.1	17.4	18.5
	Coccaceae	24	25	25	74	20.0	22.5	22.9	21.8
	Hongos	27	19	23	69	22.5	17.1	21.1	20.2
	Pseudomonaceae	1	0	0	1	0.8	0.0	0.0	0.8
P5	Bacillaceae	23	21	25	69	20.9	18.8	22.7	20.8
	Corynebacteriaceae	23	19	24	66	20.9	17.0	21.8	19.9
	Enterobacteriaceae	13	18	19	50	11.8	16.1	17.3	15.1
	Coccaceae	27	25	21	73	24.5	22.3	19.1	22.0
	Hongos	24	29	21	74	21.8	25.9	19.1	22.3
	Pseudomonaceae	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0

Anexo O. Frecuencias de Microorganismos identificados en el periodo de muestreo.

Punto 1. Invima.

PUNTO	JORNADA	MICROORGANISMO	# Apariciones	FRECUENCIA (%)
1	1	<i>Micrococcus luteus</i>	6	86
1	1	<i>Serratia rubidaea</i>	6	86
1	1	<i>Aspergillus flavus</i>	5	71
1	1	<i>Bacillus cereus</i>	5	71
1	1	<i>Bacillus mycoides</i>	5	71
1	1	<i>Bacillus subtilis</i>	5	71
1	1	<i>Corynebacterium amicolatum</i>	5	71
1	1	<i>Penicillium</i>	5	71
1	1	<i>Staphylococcus xylosus</i>	5	71
1	1	<i>Corynebacterium matruchitii</i>	4	57
1	1	<i>Klebsiella oxytoca</i>	4	57
1	1	<i>Serratia odonifera</i>	4	57
1	1	<i>Staphylococcus pasteurii</i>	4	57
1	1	<i>Trichoderma</i>	4	57
1	1	<i>Absidia</i>	3	43
1	1	<i>Bacillus macerans</i>	3	43
1	1	<i>Bacillus polymixa</i>	3	43
1	1	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	3	43
1	1	<i>Rhizopus</i>	3	43
1	1	<i>Scopulariopsis</i>	3	43
1	1	<i>Staphylococcus aureus sub aureus</i>	3	43
1	1	<i>Acremonium</i>	2	29
1	1	<i>Bacillus megaterium</i>	2	29
1	1	<i>Corynebacterium glucoronoliticum</i>	2	29
1	1	<i>Corynebacterium macginleyi</i>	2	29
1	1	<i>Corynebacterium minutissimum</i>	2	29
1	1	<i>Escherichia coli</i>	2	29
1	1	<i>Klebsiella ozaenae</i>	2	29
1	1	<i>Micrococcus kristinae</i>	2	29
1	1	<i>Mycrosporium gypseum</i>	2	29
1	1	<i>Paecilomyces</i>	2	29
1	1	<i>Sincefalastrum</i>	2	29
1	1	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	2	29
1	1	<i>Staphylococcus muscaea</i>	2	29
1	1	<i>Aspergillus niger</i>	1	14
1	1	<i>Bacillum coagulans</i>	1	14
1	1	<i>Bacillum megaterium</i>	1	14
1	1	<i>Bacillum pumilum</i>	1	14
1	1	<i>Bacillus coagulans</i>	1	14
1	1	<i>Bacillus lentus</i>	1	14
1	1	<i>Bacillus licheniformes</i>	1	14
1	1	<i>Bacillus pumilus</i>	1	14
1	1	<i>Cefalosporium</i>	1	14

1	1	<i>Micrococcus lylae</i>	1	14
1	1	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1	14
1	1	<i>Staphylococcus aureus sub anaerobius</i>	1	14
1	1	<i>Trichophyton shoeleni</i>	1	14
1	2	<i>Bacillus cereus</i>	7	100
1	2	<i>Corynebacterium matruchitii</i>	6	86
1	2	<i>Staphylococcus xylosus</i>	6	86
1	2	<i>Bacillus subtilis</i>	5	71
1	2	<i>Corynebacterium amicolatum</i>	5	71
1	2	<i>Micrococcus luteus</i>	5	71
1	2	<i>Staphylococcus aureus sub aureus</i>	5	71
1	2	<i>Bacillus macerans</i>	4	57
1	2	<i>Staphylococcus pasteurii</i>	4	57
1	2	<i>Absidia</i>	3	43
1	2	<i>Bacillus megaterium</i>	3	43
1	2	<i>Bacillus pumilus</i>	3	43
1	2	<i>Corynebacterium glucoronoliticum</i>	3	43
1	2	<i>Corynebacterium macginleyi</i>	3	43
1	2	<i>Klebsiella ozaenae</i>	3	43
1	2	<i>Penicillium</i>	3	43
1	2	<i>Serratia rubidaea</i>	3	43
1	2	<i>Trichoderma</i>	3	43
1	2	<i>Acremonium</i>	2	29
1	2	<i>Aspergillus niger</i>	2	29
1	2	<i>Bacillus polimixa</i>	2	29
1	2	<i>Corynebacterium kutcheri</i>	2	29
1	2	<i>Escherichia coli</i>	2	29
1	2	<i>Fusarium</i>	2	29
1	2	<i>Mycrosporium gypseum</i>	2	29
1	2	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2	29
1	2	<i>Serratia odonifera</i>	2	29
1	2	<i>Sincefalastrum</i>	2	29
1	2	<i>Staphylococcus muscaea</i>	2	29
1	2	<i>Aspergillus flavus</i>	1	14
1	2	<i>Aspergillus fumigatus</i>	1	14
1	2	<i>Bacillus coagulans</i>	1	14
1	2	<i>Bacillus lentus</i>	1	14
1	2	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	1	14
1	2	<i>Geotrichum</i>	1	14
1	2	<i>Klebsiella oxitoca</i>	1	14
1	2	<i>Mucor</i>	1	14
1	2	<i>Proteus mirabilis</i>	1	14
1	2	<i>Scopulariopsis</i>	1	14
1	2	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	1	14
1	2	<i>Trichophyton shoeleni</i>	1	14
1	3	<i>Corynebacterium amicolatum</i>	6	86
1	3	<i>Mucor</i>	6	86
1	3	<i>Serratia rubidaea</i>	6	86
1	3	<i>Staphylococcus xylosus</i>	6	86
1	3	<i>Aspergillus flavus</i>	5	71

1	3	<i>Bacillus cereus</i>	5	71
1	3	<i>Bacillus subtilis</i>	5	71
1	3	<i>Penicillium</i>	5	71
1	3	<i>Staphylococcus pasteurii</i>	5	71
1	3	<i>Corynebacterium macginleyi</i>	4	57
1	3	<i>Corynebacterium matruchitii</i>	4	57
1	3	<i>Micrococcus luteus</i>	4	57
1	3	<i>Staphylococcus aureus sub aureus</i>	4	57
1	3	<i>Aspergillus niger</i>	3	43
1	3	<i>Bacillus licheniformes</i>	3	43
1	3	<i>Bacillus megaterium</i>	3	43
1	3	<i>Escherichia coli</i>	3	43
1	3	<i>Proteus mirabilis</i>	3	43
1	3	<i>Serratia odonifera</i>	3	43
1	3	<i>Sincefalastrum</i>	3	43
1	3	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	3	43
1	3	<i>Bacillus macerans</i>	2	29
1	3	<i>Bacillus pumilus</i>	2	29
1	3	<i>Corynebacterium kutcheri</i>	2	29
1	3	<i>Geotrichum</i>	2	29
1	3	<i>Klebsiella oxitoca</i>	2	29
1	3	<i>Klebsiella ozaenae</i>	2	29
1	3	<i>Staphylococcus muscaea</i>	2	29
1	3	<i>Trichophyton shoeleni</i>	2	29
1	3	<i>Absidia</i>	1	14
1	3	<i>Acremonium</i>	1	14
1	3	<i>Aspergillus fumigatus</i>	1	14
1	3	<i>Bacillus lentus</i>	1	14
1	3	<i>Bacillus polimixa</i>	1	14
1	3	<i>Corynebacterium glucoronoliticum</i>	1	14
1	3	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	1	14
1	3	<i>Corynebacterium minutissimum</i>	1	14
1	3	<i>Klebsiella oxytoca</i>	1	14
1	3	<i>Micrococcus lylae</i>	1	14
1	3	<i>Micrococcus rosea</i>	1	14
1	3	<i>Micrococcus sedentarius</i>	1	14
1	3	<i>Mycrosporium cannis</i>	1	14
1	3	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1	14
1	3	<i>Scopulariopsis</i>	1	14
1	3	<i>Trichoderma</i>	1	14

Punto 2 Parque Barrio Salazar Gómez.

PUNTO	JORNADA	MICROORGANISMO	# Apariciones	FRECUENCIA (%)
2	1	<i>Corynebacterium amicolatum</i>	7	100
2	1	<i>Staphylococcus xylosus</i>	7	100
2	1	<i>Bacillus cereus</i>	6	86
2	1	<i>Micrococcus luteus</i>	6	86
2	1	<i>Staphylococcus pasteurii</i>	6	86

2	1	<i>Bacillus subtilis</i>	5	71
2	1	<i>Corynebacterium matruchitii</i>	5	71
2	1	<i>Bacillus macerans</i>	4	57
2	1	<i>Bacillus megaterium</i>	4	57
2	1	<i>Penicillium</i>	4	57
2	1	<i>Aspergillus flavus</i>	3	43
2	1	<i>Bacillus mycoides</i>	3	43
2	1	<i>Rhizopus</i>	3	43
2	1	<i>Serratia rubidaea</i>	3	43
2	1	<i>Sincafastrum</i>	3	43
2	1	<i>Staphylococcus aureus sub aureus</i>	3	43
2	1	<i>Absidia</i>	2	29
2	1	<i>Bacillus lentus</i>	2	29
2	1	<i>Bacillus licheniformes</i>	2	29
2	1	<i>Bacillus polymixa</i>	2	29
2	1	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	2	29
2	1	<i>Corynebacterium macginleyi</i>	2	29
2	1	<i>Escherichia coli</i>	2	29
2	1	<i>Klebsiella oxytoca</i>	2	29
2	1	<i>Klebsiella rhinocleromatis</i>	2	29
2	1	<i>Micrococcus kristinae</i>	2	29
2	1	<i>Mycrosporium gypseum</i>	2	29
2	1	<i>Aspergillus fumigatus</i>	1	14
2	1	<i>Aspergillus niger</i>	1	14
2	1	<i>Bacillus pumilus</i>	1	14
2	1	<i>Cefalosporium</i>	1	14
2	1	<i>Corynebacterium glucoronoliticum</i>	1	14
2	1	<i>Corynebacterium kutcheri</i>	1	14
2	1	<i>Corynebacterium minutissimum</i>	1	14
2	1	<i>Fusarium</i>	1	14
2	1	<i>Klebsiella ozaenae</i>	1	14
2	1	<i>Levaduras</i>	1	14
2	1	<i>Mucor</i>	1	14
2	1	<i>Proteus mirabilis</i>	1	14
2	1	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1	14
2	1	<i>Scopulariopsis</i>	1	14
2	1	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	1	14
2	1	<i>Staphylococcus muscaea</i>	1	14
2	1	<i>Trichoderma</i>	1	14
2	1	<i>Trichoderma Scopulariopsis</i>	1	14
2	2	<i>Bacillus cereus</i>	6	86
2	2	<i>Bacillus subtilis</i>	6	86
2	2	<i>Serratia rubidaea</i>	6	86
2	2	<i>Staphylococcus pasteurii</i>	6	86
2	2	<i>Staphylococcus xylosum</i>	6	86
2	2	<i>Corynebacterium amicolatum</i>	5	71
2	2	<i>Corynebacterium matruchitii</i>	5	71
2	2	<i>Penicillium</i>	5	71
2	2	<i>Klebsiella rhinocleromatis</i>	4	57
2	2	<i>Micrococcus luteus</i>	4	57

2	2	<i>Proteus mirabilis</i>	4	57
2	2	<i>Bacillus lentus</i>	3	43
2	2	<i>Bacillus mycoides</i>	3	43
2	2	<i>Cefalosporium</i>	3	43
2	2	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	3	43
2	2	<i>Corynebacterium macginleyi</i>	3	43
2	2	<i>Micrococcus kristinae</i>	3	43
2	2	<i>Mucor</i>	3	43
2	2	<i>Paecilomyces</i>	3	43
2	2	<i>Serratia odonifera</i>	3	43
2	2	<i>Staphylococcus aureus sub aureus</i>	3	43
2	2	<i>Bacillus coagulans</i>	2	29
2	2	<i>Bacillus licheniformes</i>	2	29
2	2	<i>Bacillus megaterium</i>	2	29
2	2	<i>Bacillus polymixa</i>	2	29
2	2	<i>Fusarium</i>	2	29
2	2	<i>Geotrichum</i>	2	29
2	2	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	2	29
2	2	<i>Trichoderma</i>	2	29
2	2	<i>Absidia</i>	1	14
2	2	<i>Aspergillus fumigatus</i>	1	14
2	2	<i>Bacillus pumilus</i>	1	14
2	2	<i>Corynebacterium glucoronoliticum</i>	1	14
2	2	<i>Escherichia coli</i>	1	14
2	2	<i>Klebsiella oxitoca</i>	1	14
2	2	<i>Klebsiella oxytoca</i>	1	14
2	2	<i>Klebsiella ozaenae</i>	1	14
2	2	<i>Mycrosporium cannis</i>	1	14
2	2	<i>Rhizopus</i>	1	14
2	2	<i>Scopulariopsis</i>	1	14
2	2	<i>Sincefalastrum</i>	1	14
2	2	<i>Staphylococcus aureus sub anaerobius</i>	1	14
2	2	<i>Staphylococcus muscaea</i>	1	14
2	2	<i>Trichophyton shoeleni</i>	1	14
2	3	<i>Micrococcus luteus</i>	7	100
2	3	<i>Bacillus subtilis</i>	6	86
2	3	<i>Cefalosporium</i>	5	71
2	3	<i>Corynebacterium amicolatum</i>	5	71
2	3	<i>Corynebacterium matruchitii</i>	5	71
2	3	<i>Serratia rubidaea</i>	5	71
2	3	<i>Staphylococcus pasteurii</i>	5	71
2	3	<i>Staphylococcus xylosum</i>	5	71
2	3	<i>Bacillus coagulans</i>	4	57
2	3	<i>Corynebacterium glucoronoliticum</i>	4	57
2	3	<i>Penicillium</i>	4	57
2	3	<i>Staphylococcus aureus sub aureus</i>	4	57
2	3	<i>Bacillus cereus</i>	3	43
2	3	<i>Bacillus licheniformes</i>	3	43
2	3	<i>Bacillus macerans</i>	3	43
2	3	<i>Bacillus megaterium</i>	3	43

2	3	<i>Bacillus polimixa</i>	3	43
2	3	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	3	43
2	3	<i>Serratia odonifera</i>	3	43
2	3	<i>Absidia</i>	2	29
2	3	<i>Aspergillus flavus</i>	2	29
2	3	<i>Bacillus lentus</i>	2	29
2	3	<i>Corynebacterium macginleyi</i>	2	29
2	3	<i>Escherichia coli</i>	2	29
2	3	<i>Klebsiella oxytoca</i>	2	29
2	3	<i>Levaduras</i>	2	29
2	3	<i>Mucor</i>	2	29
2	3	<i>Paecilomyces</i>	2	29
2	3	<i>Proteus mirabilis</i>	2	29
2	3	<i>Scopulariopsis</i>	2	29
2	3	<i>Sincefalastrum</i>	2	29
2	3	<i>Staphylococcus aureus sub anaerobius</i>	2	29
2	3	<i>Staphylococcus muscaea</i>	2	29
2	3	<i>Trichoderma</i>	2	29
2	3	<i>Bacillus mycoides</i>	1	14
2	3	<i>Fusarium</i>	1	14
2	3	<i>Geotrichum</i>	1	14
2	3	<i>Klebsiella ozaenae</i>	1	14
2	3	<i>Klebsiella rhinocleromatis</i>	1	14
2	3	<i>Mycrosporium gypseum</i>	1	14
2	3	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1	14

### Punto 3. Parque Barrio Puente Aranda.

PUNTO	JORNADA	MICROORGANISMO	# Apariciones	FRECUENCIA (%)
3	1	<i>Bacillus cereus</i>	6	86
3	1	<i>Corynebacterium matruchitii</i>	6	86
3	1	<i>Bacillus megaterium</i>	5	71
3	1	<i>Corynebacterium amicolatum</i>	5	71
3	1	<i>Penicillium</i>	5	71
3	1	<i>Staphylococcus pasteurii</i>	5	71
3	1	<i>Staphylococcus xylosus</i>	5	71
3	1	<i>Bacillus subtilis</i>	4	57
3	1	<i>Cefalosporium</i>	4	57
3	1	<i>Bacillus licheniformes</i>	3	43
3	1	<i>Aspergillus flavus</i>	2	29
3	1	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	2	29
3	1	<i>Corynebacterium macginleyi</i>	2	29
3	1	<i>Micrococcus luteus</i>	2	29
3	1	<i>Proteus mirabilis</i>	2	29
3	1	<i>Serratia odonifera</i>	2	29
3	1	<i>Serratia rubidaea</i>	2	29
3	1	<i>Staphylococcus aureus sub aureus</i>	2	29
3	1	<i>Trichoderma</i>	2	29



3	1	<i>Absidia</i>	1	14
3	1	<i>Aspergillus fumigatus</i>	1	14
3	1	<i>Aspergillus niger</i>	1	14
3	1	<i>Bacillus lentus</i>	1	14
3	1	<i>Bacillus macerans</i>	1	14
3	1	<i>Bacillus polimixa</i>	1	14
3	1	<i>Bacillus pumilus</i>	1	14
3	1	<i>Escherichia coli</i>	1	14
3	1	<i>Fusarium</i>	1	14
3	1	<i>Micrococcus sedentarius</i>	1	14
3	1	<i>Mucor</i>	1	14
3	1	<i>Rhizopus</i>	1	14
3	1	<i>Sincefalastrum</i>	1	14
3	1	<i>Staphylococcus xylosus</i>	1	14
3	1	<i>Trichophyton shoeleni</i>	1	14
3	2	<i>Bacillus subtilis</i>	6	86
3	2	<i>Corynebacterium amicolatum</i>	6	86
3	2	<i>Penicillium</i>	6	86
3	2	<i>Staphylococcus pasteurii</i>	6	86
3	2	<i>Staphylococcus xylosus</i>	6	86
3	2	<i>Aspergillus flavus</i>	5	71
3	2	<i>Bacillus cereus</i>	5	71
3	2	<i>Bacillus licheniformes</i>	3	43
3	2	<i>Corynebacterium matruchitii</i>	3	43
3	2	<i>Micrococcus luteus</i>	3	43
3	2	<i>Bacillus megaterium</i>	2	29
3	2	<i>Bacillus mycoides</i>	2	29
3	2	<i>Cefalosporium</i>	2	29
3	2	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	2	29
3	2	<i>Corynebacterium macginleyi</i>	2	29
3	2	<i>Klebsiella oxytoca</i>	2	29
3	2	<i>Mycrosporium gypseum</i>	2	29
3	2	<i>Rhizopus</i>	2	29
3	2	<i>Serratia rubidaea</i>	2	29
3	2	<i>Absidia</i>	1	14
3	2	<i>Aspergillus niger</i>	1	14
3	2	<i>Bacillus macerans</i>	1	14
3	2	<i>Corynebacterium glucoronoliticum</i>	1	14
3	2	<i>Corynebacterium kutcheri</i>	1	14
3	2	<i>Corynebacterium Kutcherii</i>	1	14
3	2	<i>Corynebacterium matruchotii</i>	1	14
3	2	<i>Geotrichum</i>	1	14
3	2	<i>Scopulariopsis</i>	1	14
3	2	<i>Serratia odonifera</i>	1	14
3	2	<i>Sincefalastrum</i>	1	14
3	2	<i>Staphylococcus muscaea</i>	1	14
3	3	<i>Staphylococcus xylosus</i>	7	100
3	3	<i>Penicillium</i>	6	86
3	3	<i>Corynebacterium amicolatum</i>	5	71
3	3	<i>Bacillus cereus</i>	4	57

3	3	<i>Bacillus subtilis</i>	4	57
3	3	<i>Corynebacterium matruchitii</i>	4	57
3	3	<i>Staphylococcus aureus sub aureus</i>	4	57
3	3	<i>Aspergillus flavus</i>	3	43
3	3	<i>Bacillus megaterium</i>	3	43
3	3	<i>Corynebacterium macginleyi</i>	3	43
3	3	<i>Serratia odonifera</i>	3	43
3	3	<i>Staphylococcus muscaea</i>	3	43
3	3	<i>Staphylococcus pasteurii</i>	3	43
3	3	<i>Bacillus polimixa</i>	2	29
3	3	<i>Cefalosporium</i>	2	29
3	3	<i>Serratia rubidaea</i>	2	29
3	3	<i>Trichoderma</i>	2	29
3	3	<i>Absidia</i>	1	14
3	3	<i>Acremonium</i>	1	14
3	3	<i>Bacillus lentus</i>	1	14
3	3	<i>Bacillus macerans</i>	1	14
3	3	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	1	14
3	3	<i>Corynebacterium kutcheri</i>	1	14
3	3	<i>Klebsiella oxytoca</i>	1	14
3	3	<i>Klebsiella ozaenae</i>	1	14
3	3	<i>Micrococcus luteus</i>	1	14
3	3	<i>Proteus mirabilis</i>	1	14
3	3	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1	14
3	3	<i>Rhizopus</i>	1	14
3	3	<i>Sincefalastrum</i>	1	14
3	3	<i>Staphylococcus aureus sub anaerobius</i>	1	14
3	3	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	1	14

Punto 4. Colegio La Merced.

PUNTO	JORNADA	MICROORGANISMO	# Apariciones	FRECUENCIA (%)
4	1	<i>Bacillus subtilis</i>	6	86
4	1	<i>Micrococcus luteus</i>	6	86
4	1	<i>Serratia rubidaea</i>	6	86
4	1	<i>Staphylococcus xylosum</i>	6	86
4	1	<i>Corynebacterium amicolatum</i>	5	71
4	1	<i>Staphylococcus pasteurii</i>	5	71
4	1	<i>Trichoderma</i>	5	71
4	1	<i>Bacillus megaterium</i>	4	57
4	1	<i>Corynebacterium matruchitii</i>	4	57
4	1	<i>Penicillium</i>	4	57
4	1	<i>Serratia odonifera</i>	4	57
4	1	<i>Aspergillus fumigatus</i>	3	43
4	1	<i>Bacillus cereus</i>	3	43
4	1	<i>Bacillus macerans</i>	3	43
4	1	<i>Bacillus mycoides</i>	3	43
4	1	<i>Bacillus polimixa</i>	3	43
4	1	<i>Klebsiella oxytoca</i>	3	43

4	1	<i>Sincefalastrum</i>	3	43
4	1	<i>Staphylococcus aureus sub aureus</i>	3	43
4	1	<i>Absidia</i>	2	29
4	1	<i>Aspergillus niger</i>	2	29
4	1	<i>Bacillus coagulans</i>	2	29
4	1	<i>Bacillus licheniformes</i>	2	29
4	1	<i>Bacillus pumilus</i>	2	29
4	1	<i>Cefalosporium</i>	2	29
4	1	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	2	29
4	1	<i>Klebsiella ozaenae</i>	2	29
4	1	<i>Mucor</i>	2	29
4	1	<i>Staphylococcus muscaea</i>	2	29
4	1	<i>Aspergillus flavus</i>	1	14
4	1	<i>Bacillus lentus</i>	1	14
4	1	<i>Corynebacterium flavescens</i>	1	14
4	1	<i>Corynebacterium glucoronoliticum</i>	1	14
4	1	<i>Corynebacterium kutcheri</i>	1	14
4	1	<i>Corynebacterium macginleyi</i>	1	14
4	1	<i>Escherichia coli</i>	1	14
4	1	<i>Fusarium</i>	1	14
4	1	<i>Klebsiella oxitoca</i>	1	14
4	1	<i>Levaduras</i>	1	14
4	1	<i>Micrococcus kristinae</i>	1	14
4	1	<i>Micrococcus lylae</i>	1	14
4	1	<i>Mycrosporium gypseum</i>	1	14
4	1	<i>Paecilomyces</i>	1	14
4	1	<i>Proteus mirabilis</i>	1	14
4	1	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1	14
4	1	<i>Rhizopus</i>	1	14
4	1	<i>Scopulariopsis</i>	1	14
4	1	<i>Trichophyton shoeleni</i>	1	14
4	2	<i>Bacillus subtilis</i>	6	86
4	2	<i>Staphylococcus aureus sub aureus</i>	6	86
4	2	<i>Staphylococcus pasteurii</i>	6	86
4	2	<i>Corynebacterium amicolatum</i>	5	71
4	2	<i>Corynebacterium matruchitii</i>	5	71
4	2	<i>Micrococcus luteus</i>	5	71
4	2	<i>Bacillus megaterium</i>	4	57
4	2	<i>Corynebacterium macginleyi</i>	4	57
4	2	<i>Absidia</i>	3	43
4	2	<i>Acremonium</i>	3	43
4	2	<i>Aspergillus flavus</i>	3	43
4	2	<i>Bacillus cereus</i>	3	43
4	2	<i>Bacillus lentus</i>	3	43
4	2	<i>Bacillus macerans</i>	3	43
4	2	<i>Corynebacterium glucoronoliticum</i>	3	43
4	2	<i>Corynebacterium kutcheri</i>	3	43
4	2	<i>Klebsiella oxitoca</i>	3	43
4	2	<i>Serratia odonifera</i>	3	43
4	2	<i>Serratia rubidaea</i>	3	43

4	2	<i>Staphylococcus xylosus</i>	3	43
4	2	<i>Aspergillus niger</i>	2	29
4	2	<i>Bacillus licheniformes</i>	2	29
4	2	<i>Bacillus mycoides</i>	2	29
4	2	<i>Bacillus pumilus</i>	2	29
4	2	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	2	29
4	2	<i>Mucor</i>	2	29
4	2	<i>Proteus mirabilis</i>	2	29
4	2	<i>Staphylococcus muscae</i>	2	29
4	2	<i>Trichoderma</i>	2	29
4	2	<i>Bacillus coagulans</i>	1	14
4	2	<i>Cefalosporium</i>	1	14
4	2	<i>Corynebacterium flavescens</i>	1	14
4	2	<i>Escherichia coli</i>	1	14
4	2	<i>Micrococcus kristinae</i>	1	14
4	2	<i>Mycrosporium gypseum</i>	1	14
4	2	<i>Rhizopus</i>	1	14
4	2	<i>Scopulariopsis</i>	1	14
4	2	<i>Sincefalastrum</i>	1	14
4	2	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	1	14
4	3	<i>Corynebacterium matruchitii</i>	6	86
4	3	<i>Bacillus cereus</i>	5	71
4	3	<i>Bacillus subtilis</i>	5	71
4	3	<i>Staphylococcus pasteurii</i>	5	71
4	3	<i>Staphylococcus xylosus</i>	5	71
4	3	<i>Corynebacterium amicolatum</i>	4	57
4	3	<i>Micrococcus luteus</i>	4	57
4	3	<i>Penicillium</i>	4	57
4	3	<i>Serratia odonifera</i>	4	57
4	3	<i>Staphylococcus aureus sub aureus</i>	4	57
4	3	<i>Aspergillus flavus</i>	3	43
4	3	<i>Bacillus macerans</i>	3	43
4	3	<i>Bacillus polymixa</i>	3	43
4	3	<i>Corynebacterium glucoronoliticum</i>	3	43
4	3	<i>Corynebacterium macginleyi</i>	3	43
4	3	<i>Micrococcus kristinae</i>	3	43
4	3	<i>Proteus mirabilis</i>	3	43
4	3	<i>Rhizopus</i>	3	43
4	3	<i>Serratia rubidaea</i>	3	43
4	3	<i>Trichoderma</i>	3	43
4	3	<i>Absidia</i>	2	29
4	3	<i>Aspergillus fumigatus</i>	2	29
4	3	<i>Aspergillus niger</i>	2	29
4	3	<i>Bacillus coagulans</i>	2	29
4	3	<i>Bacillus lentus</i>	2	29
4	3	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	2	29
4	3	<i>Escherichia coli</i>	2	29
4	3	<i>Fusarium</i>	2	29
4	3	<i>Micrococcus lylae</i>	2	29
4	3	<i>Mucor</i>	2	29

4	3	<i>Sincefalastrum</i>	2	29
4	3	<i>Bacillus megaterium</i>	1	14
4	3	<i>Bacillus pumilus</i>	1	14
4	3	<i>Cefalosporium</i>	1	14
4	3	<i>Corynebacterium kutcheri</i>	1	14
4	3	<i>Corynebacterium minutissimum</i>	1	14
4	3	<i>Klebsiella oxytoca</i>	1	14
4	3	<i>Klebsiella rhinocleromatis</i>	1	14
4	3	<i>Mycrosporium cannis</i>	1	14
4	3	<i>Mycrosporium gypseum</i>	1	14
4	3	<i>Paecilomyces</i>	1	14
4	3	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	1	14
4	3	<i>Staphylococcus muscaea</i>	1	14

Punto 5. Parque Cundinamarca.

PUNTO	JORNADA	MICROORGANISMO	# Apariciones	FRECUENCIA (%)
5	1	<i>Bacillus subtilis</i>	7	100
5	1	<i>Staphylococcus xylosus</i>	7	100
5	1	<i>Corynebacterium amicolatum</i>	6	86
5	1	<i>Staphylococcus pasteurii</i>	6	86
5	1	<i>Penicillium</i>	5	71
5	1	<i>Aspergillus flavus</i>	4	57
5	1	<i>Bacillus cereus</i>	4	57
5	1	<i>Bacillus megaterium</i>	4	57
5	1	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	4	57
5	1	<i>Corynebacterium macginleyi</i>	4	57
5	1	<i>Corynebacterium matruchitii</i>	4	57
5	1	<i>Micrococcus luteus</i>	4	57
5	1	<i>Serratia rubidaea</i>	4	57
5	1	<i>Staphylococcus aureus sub aureus</i>	4	57
5	1	<i>Staphylococcus muscaea</i>	4	57
5	1	<i>Corynebacterium kutcheri</i>	3	43
5	1	<i>Micrococcus kristinae</i>	3	43
5	1	<i>Serratia odonifera</i>	3	43
5	1	<i>Aspergillus fumigatus</i>	2	29
5	1	<i>Bacillus lentus</i>	2	29
5	1	<i>Bacillus macerans</i>	2	29
5	1	<i>Bacillus polymixa</i>	2	29
5	1	<i>Cefalosporium</i>	2	29
5	1	<i>Corynebacterium glucoronoliticum</i>	2	29
5	1	<i>Fusarium</i>	2	29
5	1	<i>Mucor</i>	2	29
5	1	<i>Proteus mirabilis</i>	2	29
5	1	<i>Rhizopus</i>	2	29
5	1	<i>Absidia</i>	1	14
5	1	<i>Acremonium</i>	1	14
5	1	<i>Aspergillus niger</i>	1	14
5	1	<i>Bacillus coagulans</i>	1	14

5	1	<i>Bacillus mycoides</i>	1	14
5	1	<i>Geotrichum</i>	1	14
5	1	<i>Klebsiella oxytoca</i>	1	14
5	1	<i>Klebsiella ozaenae</i>	1	14
5	1	<i>Micrococcus lylae</i>	1	14
5	1	<i>Mucor Rhizopus</i>	1	14
5	1	<i>Mycrosporium gypseum</i>	1	14
5	1	<i>Paecilomyces</i>	1	14
5	1	<i>Sincefalastrum</i>	1	14
5	1	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	1	14
5	1	<i>Trichoderma</i>	1	14
5	2	<i>Bacillus megaterium</i>	4	57
5	2	<i>Bacillus subtilis</i>	4	57
5	2	<i>Corynebacterium macginleyi</i>	4	57
5	2	<i>Corynebacterium matruchitii</i>	4	57
5	2	<i>Bacillus polymixa</i>	3	43
5	2	<i>Cefalosporium</i>	3	43
5	2	<i>Mucor</i>	3	43
5	2	<i>Mycrosporium gypseum</i>	3	43
5	2	<i>Rhizopus</i>	3	43
5	2	<i>Aspergillus fumigatus</i>	2	29
5	2	<i>Bacillus licheniformes</i>	2	29
5	2	<i>Bacillus mycoides</i>	2	29
5	2	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	2	29
5	2	<i>Escherichia coli</i>	2	29
5	2	<i>Fusarium</i>	2	29
5	2	<i>Klebsiella oxytoca</i>	2	29
5	2	<i>Klebsiella ozaenae</i>	2	29
5	2	<i>Micrococcus kristinae</i>	2	29
5	2	<i>Micrococcus luteus</i>	2	29
5	2	<i>Staphylococcus aureus sub aureus</i>	2	29
5	2	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	2	29
5	2	<i>Trichophyton shoeleni</i>	2	29
5	2	<i>Aspergillus flavus</i>	1	14
5	2	<i>Aspergillus niger</i>	1	14
5	2	<i>Bacillus lentus</i>	1	14
5	2	<i>Corynebacterium cutcheri</i>	1	14
5	2	<i>Corynebacterium flavencens</i>	1	14
5	2	<i>Corynebacterium minutissimum</i>	1	14
5	2	<i>Geotrichum</i>	1	14
5	2	<i>Micrococcus rosea</i>	1	14
5	2	<i>Proteus mirabilis</i>	1	14
5	2	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	1	14
5	2	<i>Scopulariopsis</i>	1	14
5	2	<i>Serratia odonifera</i>	1	14
5	2	<i>Staphylococcus muscaea</i>	1	14
5	2	<i>Trichoderma</i>	1	14
5	3	<i>Corynebacterium macginleyi</i>	7	100
5	3	<i>Penicillium</i>	6	86
5	3	<i>Staphylococcus pasteurii</i>	6	86

5	3	<i>Bacillus megaterium</i>	5	71
5	3	<i>Corynebacterium matruchitii</i>	5	71
5	3	<i>Micrococcus luteus</i>	5	71
5	3	<i>Serratia rubidaea</i>	5	71
5	3	<i>Staphylococcus xylosus</i>	5	71
5	3	<i>Bacillus subtilis</i>	4	57
5	3	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	4	57
5	3	<i>Aspergillus flavus</i>	3	43
5	3	<i>Bacillus cereus</i>	3	43
5	3	<i>Bacillus licheniformes</i>	3	43
5	3	<i>Bacillus polymixa</i>	3	43
5	3	<i>Bacillus pumilus</i>	3	43
5	3	<i>Corynebacterium kutcheri</i>	3	43
5	3	<i>Escherichia coli</i>	3	43
5	3	<i>Aspergillus niger</i>	2	29
5	3	<i>Bacillus macerans</i>	2	29
5	3	<i>Corynebacterium amicolatum</i>	2	29
5	3	<i>Corynebacterium glucoronoliticum</i>	2	29
5	3	<i>Klebsiella ozaenae</i>	2	29
5	3	<i>Rhizopus</i>	2	29
5	3	<i>Scopulariopsis</i>	2	29
5	3	<i>Serratia odonifera</i>	2	29
5	3	<i>Sincafastrum</i>	2	29
5	3	<i>Staphylococcus aureus sub aureus</i>	2	29
5	3	<i>Trichoderma</i>	2	29
5	3	<i>Trichophyton shoeleni</i>	2	29
5	3	<i>Absidia</i>	1	14
5	3	<i>Bacillus coagulans</i>	1	14
5	3	<i>Bacillus lentus</i>	1	14
5	3	<i>Corynebacterium minutissimum</i>	1	14
5	3	<i>Geotrichum</i>	1	14
5	3	<i>Klebsiella oxytoca</i>	1	14
5	3	<i>Levaduras</i>	1	14
5	3	<i>Micrococcus kristinae</i>	1	14
5	3	<i>Micrococcus rosea</i>	1	14
5	3	<i>Mucor</i>	1	14
5	3	<i>Mycrosporium gypseum</i>	1	14
5	3	<i>Proteus mirabilis</i>	1	14
5	3	<i>Staphylococcus aureus sub anaerobius</i>	1	14
5	3	<i>Staphylococcus muscaea</i>	1	14

Anexo P. Registro fotográfico Blanco.



Foto 1. Panorámica del sitio de muestreo.



Foto 2. Punto de muestreo.





Foto 3. Toma de la muestra.



Foto 4. Equipos utilizados.

Anexo Q. Correlaciones de Pearson.

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
CORRELACIONES ENTRE VARIABLES DE CLIMA Y UFC

83

Variable	N	Mean	Std Dev	TOTAL CORRELATION ANALYSIS Simple Statistics		
				Sum	Minimum	Maximum
UFCM3	104	138.403846	117.039660	14394	22.000000	573.000000
TEMP	104	15.575000	1.909748	1619.800000	10.900000	19.500000
VIENTO	104	3.059615	1.478356	318.200000	0.500000	7.200000
BRISOL	68	219.290000	179.721329	14912	2.480000	689.570000
HUMRELAJ	104	78.042212	8.762050	8116.390000	60.030000	99.490000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / Number of Observations

	UFCM3	TEMP	VIENTO	BRISOL	HUMRELAJ
UFCM3	1.00000 0.0 104	0.33934 0.0004 104	0.08574 0.3868 104	0.17312 0.1580 68	-0.33933 0.0004 104
TEMP	0.33934 0.0004 104	1.00000 0.0 104	0.41804 0.0001 104	0.51627 0.0001 68	-1.00000 0.0 104
VIENTO	0.08574 0.3868 104	0.41804 0.0001 104	1.00000 0.0 104	0.00848 0.9453 68	-0.41801 0.0001 104
BRISOL	0.17312 0.1580 68	0.51627 0.0001 68	0.00848 0.9453 68	1.00000 0.0 68	-0.51629 0.0001 68
HUMRELAJ	-0.33933 0.0004 104	-1.00000 0.0 104	-0.41801 0.0001 104	-0.51629 0.0001 68	1.00000 0.0 104

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
CORRELACIONES ENTRE VARIABLES DE CLIMA Y UFC

84

POR DIA

DIA=1

CORRELATION ANALYSIS

6 'VAR' Variables: UFCM3 TEMP VIENTO BRISOL HUMRELAJ HUMRE2AJ

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
UFCM3	15	99.133333	57.301043	1487.000000	34.000000	227.000000
TEMP	15	16.180000	2.284169	242.700000	12.300000	19.500000
VIENTO	15	3.040000	1.246022	45.600000	1.000000	4.600000
BRISOL	0	.	.	.	.	.
HUMRELAJ	15	75.268000	10.480417	1129.020000	60.030000	93.070000
HUMRE2AJ	15	76.268000	10.480417	1144.020000	61.030000	94.070000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / Number of Observations

	UFCM3	TEMP	VIENTO	BRISOL	HUMRELAJ	HUMRE2AJ
UFCM3	1.00000 0.0 15	-0.42991 0.1097 15	-0.63955 0.0102 15	.	0.42986 0.1098 15	0.42986 0.1098 15
TEMP	-0.42991 0.1097 15	1.00000 0.0 15	0.59083 0.0204 15	.	-1.00000 0.0001 15	-1.00000 0.0001 15
VIENTO	-0.63955 0.0102 15	0.59083 0.0204 15	1.00000 0.0 15	.	-0.59080 0.0204 15	-0.59080 0.0204 15
BRISOL	.	.	.	.	.	.
	0	0	0	0	0	0
HUMRELAJ	0.42986 0.1098 15	-1.00000 0.0001 15	-0.59080 0.0204 15	.	1.00000 0.0 15	1.00000 0.0001 15
HUMRE2AJ	0.42986 0.1098 15	-1.00000 0.0001 15	-0.59080 0.0204 15	.	1.00000 0.0001 15	1.00000 0.0 15

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
 CORRELACIONES ENTRE VARIABLES DE CLIMA Y UFC  
 POR DIA

85

----- DIA=2 -----

CORRELATION ANALYSIS

6 'VAR' Variables: UFCM3 TEMP VIENTO BRISOL HUMRELAJ HUMRE2AJ

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
UFCM3	15	81.400000	60.719260	1221.000000	22.000000	215.000000
TEMP	15	15.260000	1.192716	228.900000	13.700000	17.700000
VIENTO	15	3.366667	1.092616	50.500000	1.200000	5.200000
BRISOL	11	236.669091	182.957691	2603.360000	2.480000	485.780000
HUMRELAJ	15	79.487333	5.472840	1192.310000	68.290000	86.640000
HUMRE2AJ	15	76.782667	4.831914	1151.740000	66.900000	83.100000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / Number of Observations

	UFCM3	TEMP	VIENTO	BRISOL	HUMRELAJ	HUMRE2AJ
UFCM3	1.00000	0.02085	0.25366	-0.38027	-0.02082	-0.02079
	0.0	0.9412	0.3616	0.2486	0.9413	0.9414
	15	15	15	11	15	15
TEMP	0.02085	1.00000	0.11620	0.28616	-1.00000	-1.00000
	0.9412	0.0	0.6800	0.3936	0.0001	0.0001
	15	15	15	11	15	15
VIENTO	0.25366	0.11620	1.00000	0.16943	-0.11603	-0.11623
	0.3616	0.6800	0.0	0.6185	0.6805	0.6800
	15	15	15	11	15	15
BRISOL	-0.38027	0.28616	0.16943	1.00000	-0.28600	-0.28626
	0.2486	0.3936	0.6185	0.0	0.3939	0.3934
	11	11	11	11	11	11
HUMRELAJ	-0.02082	-1.00000	-0.11603	-0.28600	1.00000	1.00000
	0.9413	0.0001	0.6805	0.3939	0.0	0.0001
	15	15	15	11	15	15
HUMRE2AJ	-0.02079	-1.00000	-0.11623	-0.28626	1.00000	1.00000
	0.9414	0.0001	0.6800	0.3934	0.0001	0.0
	15	15	15	11	15	15

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
 CORRELACIONES ENTRE VARIABLES DE CLIMA Y UFC  
 POR DIA

86

----- DIA=3 -----

CORRELATION ANALYSIS

6 'VAR' Variables: UFCM3 TEMP VIENTO BRISOL HUMRELAJ HUMRE2AJ

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
UFCM3	15	143.200000	109.254748	2148.000000	44.000000	489.000000
TEMP	15	15.773333	1.778630	236.600000	11.600000	18.200000
VIENTO	15	2.886667	1.515570	43.300000	1.300000	6.400000
BRISOL	11	309.835455	246.177280	3408.190000	15.730000	689.570000
HUMRELAJ	15	77.133333	8.160603	1157.000000	66.000000	96.280000
HUMRE2AJ	15	77.616667	9.391232	1164.250000	64.800000	99.650000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / Number of Observations

	UFCM3	TEMP	VIENTO	BRISOL	HUMRELAJ	HUMRE2AJ
UFCM3	1.00000	0.30552	-0.42446	0.37705	-0.30561	-0.30561
	0.0	0.2681	0.1148	0.2530	0.2680	0.2680
	15	15	15	11	15	15
TEMP	0.30552	1.00000	0.33744	0.65278	-1.00000	-1.00000
	0.2681	0.0	0.2187	0.0294	0.0001	0.0001
	15	15	15	11	15	15
VIENTO	-0.42446	0.33744	1.00000	0.16017	-0.33742	-0.33733
	0.1148	0.2187	0.0	0.6380	0.2187	0.2189
	15	15	15	11	15	15
BRISOL	0.37705	0.65278	0.16017	1.00000	-0.65292	-0.65279
	0.2530	0.0294	0.6380	0.0	0.0294	0.0294
	11	11	11	11	11	11
HUMRELAJ	-0.30561	-1.00000	-0.33742	-0.65292	1.00000	1.00000
	0.2680	0.0001	0.2187	0.0294	0.0	0.0001
	15	15	15	11	15	15
HUMRE2AJ	-0.30561	-1.00000	-0.33733	-0.65279	1.00000	1.00000
	0.2680	0.0001	0.2189	0.0294	0.0001	0.0
	15	15	15	11	15	15

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
 CORRELACIONES ENTRE VARIABLES DE CLIMA Y UFC  
 POR DIA

87

----- DIA=4 -----

CORRELATION ANALYSIS

6 'VAR' Variables: UFCM3 TEMP VIENTO BRISOL HUMRELAJ HUMRE2AJ

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
UFCM3	15	215.533333	137.753334	3233.000000	39.000000	552.000000
TEMP	15	15.106667	2.045716	226.600000	12.100000	19.500000
VIENTO	15	2.866667	2.057969	43.000000	0.500000	6.200000
BRISOL	11	196.032727	149.021801	2156.360000	8.200000	410.940000
HUMRELAJ	15	80.190667	9.386065	1202.860000	60.030000	93.990000
HUMRE2AJ	15	78.234667	10.842293	1173.520000	54.950000	94.170000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / Number of Observations

	UFCM3	TEMP	VIENTO	BRISOL	HUMRELAJ	HUMRE2AJ
UFCM3	1.00000	0.35046	0.49555	0.18470	-0.35031	-0.35046
	0.0	0.2003	0.0603	0.5867	0.2005	0.2003
	15	15	15	11	15	15
TEMP	0.35046	1.00000	0.57555	0.70900	-1.00000	-1.00000
	0.2003	0.0	0.0248	0.0146	0.0001	0.0
	15	15	15	11	15	15
VIENTO	0.49555	0.57555	1.00000	0.16359	-0.57543	-0.57555
	0.0603	0.0248	0.0	0.6308	0.0248	0.0248
	15	15	15	11	15	15
BRISOL	0.18470	0.70900	0.16359	1.00000	-0.70892	-0.70900
	0.5867	0.0146	0.6308	0.0	0.0146	0.0146
	11	11	11	11	11	11
HUMRELAJ	-0.35031	-1.00000	-0.57543	-0.70892	1.00000	1.00000
	0.2005	0.0001	0.0248	0.0146	0.0	0.0001
	15	15	15	11	15	15
HUMRE2AJ	-0.35046	-1.00000	-0.57555	-0.70900	1.00000	1.00000
	0.2003	0.0	0.0248	0.0146	0.0001	0.0
	15	15	15	11	15	15

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
 CORRELACIONES ENTRE VARIABLES DE CLIMA Y UFC  
 POR DIA

88

-----  
 DIA=5  
 -----  
 CORRELATION ANALYSIS

6 'VAR' Variables: UFCM3 TEMP VIENTO BRISOL HUMRELAJ HUMRE2AJ						
Variable	N	Simple Statistics		Sum	Minimum	Maximum
		Mean	Std Dev			
UFCM3	15	166.200000	138.684740	2493.000000	38.000000	543.000000
TEMP	15	16.286667	1.934228	244.300000	12.900000	19.200000
VIENTO	15	3.086667	1.397890	46.300000	0.900000	5.800000
BRISOL	11	243.169091	169.986289	2674.860000	15.730000	547.690000
HUMRELAJ	15	74.776667	8.873554	1121.650000	61.410000	90.310000
HUMRE2AJ	15	76.526000	9.378744	1147.890000	62.400000	92.950000
Pearson Correlation Coefficients / Prob >  R  under Ho: Rho=0 / Number of Observations						
	UFCM3	TEMP	VIENTO	BRISOL	HUMRELAJ	HUMRE2AJ
UFCM3	1.00000	0.58904	0.32100	0.02751	-0.58894	-0.58908
	0.0	0.0209	0.2434	0.9360	0.0209	0.0209
	15	15	15	11	15	15
TEMP	0.58904	1.00000	0.46884	0.64290	-1.00000	-1.00000
	0.0209	0.0	0.0779	0.0329	0.0001	0.0001
	15	15	15	11	15	15
VIENTO	0.32100	0.46884	1.00000	-0.20947	-0.46897	-0.46879
	0.2434	0.0779	0.0	0.5365	0.0778	0.0780
	15	15	15	11	15	15
BRISOL	0.02751	0.64290	-0.20947	1.00000	-0.64283	-0.64296
	0.9360	0.0329	0.5365	0.0	0.0329	0.0329
	11	11	11	11	11	11
HUMRELAJ	-0.58894	-1.00000	-0.46897	-0.64283	1.00000	1.00000
	0.0209	0.0001	0.0778	0.0329	0.0	0.0001
	15	15	15	11	15	15
HUMRE2AJ	-0.58908	-1.00000	-0.46879	-0.64296	1.00000	1.00000
	0.0209	0.0001	0.0780	0.0329	0.0001	0.0
	15	15	15	11	15	15

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
 CORRELACIONES ENTRE VARIABLES DE CLIMA Y UFC  
 POR DIA

89

----- DIA=6 -----

CORRELATION ANALYSIS

6 'VAR' Variables: UFCM3 TEMP VIENTO BRISOL HUMRELAJ HUMRE2AJ

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
UFCM3	14	93.071429	141.082335	1303.000000	24.000000	573.000000
TEMP	14	14.814286	1.362044	207.400000	12.600000	17.800000
VIENTO	14	2.457143	0.721872	34.400000	1.300000	3.800000
BRISOL	9	152.972222	131.182826	1376.750000	11.970000	457.780000
HUMRELAJ	14	81.531429	6.250237	1141.440000	67.830000	91.690000
HUMRE2AJ	14	88.572143	4.195190	1240.010000	79.380000	95.390000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / Number of Observations

	UFCM3	TEMP	VIENTO	BRISOL	HUMRELAJ	HUMRE2AJ
UFCM3	1.00000	0.65233	-0.46728	0.28651	-0.65236	-0.65212
	0.0	0.0115	0.0921	0.4548	0.0114	0.0115
	14	14	14	9	14	14
TEMP	0.65233	1.00000	-0.18553	0.35297	-1.00000	-1.00000
	0.0115	0.0	0.5254	0.3515	0.0001	0.0001
	14	14	14	9	14	14
VIENTO	-0.46728	-0.18553	1.00000	-0.51866	0.18554	0.18508
	0.0921	0.5254	0.0	0.1525	0.5254	0.5264
	14	14	14	9	14	14
BRISOL	0.28651	0.35297	-0.51866	1.00000	-0.35305	-0.35279
	0.4548	0.3515	0.1525	0.0	0.3514	0.3517
	9	9	9	9	9	9
HUMRELAJ	-0.65236	-1.00000	0.18554	-0.35305	1.00000	1.00000
	0.0114	0.0001	0.5254	0.3514	0.0	0.0001
	14	14	14	9	14	14
HUMRE2AJ	-0.65212	-1.00000	0.18508	-0.35279	1.00000	1.00000
	0.0115	0.0001	0.5264	0.3517	0.0001	0.0
	14	14	14	9	14	14



EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
 CORRELACIONES ENTRE VARIABLES DE CLIMA Y UFC  
 POR DIA

90

----- DIA=7 -----

CORRELATION ANALYSIS

6 'VAR' Variables: UFCM3 TEMP VIENTO BRISOL HUMRELAJ HUMRE2AJ

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
UFCM3	15	167.266667	99.366182	2509.000000	52.000000	371.000000
TEMP	15	15.553333	2.341509	233.300000	10.900000	18.900000
VIENTO	15	3.673333	1.849891	55.100000	1.200000	7.200000
BRISOL	15	179.480000	170.195958	2692.200000	8.210000	444.100000
HUMRELAJ	15	78.140667	10.742873	1172.110000	62.790000	99.490000
HUMRE2AJ	15	80.776000	8.359895	1211.640000	68.830000	97.390000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 15

	UFCM3	TEMP	VIENTO	BRISOL	HUMRELAJ	HUMRE2AJ
UFCM3	1.00000 0.0	0.72697 0.0021	0.20351 0.4669	0.43549 0.1047	-0.72694 0.0021	-0.72689 0.0021
TEMP	0.72697 0.0021	1.00000 0.0	0.46423 0.0813	0.40457 0.1347	-1.00000 0.0001	-1.00000 0.0001
VIENTO	0.20351 0.4669	0.46423 0.0813	1.00000 0.0	-0.13702 0.6263	-0.46419 0.0813	-0.46418 0.0813
BRISOL	0.43549 0.1047	0.40457 0.1347	-0.13702 0.6263	1.00000 0.0	-0.40469 0.1346	-0.40448 0.1348
HUMRELAJ	-0.72694 0.0021	-1.00000 0.0001	-0.46419 0.0813	-0.40469 0.1346	1.00000 0.0	1.00000 0.0001
HUMRE2AJ	-0.72689 0.0021	-1.00000 0.0001	-0.46418 0.0813	-0.40448 0.1348	1.00000 0.0001	1.00000 0.0

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
 CORRELACIONES ENTRE PARTICULAS Y UFC  
 TOTAL

CORRELATION ANALYSIS

4 'VAR' Variables: UFCM3 PM10 SOX NOX

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
UFCM3	104	138.403846	117.039660	14394	22.000000	573.000000
PM10	104	130.019231	79.506607	13522	53.000000	478.000000
SOX	103	3.699029	1.632002	381.000000	2.000000	11.000000
NOX	104	54.923077	50.341685	5712.000000	11.000000	290.000000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / Number of Observations

	UFCM3	PM10	SOX	NOX
UFCM3	1.00000 0.0 104	0.10498 0.2889 104	-0.07471 0.4532 103	-0.06737 0.4968 104
PM10	0.10498 0.2889 104	1.00000 0.0 104	0.74520 0.0001 103	0.74690 0.0001 104
SOX	-0.07471 0.4532 103	0.74520 0.0001 103	1.00000 0.0 103	0.90373 0.0001 103
NOX	-0.06737 0.4968 104	0.74690 0.0001 104	0.90373 0.0001 103	1.00000 0.0 104

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
 CORRELACIONES ENTRE PARTICULAS Y UFC  
 POR DIA

92

----- DIA=1 -----

CORRELATION ANALYSIS

4 'VAR' Variables: UFCM3 PM10 SOX NOX

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
UFCM3	15	99.133333	57.301043	1487.000000	34.000000	227.000000
PM10	15	91.000000	26.928477	1365.000000	65.000000	148.000000
SOX	14	3.000000	0.392232	42.000000	2.000000	4.000000
NOX	15	28.733333	13.786467	431.000000	13.000000	51.000000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / Number of Observations

	UFCM3	PM10	SOX	NOX
UFCM3	1.00000 0.0 15	0.41102 0.1280 15	0.49683 0.0707 14	0.56444 0.0284 15
PM10	0.41102 0.1280 15	1.00000 0.0 15	0.10807 0.7131 14	0.65301 0.0083 15
SOX	0.49683 0.0707 14	0.10807 0.7131 14	1.00000 0.0 14	0.35672 0.2106 14
NOX	0.56444 0.0284 15	0.65301 0.0083 15	0.35672 0.2106 14	1.00000 0.0 15

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
 CORRELACIONES ENTRE PARTICULAS Y UFC  
 POR DIA

----- DIA=2 -----

CORRELATION ANALYSIS

4 'VAR' Variables: UFCM3 PM10 SOX NOX

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
UFCM3	15	81.400000	60.719260	1221.000000	22.000000	215.000000
PM10	15	74.066667	9.967566	1111.000000	53.000000	87.000000
SOX	15	2.866667	0.351866	43.000000	2.000000	3.000000
NOX	15	35.266667	11.774468	529.000000	18.000000	53.000000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 15

	UFCM3	PM10	SOX	NOX
UFCM3	1.00000 0.0	-0.08113 0.7738	0.19993 0.4750	0.02382 0.9329
PM10	-0.08113 0.7738	1.00000 0.0	0.14528 0.6054	0.48125 0.0693
SOX	0.19993 0.4750	0.14528 0.6054	1.00000 0.0	0.54366 0.0362
NOX	0.02382 0.9329	0.48125 0.0693	0.54366 0.0362	1.00000 0.0

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
 CORRELACIONES ENTRE PARTICULAS Y UFC  
 POR DIA

----- DIA=3 -----

CORRELATION ANALYSIS

4 'VAR' Variables: UFCM3 PM10 SOX NOX

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
UFCM3	15	143.200000	109.254748	2148.000000	44.000000	489.000000
PM10	15	87.333333	25.093160	1310.000000	55.000000	138.000000
SOX	15	3.133333	0.516398	47.000000	3.000000	5.000000
NOX	15	29.133333	16.295778	437.000000	11.000000	75.000000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 15

	UFCM3	PM10	SOX	NOX
UFCM3	1.00000 0.0	0.73668 0.0017	0.13116 0.6413	0.31456 0.2535
PM10	0.73668 0.0017	1.00000 0.0	0.21682 0.4376	0.49178 0.0626
SOX	0.13116 0.6413	0.21682 0.4376	1.00000 0.0	0.77865 0.0006
NOX	0.31456 0.2535	0.49178 0.0626	0.77865 0.0006	1.00000 0.0

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
 CORRELACIONES ENTRE PARTICULAS Y UFC  
 POR DIA

95

----- DIA=4 -----

CORRELATION ANALYSIS

4 'VAR' Variables: UFCM3 PM10 SOX NOX

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
UFCM3	15	215.533333	137.753334	3233.000000	39.000000	552.000000
PM10	15	183.466667	78.914843	2752.000000	100.000000	347.000000
SOX	15	4.533333	2.263583	68.000000	3.000000	10.000000
NOX	15	78.600000	56.278390	1179.000000	18.000000	192.000000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 15

	UFCM3	PM10	SOX	NOX
UFCM3	1.00000 0.0	-0.19590 0.4841	-0.32466 0.2377	-0.29427 0.2870
PM10	-0.19590 0.4841	1.00000 0.0	0.71547 0.0027	0.58224 0.0228
SOX	-0.32466 0.2377	0.71547 0.0027	1.00000 0.0	0.88210 0.0001
NOX	-0.29427 0.2870	0.58224 0.0228	0.88210 0.0001	1.00000 0.0

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
 CORRELACIONES ENTRE PARTICULAS Y UFC  
 POR DIA

----- DIA=5 -----

CORRELATION ANALYSIS

4 'VAR' Variables: UFCM3 PM10 SOX NOX

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
UFCM3	15	166.200000	138.684740	2493.000000	38.000000	543.000000
PM10	15	90.800000	25.984061	1362.000000	63.000000	138.000000
SOX	15	3.800000	1.424279	57.000000	3.000000	7.000000
NOX	15	46.800000	32.746210	702.000000	14.000000	134.000000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 15

	UFCM3	PM10	SOX	NOX
UFCM3	1.00000 0.0	-0.14340 0.6102	-0.36140 0.1857	-0.44060 0.1002
PM10	-0.14340 0.6102	1.00000 0.0	0.67243 0.0060	0.73398 0.0018
SOX	-0.36140 0.1857	0.67243 0.0060	1.00000 0.0	0.90879 0.0001
NOX	-0.44060 0.1002	0.73398 0.0018	0.90879 0.0001	1.00000 0.0

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
 CORRELACIONES ENTRE PARTICULAS Y UFC  
 POR DIA

97

----- DIA=6 -----

CORRELATION ANALYSIS

4 'VAR' Variables: UFCM3 PM10 SOX NOX

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
UFCM3	14	93.071429	141.082335	1303.000000	24.000000	573.000000
PM10	14	164.928571	21.003532	2309.000000	138.000000	208.000000
SOX	14	3.928571	0.828742	55.000000	3.000000	5.000000
NOX	14	80.071429	14.631180	1121.000000	52.000000	105.000000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 14

	UFCM3	PM10	SOX	NOX
UFCM3	1.00000 0.0	0.11703 0.6903	-0.22101 0.4477	-0.29213 0.3108
PM10	0.11703 0.6903	1.00000 0.0	0.44602 0.1099	0.40503 0.1508
SOX	-0.22101 0.4477	0.44602 0.1099	1.00000 0.0	0.62216 0.0175
NOX	-0.29213 0.3108	0.40503 0.1508	0.62216 0.0175	1.00000 0.0



EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
 CORRELACIONES ENTRE PARTICULAS Y UFC  
 POR DIA

----- DIA=7 -----

CORRELATION ANALYSIS

4 'VAR' Variables: UFCM3 PM10 SOX NOX

Simple Statistics

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
UFCM3	15	167.266667	99.366182	2509.000000	52.000000	371.000000
PM10	15	220.866667	126.618587	3313.000000	103.000000	478.000000
SOX	15	4.600000	2.797958	69.000000	3.000000	11.000000
NOX	15	87.533333	96.477138	1313.000000	26.000000	290.000000

Pearson Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 15

	UFCM3	PM10	SOX	NOX
UFCM3	1.00000 0.0	-0.19146 0.4943	-0.32690 0.2343	-0.29772 0.2812
PM10	-0.19146 0.4943	1.00000 0.0	0.84705 0.0001	0.73395 0.0018
SOX	-0.32690 0.2343	0.84705 0.0001	1.00000 0.0	0.96800 0.0001
NOX	-0.29772 0.2812	0.73395 0.0018	0.96800 0.0001	1.00000 0.0

Anexo. R. Regresiones de Poisson.

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
REGRESION EN FUNCION DE TEMP

1

Procedimiento GENMOD

Información del modelo

Conj. datos	WORK.UNO	
Distribución	Poisson	
Función de vínculo	Log	
Variable dependiente	UFCM3	UFCM3

Number of Observations Read	105
Number of Observations Used	105

Criterios para valorar la bondad de ajuste

Criterio	DF	Valor	Valor/DF
Desviaci	103	9604.5868	93.2484
Desviación esca	103	9604.5868	93.2484
Chi-cuadrado de Pe	103	14238.7081	138.2399
Pearson X2 escala	103	14238.7081	138.2399
Verosimilitud		61981.2401	

Algoritmo convergido.

Análisis de estimadores de parámetros

Parámetro	DF	Estimador	Error estándar	Wald	95% Límites de confianza	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	1	2.9414	0.0683	2.8075	3.0753	1853.45	<.0001

TEMP	1	0.1296	0.0042	0.1213	0.1379	938.41	<.0001
Escal	0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000		

NOTA: The scale parameter was held fixed.

Estadísticos LR para análisis tipo 1

Fuente	Desvianza	DF	Chi- cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	10542.0903			
TEMP	9604.5868	1	937.50	<.0001

Estadísticos LR para análisis de tipo 3

Fuente	DF	Chi- cuadrado	Pr > ChiSq
TEMP	1	937.50	<.0001

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II 2  
REGRESION EN FUNCION HUM RELATIVA

Procedimiento GENMOD

Información del modelo

Conj. datos	WORK.UNO	
Distribución	Poisson	
Función de vínculo	Log	
Variable dependiente	UFCM3	UFCM3

Number of Observations Read	105
Number of Observations Used	105

Criterios para valorar la bondad de ajuste

Criterio	DF	Valor	Valor/DF
Desviaci	103	9604.7527	93.2500
Desviación esca	103	9604.7527	93.2500
Chi-cuadrado de Pe	103	14239.0978	138.2437
Pearson X2 escala	103	14239.0978	138.2437
Verosimilitud		61981.1572	

Algoritmo convergido.

Análisis de estimadores de parámetros

Parámetro	DF	Estimador	Error estándar	Wald	95% Límites de confianza	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	1	7.1642	0.0705	7.0261	7.3023	10335.4	<.0001
HUMRELAJ	1	-0.0282	0.0009	-0.0301	-0.0264	938.25	<.0001
Escal	0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000		

NOTA: The scale parameter was held fixed.

Estadísticos LR para análisis tipo 1

Fuente	Desvianza	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	10542.0903			
HUMRELAJ	9604.7527	1	937.34	<.0001

Estadísticos LR para análisis de tipo 3

Fuente	DF	Chi- cuadrado	Pr > ChiSq	
HUMRELAJ	1	937.34	<.0001	
EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II				3
REGRESION EN FUNCION DE VIENTO				

Procedimiento GENMOD

Información del modelo

Conj. datos	WORK.UNO		
Distribución	Poisson		
Función de vínculo	Log		
Variable dependiente	UFCM3	UFCM3	

Number of Observations Read	105
Number of Observations Used	105

Criterios para valorar la bondad de ajuste

Criterio	DF	Valor	Valor/DF
Desviaci	103	10528.0015	102.2136
Desviación esca	103	10528.0015	102.2136
Chi-cuadrado de Pe	103	14994.0601	145.5734
Pearson X2 escala	103	14994.0601	145.5734
Verosimilitud		61519.5327	

Algoritmo convergido.

Análisis de estimadores de parámetros

Parámetro	DF	Estimador	Error estándar	Wald	95% Límites de confianza	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	1	4.9264	0.0187	4.8897	4.9630	69436.2	<.0001
VIENTO	1	0.0205	0.0055	0.0098	0.0312	14.15	0.0002
Escal	0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000		

NOTA: The scale parameter was held fixed.

Estadísticos LR para análisis tipo 1

Fuente	Desvianza	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	10542.0903			
VIENTO	10528.0015	1	14.09	0.0002

Estadísticos LR para análisis de tipo 3

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
VIENTO	1	14.09	0.0002

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
REGRESION EN FUNCION SOX

4

Procedimiento GENMOD

Información del modelo

Conj. datos	WORK.UNO	
Distribución	Poisson	
Función de vínculo	Log	
Variable dependiente	UFCM3	UFCM3

Number of Observations Read 105  
 Number of Observations Used 105

Criterios para valorar la bondad de ajuste

Criterio	DF	Valor	Valor/DF
Desviaci	103	10509.7626	102.0365
Desviación esca	103	10509.7626	102.0365
Chi-cuadrado de Pe	103	14868.3304	144.3527
Pearson X2 escala	103	14868.3304	144.3527
Verosimilitud		61528.6522	

Algoritmo convergido.

Análisis de estimadores de parámetros

Parámetro	DF	Estimador	Error estándar	Wald	95% Límites de confianza	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	1	5.0978	0.0209	5.0569	5.1388	59486.2	<.0001
SOX	1	-0.0296	0.0053	-0.0401	-0.0192	31.00	<.0001
Escal	0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000		

NOTA: The scale parameter was held fixed.

Estadísticos LR para análisis tipo 1

Fuente	Desvianza	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	10542.0903			
SOX	10509.7626	1	32.33	<.0001

Estadísticos LR para análisis de tipo 3

Fuente	DF	Chi- cuadrado	Pr > ChiSq	
SOX	1	32.33	<.0001	
EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II				5
REGRESION EN FUNCION NOX				

Procedimiento GENMOD

Información del modelo

Conj. datos	WORK.UNO		
Distribución	Poisson		
Función de vínculo	Log		
Variable dependiente	UFCM3	UFCM3	

Number of Observations Read	105
Number of Observations Used	105

Criterios para valorar la bondad de ajuste

Criterio	DF	Valor	Valor/DF
Desviaci	103	10512.7100	102.0651
Desviación esca	103	10512.7100	102.0651
Chi-cuadrado de Pe	103	14903.8063	144.6971
Pearson X2 escala	103	14903.8063	144.6971
Verosimilitud		61527.1785	

Algoritmo convergido.



Análisis de estimadores de parámetros

Parámetro	DF	Estimador	Error estándar	Wald	95% Límites de confianza	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	1	5.0385	0.0121	5.0147	5.0623	172696	<.0001
NOX	1	-0.0009	0.0002	-0.0012	-0.0006	28.23	<.0001
Escal	0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000		

NOTA: The scale parameter was held fixed.

Estadísticos LR para análisis tipo 1

Fuente	Desvianza	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	10542.0903			
NOX	10512.7100	1	29.38	<.0001

Estadísticos LR para análisis de tipo 3

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
NOX	1	29.38	<.0001

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
REGRESION EN FUNCION PM10

6

Procedimiento GENMOD

Información del modelo

Conj. datos	WORK.UNO	
Distribución	Poisson	
Función de vínculo	Log	
Variable dependiente	UFCM3	UFCM3

Number of Observations Read	105
Number of Observations Used	105

Crterios para valorar la bondad de ajuste

Crterio	DF	Valor	Valor/DF
Desviaci	103	10298.5462	99.9859
Desviación esca	103	10298.5462	99.9859
Chi-cuadrado de Pe	103	14175.1755	137.6231
Pearson X2 escala	103	14175.1755	137.6231
Verosimilitud		61634.2604	

Algoritmo convergido.

Análisis de estimadores de parámetros

Parámetro	DF	Estimador	Error estándar	Wald	95% Límites de confianza	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	1	4.7921	0.0149	4.7628	4.8214	102800	<.0001
PM10	1	0.0015	0.0001	0.0013	0.0016	265.69	<.0001
Escal	0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000		

NOTA: The scale parameter was held fixed.

Estadísticos LR para análisis tipo 1

Fuente	Desvianza	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	10542.0903			

PM10	10298.5462	1	243.54	<.0001
------	------------	---	--------	--------

Estadísticos LR para análisis de tipo 3

Fuente	DF	Chi- cuadrado	Pr > ChiSq
PM10	1	243.54	<.0001

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
REGRESION EN FUNCION DE BRILLO SOLAR

7

Procedimiento GENMOD

Información del modelo

Conj. datos	WORK.DOS
Distribución	Poisson
Función de vínculo	Log
Variable dependiente	UFCM3

Number of Observations Read	69
Number of Observations Used	69

Criterios para valorar la bondad de ajuste

Criterio	DF	Valor	Valor/DF
Desviaci	67	7794.4286	116.3348
Desviación esca	67	7794.4286	116.3348
Chi-cuadrado de Pe	67	10544.9329	157.3871
Pearson X2 escala	67	10544.9329	157.3871
Verosimilitud		51613.6286	

Algoritmo convergido.

Análisis de estimadores de parámetros

Parámetro	DF	Estimador	Error estándar	Wald	95% Límites de confianza	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	1	5.1383	0.0143	5.1103	5.1663	129442	<.0001
BRISOL	1	0.0002	0.0000	0.0001	0.0003	18.81	<.0001
Escal	0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000		

NOTA: The scale parameter was held fixed.

Estadísticos LR para análisis tipo 1

Fuente	Desvianza	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	7813.0874			
BRISOL	7794.4286	1	18.66	<.0001

Estadísticos LR para análisis de tipo 3

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
BRISOL	1	18.66	<.0001

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
REGRESION EN FUNCION DE VARIABLES NUMERICAS SIN BRILLO SOLAR

1

Procedimiento GENMOD

Información del modelo

Conj. datos                      WORK.UNO

Distribución	Poisson	
Función de vínculo	Log	
Variable dependiente	UFCM3	UFCM3

Number of Observations Read	105
Number of Observations Used	105

Criterios para valorar la bondad de ajuste

Criterio	DF	Valor	Valor/DF
Desviaci	99	8879.5061	89.6920
Desviación esca	99	8879.5061	89.6920
Chi-cuadrado de Pe	99	12383.9018	125.0899
Pearson X2 escala	99	12383.9018	125.0899
Verosimilitud		62343.7805	

Algoritmo convergido.

Análisis de estimadores de parámetros

Parámetro	DF	Estimador	Error estándar	Wald	95% Límites de confianza	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	1	2.9708	0.0910	2.7924	3.1492	1065.63	<.0001
PM10	1	0.0035	0.0002	0.0032	0.0038	509.93	<.0001
SOX	1	-0.1598	0.0136	-0.1865	-0.1331	137.48	<.0001
NOX	1	0.0018	0.0005	0.0008	0.0027	12.82	0.0003
TEMP	1	0.1343	0.0053	0.1239	0.1447	639.39	<.0001
VIENTO	1	-0.0271	0.0062	-0.0392	-0.0150	19.31	<.0001
Escal	0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000		

NOTA: The scale parameter was held fixed.

Estadísticos LR para análisis tipo 1

Fuente	Desvianza	DF	Chi- cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	10542.0903			
PM10	10298.5462	1	243.54	<.0001
SOX	9577.4268	1	721.12	<.0001
NOX	9521.4541	1	55.97	<.0001
TEMP	8898.8952	1	622.56	<.0001
VIENTO	8879.5061	1	19.39	<.0001

Estadísticos LR para análisis de tipo 3

Fuente	DF	Chi- cuadrado	Pr > ChiSq
PM10	1	491.94	<.0001
SOX	1	140.71	<.0001
NOX	1	12.66	0.0004
TEMP	1	639.36	<.0001
VIENTO	1	19.39	<.0001

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
REGRESION EN FUNCION DE VARIABLES NUMERICAS SIN BRILLO SOLAR

Procedimiento GENMOD

Información del modelo

Conj. datos	WORK.UNO
Distribución	Poisson
Función de vínculo	Log

Variable dependiente            UFCM3      UFCM3

Number of Observations Read            105  
 Number of Observations Used            105

Criterios para valorar la bondad de ajuste

Criterio	DF	Valor	Valor/DF
Desviaci	102	9525.9671	93.3918
Desviación esca	102	9525.9671	93.3918
Chi-cuadrado de Pe	102	13952.1851	136.7861
Pearson X2 escala	102	13952.1851	136.7861
Verosimilitud		62020.5500	

Algoritmo convergido.

Análisis de estimadores de parámetros

Parámetro	DF	Estimador	Error estándar	Wald	95% Límites de confianza	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	1	2.8733	0.0682	2.7397	3.0069	1776.13	<.0001
TEMP	1	0.1441	0.0045	0.1353	0.1529	1028.77	<.0001
VIENTO	1	-0.0522	0.0059	-0.0638	-0.0406	78.05	<.0001
Escal	0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000		

NOTA: The scale parameter was held fixed.

Estadísticos LR para análisis tipo 1

Chi-

Fuente	Desviianza	DF	cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	10542.0903			
TEMP	9604.5868	1	937.50	<.0001
VIENTO	9525.9671	1	78.62	<.0001

Estadísticos LR para análisis de tipo 3

Fuente	DF	Chi- cuadrado	Pr > ChiSq
TEMP	1	1002.03	<.0001
VIENTO	1	78.62	<.0001

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
REGRESION EN FUNCION DE VARIABLES NUMERICAS SIN BRILLO SOLAR

Procedimiento GENMOD

Información del modelo

Conj. datos                   WORK.UNO  
 Distribución                   Poisson  
 Función de vínculo            Log  
 Variable dependiente        UFCM3    UFCM3

Number of Observations Read    105  
 Number of Observations Used    105



Criterios para valorar la bondad de ajuste

Criterio	DF	Valor	Valor/DF
Desviaci	102	9526.1696	93.3938
Desviación esca	102	9526.1696	93.3938
Chi-cuadrado de Pe	102	13952.7142	136.7913
Pearson X2 escala	102	13952.7142	136.7913
Verosimilitud		62020.4487	

Algoritmo convergido.

Análisis de estimadores de parámetros

Parámetro	DF	Estimador	Error estándar	Wald	95% Límites de confianza	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	1	7.5678	0.0830	7.4051	7.7306	8306.05	<.0001
VIENTO	1	-0.0522	0.0059	-0.0638	-0.0406	78.02	<.0001
HUMRELAJ	1	-0.0314	0.0010	-0.0333	-0.0295	1028.57	<.0001
Escal	0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000		

NOTA: The scale parameter was held fixed.

Estadísticos LR para análisis tipo 1

Fuente	Desvianza	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	10542.0903			
VIENTO	10528.0015	1	14.09	0.0002
HUMRELAJ	9526.1696	1	1001.83	<.0001

Estadísticos LR para análisis de tipo 3

Fuente	DF	Chi- cuadrado	Pr > ChiSq
VIENTO	1	78.58	<.0001
HUMRELAJ	1	1001.83	<.0001

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
REGRESION EN FUNCION DE VARIABLES NUMERICAS SIN BRILLO SOLAR

1

Procedimiento GENMOD

Información del modelo

Conj. datos	WORK.UNO	
Distribución	Poisson	
Función de vínculo	Log	
Variable dependiente	UFCM3	UFCM3

Number of Observations Read	105
Number of Observations Used	105

Criterios para valorar la bondad de ajuste

Criterio	DF	Valor	Valor/DF
Desviaci	99	8879.5061	89.6920
Desviación esca	99	8879.5061	89.6920
Chi-cuadrado de Pe	99	12383.9018	125.0899
Pearson X2 escala	99	12383.9018	125.0899
Verosimilitud		62343.7805	

Algoritmo convergido.

Análisis de estimadores de parámetros

Parámetro	DF	Estimador	Error estándar	Wald	95% Límites de confianza	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	1	2.9708	0.0910	2.7924	3.1492	1065.63	<.0001
PM10	1	0.0035	0.0002	0.0032	0.0038	509.93	<.0001
SOX	1	-0.1598	0.0136	-0.1865	-0.1331	137.48	<.0001
NOX	1	0.0018	0.0005	0.0008	0.0027	12.82	0.0003
TEMP	1	0.1343	0.0053	0.1239	0.1447	639.39	<.0001
VIENTO	1	-0.0271	0.0062	-0.0392	-0.0150	19.31	<.0001
Escal	0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000		

NOTA: The scale parameter was held fixed.

Estadísticos LR para análisis tipo 1

Fuente	Desvianza	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	10542.0903			
PM10	10298.5462	1	243.54	<.0001
SOX	9577.4268	1	721.12	<.0001
NOX	9521.4541	1	55.97	<.0001
TEMP	8898.8952	1	622.56	<.0001
VIENTO	8879.5061	1	19.39	<.0001

Estadísticos LR para análisis de tipo 3

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq

PM10	1	491.94	<.0001
SOX	1	140.71	<.0001
NOX	1	12.66	0.0004
TEMP	1	639.36	<.0001
VIENTO	1	19.39	<.0001

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
REGRESION EN FUNCION DE VARIABLES NUMERICAS SIN BRILLO SOLAR

Procedimiento GENMOD

Información del modelo

Conj. datos	WORK.UNO	
Distribución	Poisson	
Función de vínculo	Log	
Variable dependiente	UFCM3	UFCM3

Number of Observations Read	105
Number of Observations Used	105

Criterios para valorar la bondad de ajuste

Criterio	DF	Valor	Valor/DF
Desviaci	102	9525.9671	93.3918
Desviación esca	102	9525.9671	93.3918
Chi-cuadrado de Pe	102	13952.1851	136.7861
Pearson X2 escala	102	13952.1851	136.7861
Verosimilitud		62020.5500	

Algoritmo convergido.

Análisis de estimadores de parámetros

Parámetro	DF	Estimador	Error estándar	Wald	95% Límites de confianza	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	1	2.8733	0.0682	2.7397	3.0069	1776.13	<.0001
TEMP	1	0.1441	0.0045	0.1353	0.1529	1028.77	<.0001
VIENTO	1	-0.0522	0.0059	-0.0638	-0.0406	78.05	<.0001
Escal	0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000		

NOTA: The scale parameter was held fixed.

Estadísticos LR para análisis tipo 1

Fuente	Desvianza	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	10542.0903			
TEMP	9604.5868	1	937.50	<.0001
VIENTO	9525.9671	1	78.62	<.0001

Estadísticos LR para análisis de tipo 3

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
TEMP	1	1002.03	<.0001
VIENTO	1	78.62	<.0001

EVALUACION CONTAMINACION DEL AIRE FASE II  
 REGRESION EN FUNCION DE VARIABLES NUMERICAS SIN BRILLO SOLAR

Procedimiento GENMOD

Información del modelo

Conj. datos	WORK.UNO	
Distribución	Poisson	
Función de vínculo	Log	
Variable dependiente	UFCM3	UFCM3

Number of Observations Read	105
Number of Observations Used	105

Criterios para valorar la bondad de ajuste

Criterio	DF	Valor	Valor/DF
Desviaci	102	9526.1696	93.3938
Desviación esca	102	9526.1696	93.3938
Chi-cuadrado de Pe	102	13952.7142	136.7913
Pearson X2 escala	102	13952.7142	136.7913
Verosimilitud		62020.4487	

Algoritmo convergido.

Análisis de estimadores de parámetros

Parámetro	DF	Estimador	Error estándar	Wald 95% Límites de confianza	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
-----------	----	-----------	----------------	-------------------------------	--------------	------------

Intercept	1	7.5678	0.0830	7.4051	7.7306	8306.05	<.0001
VIENTO	1	-0.0522	0.0059	-0.0638	-0.0406	78.02	<.0001
HUMRELAJ	1	-0.0314	0.0010	-0.0333	-0.0295	1028.57	<.0001
Escal	0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000		

NOTA: The scale parameter was held fixed.

Estadísticos LR para análisis tipo 1

Fuente	Desvianza	DF	Chi- cuadrado	Pr > ChiSq
Intercept	10542.0903			
VIENTO	10528.0015	1	14.09	0.0002
HUMRELAJ	9526.1696	1	1001.83	<.0001

Estadísticos LR para análisis de tipo 3

Fuente	DF	Chi- cuadrado	Pr > ChiSq
VIENTO	1	78.58	<.0001
HUMRELAJ	1	1001.83	<.0001

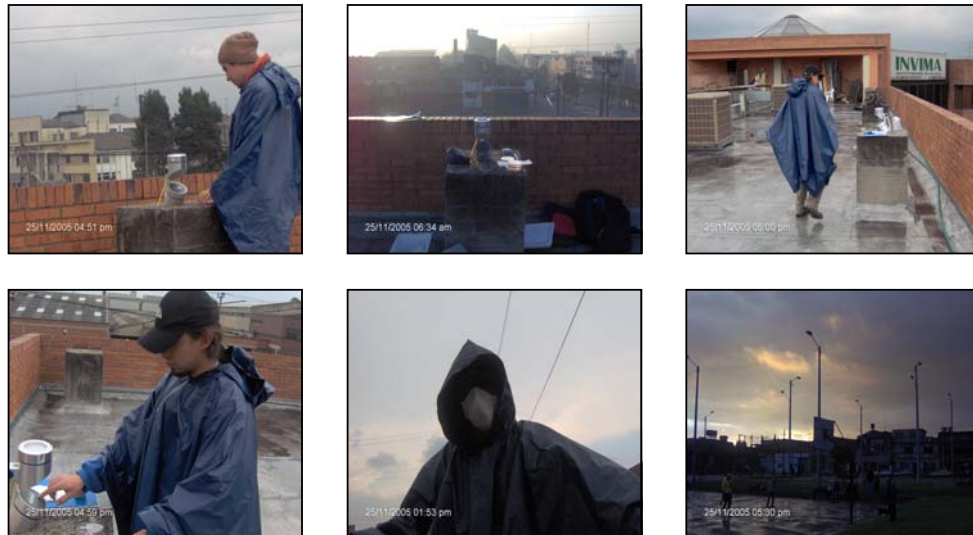
ANEXO T. Registro cualitativo de precipitación en campo.

JORNADA	PU0TO1	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7
J1	P1	0	0	0	0	0	0	0
	P2	0	0	0	0	0	0	0
	P3	0	1	0	0	0	0	0
	P4	0	0	0	0	0	0	0
	P5	0	0	0	1	0	0	0
J2	P1	0	0	0	0	0	1	0
	P2	0	0	1	0	0	0	0
	P3	0	0	0	0	0	1	0
	P4	0	0	1	0	0	0	0
	P5	1	0	1	0	0	1	1
J3	P1	0	0	0	0	0	1	1
	P2	0	0	0	0	0	1	0
	P3	0	0	0	0	0	1	0
	P4	0	0	0	0	0	0	0
	P5	1	0	0	0	0	1	1

Durante el periodo de muestreo hubo precipitación en algunos días y puntos; La estación meteorológica no registró datos representativos que fueran útiles para determinar correlación entre la precipitación y la UFC/m<sup>3</sup>.

El día 5 fue el único que no registro precipitación, mientras que el día 6 registro mayor precipitación. La concentración de microorganismos en el día 5 fue de 166 UFC/m<sup>3</sup>, el día 6 de 93 UFC/m<sup>3</sup>. Este hecho se justifica asumiendo que la precipitación lava la atmósfera, eliminando así partículas de polvo y microorganismos. Sin embargo, esta afirmación solo puede tenerse en cuenta como una observación de carácter cualitativo, puesto que carece de fundamento matemático que la respalde. Ahora bien, no se descarta esta observación ya que sirve de sustento a futuros trabajos.

Registro fotográfico.





Anexo U. Correlaciones humedad relativa.

La humedad relativa se estimo con base a la temperatura de la estación de Puente Aranda y a la Humedad de la estación con la que tuviera mayor correlación que para el caso fué la Vitelma, a continuación se presenta una tabla con las correlaciones de todas las estaciones.

TOTAL							
	PROM	HRVI	HRUS	TMPVI	TMPUS	TMPA	
HRVI	88,70	1,000					"155,5 - 4,588TMPA (R2=0,739)
HRUS	83,30	0,822	1,000				"131,8 - 3,72 TMPUS (R2 = 0,85)
TMPVI	11,00	-0,888	-0,872	1,000			
TMPUS	12,80	-0,741	-0,921	0,936	1,000		
TMPA	14,60	-0,860	-0,870	0,947	0,918	1,000	"5,34 + 0,228 TMPUS + 0,582 TMPVIT (R2=0,90)
D2							
	PROM	HRVI	HRUS	TMPVI	TMPUS	TMPA	
HRVI	85,36	1,000					"143,6-4,051TMPA(R2=0,645)
HRUS	87,77	0,786	1,000				
TMPVI	10,69	-0,899	-0,808	1,000			
TMPUS	11,88	-0,854	-0,924	0,928	1,000		
TMPA	14,40	-0,803	-0,846	0,938	0,934	1,000	
D3							
	PROM	HRVI	HRUS	TMPVI	TMPUS	TMPA	
HRVI	89,45	1,000					"165,9-5,28TMPA(0,881)
HRUS	69,49	0,888	1,000				
TMPVI	10,98	-0,952	-0,958	1,000			
TMPUS	16,90	-0,874	-0,988	0,969	1,000		
TMPA	14,56	-0,938	-0,881	0,943	0,841	1,000	
D4							
	PROM	HRVI	HRUS	TMPVI	TMPUS	TMPA	
HRVI	83,69	1,000					"163,3-5,3TMPA(R2=0,935)
HRUS			1,000				
TMPVI	11,79	-0,963		1,000			
TMPUS					1,000		
TMPA	15,04	-0,967		0,969		1,000	
D5							
	PROM	HRVI	HRUS	TMPVI	TMPUS	TMPA	
HRVI	87,50	1,000					"160,5-4,849TMPA(R2=0,85)
HRUS	82,69	0,926	1,000				
TMPVI	11,84	-0,943	-0,954	1,000			
TMPUS	13,58	-0,869	-0,976	0,950	1,000		
TMPA	15,08	-0,922	-0,957	0,957	0,942	1,000	
D6							
	PROM	HRVI	HRUS	TMPVI	TMPUS	TMPA	
HRVI	94,84	1,000					"139,2-3,08TMPA(R2=0,593)
HRUS	86,38	0,702	1,000				
TMPVI	10,12	-0,818	-0,903	1,000			
TMPUS	12,06	-0,617	-0,936	0,921	1,000		
TMPA	14,39	-0,770	-0,909	0,944	0,926	1,000	
D7							
	PROM	HRVI	HRUS	TMPVI	TMPUS	TMPA	
HRVI	91,38	1,000					"141,3-3,57TMPA(R2=0,592)
HRUS	83,21	0,846	1,000				
TMPVI	10,44	-0,804	-0,814	1,000			
TMPUS	12,32	-0,705	-0,871	0,939	1,000		
TMPA	14,20	-0,770	-0,833	0,973	0,943	1,000	