

**CORRELACIÓN DE LOS PRINCIPALES MICROORGANISMOS EN LOS
AMBIENTES INTRAMURAL Y EXTRAMURAL PRESENTES EN 3 JARDINES
INFANTILES UBICADOS EN LAS LOCALIDADES DE PUENTE ARANDA,
KENNEDY Y FONTIBÓN, PARA ESTABLECER SU VARIACIÓN EN EL
TIEMPO ENTRE EL 2007 Y EL 2009.**

**WINDY CATHERINE RUIZ LÓPEZ
YINNA DANIELA PINZÓN LÓPEZ**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTÁ
2009**

**CORRELACIÓN DE LOS PRINCIPALES MICROORGANISMOS EN LOS
AMBIENTES INTRAMURAL Y EXTRAMURAL PRESENTES EN 3 JARDINES
INFANTILES UBICADOS EN LAS LOCALIDADES DE PUENTE ARANDA,
KENNEDY Y FONTIBÓN, PARA ESTABLECER SU VARIACIÓN EN EL
TIEMPO ENTRE EL 2007 Y EL 2009.**

**WINDY CATHERINE RUIZ LÓPEZ
YINNA DANIELA PINZÓN LÓPEZ**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

**DIRECTORA
GLADYS M. QUINTERO
Bacterióloga, M.sc.**

**CODIRECTOR
HUGO SARMIENTO VELA
Químico**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTÁ
2009**

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DEL DIRECTOR

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

Bogotá, Octubre de 2009

DEDICATORIA

Le doy gracias a Dios por darme la vida y haberme puesto en los brazos de mis abuelos maternos quienes me cuidaron , me educaron y formaron la gran persona que son hoy en día.

A mi madre Anita le dedico todas mis felicidades y triunfos por que ella ha sido mi apoyo incondicional, brindándome la oportunidad de cumplir este gran sueño, guiándome y colaborándome con toda su paciencia, fortaleza y amor. Le pido a Dios que me dé mucho a tiempo a su lado para recompensarla con todo lo que se merece. A mi papá José le agradezco los cuidados y amor que me brindo desde la primera vez que me vio y no se lo esperaba, acogiéndome en sus brazos y brindándome un hogar, se que desde el cielo me está acompañando en este momento tan especial para mi vida.

Héctor, mi amor lindo, te doy las gracias por tu apoyo y colaboración, para poder culminar con este proceso en mi vida, estoy muy feliz de que estés a mi lado en este momento tan especial y sé que de aquí en adelante vendrán muchas cosas buenas para nuestro hogar, tú y Juan José son la luz que ilumina mi camino día a día. Te adoro con todo mi corazón. Hijo hermoso quiero que sepas que todo lo que hago, lo hago por ti, porque eres el mejor regalo que Dios me dio, desde que llegaste a mi vida eres la personita que me da fuerzas para cumplir cada meta que me propongo, quiero que siempre estés orgulloso de mi y ser un ejemplo de vida para ti, te amo, te adoro, eres mi vida completa mis ojitos del cielo.

A mi familia que siempre confió en mí, gracias a todos por brindarme su amor y compañía y por estar en los momentos que mas los necesite en mi desarrollo profesional, en especial a mi tío José quien ha sido como un padre para mí, y a Rosmi por sus cuidados y por quererme como a una hija. A todos de nuevo muchas gracias.

Windy Catherine Ruiz López

DEDICATORIA

A mi señor, Jesús quien me dio la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para terminar este proyecto de vida, y desde el cielo a mis abuelitas que me dieron unos padres maravillosos.

A mis padres, por su amor y apoyo por darme una carrera universitaria para mi futuro, comprendiendo mis ideales de ser una profesional, estos 5 años que no estuve con ellos desde la distancia me fortalecieron y me dieron ánimos, fueron muchos sacrificios que nos toco hacer como familia pero ahora les puedo decir que cumplí esta meta gracias a ustedes los amo con toda mi alma y que Dios no me pudo dar unos mejores padres para que fueran mis guías, siempre seré su niña.

A mis hermanos porque yo soy su ejemplo por que empecé abrir caminos e ideales para ellos, a ti mi Galán por estos años que te toco esperar para poder estudiar mientras yo terminaba mi carrera, ahora si hermanito ya vamos hacer grandes.

A la familia de mis padres, a cada uno de ellos que me acogieron en sus hogares, me apoyaron para lograr los objetivos que me propuse cuando llegue a Bogotá de ser una ingeniera Ambiental y Sanitaria.

También quiero dar gracias a Néstor Mancipe la persona que en estos dos años y nueve meses de conocernos, siempre me motivo a salir adelante por su ejemplo de profesionalidad.

Gracias aquellas personas que de una u otra forma han pasado por mi vida dejando su huella y no mencione, ustedes también han sido parte importante de mi vida, me han ayudado a crecer y me fortalecieron para ser mejor persona.

Yinna Daniela Pinzón López.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresamos nuestros agradecimientos a:

Gladys Quintero, Directora del proyecto, por darnos la oportunidad de desarrollar esta investigación, por su apoyo y colaboración.

Hugo Sarmiento Vela, Codirector del proyecto, por suministrarnos todos sus conocimientos y su colaboración.

Las directivas de los Jardines Infantiles Solidaridad por Colombia, Rafael Pombo y Antonio Nariño por permitirnos el ingreso a sus instalaciones para llevar a cabo los muestreos.

Señor Oscar Contento y a las personas que trabajan en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria por su colaboración.

Ricardo Montealegre Director del Laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad de La Salle.

A los señores Máximo Caicedo reyes, Hoover Varón López y Giovanni Triana Bolaños por la colaboración prestada en los laboratorios.

Leidy Sánchez, Giselle Vargas y Lina Sepulveda, estudiantes de Bacteriología de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, por su cooperación y esfuerzo.

TABLA DE CONTENIDO

	PÁG
INTRODUCCIÓN	26
OBJETIVOS.....	29
ANTECEDENTES	30
1. MARCO TEORICO	34
1.1 BIOAEROSOLES	35
1.2 AEROBIOLOGÍA	36
1.3 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE SOBRE LA VEGETACIÓN	36
1.4 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN SOBRE LA SALUD HUMANA.....	37
1.5 SALUD POBLACIONAL DE RIESGO INFANTIL.....	39
1.6 EL AIRE Y LOS MICROORGANISMOS.....	42
1.6.1 Desarrollo histórico de la microbiología del aire	42
1.6.2 Número y distribución de microorganismos.....	44
1.6.3 Permanencia	45
1.6.4 Supervivencia	46
1.7 FACTORES METEOROLOGICOS Y DE DISPERSIÓN QUE INFLUYEN EN LA PRESENCIA DE MICROORGANISMOS EN EL AIRE.	47
1.7.1 Meteorología	47
1.7.2 El tiempo	48
1.7.3 El clima.....	48

1.7.4 Humedad relativa	48
1.7.5 Temperatura.....	49
1.7.6 Radiación Solar	50
1.7.7 Viento y velocidad del viento	50
1.8 BIODIVERSIDAD DE MICROORGANISMOS EN EL AIRE	51
1.9 ORGANISMOS UTILES COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.....	52
1.10 HELECHOS (Nephrolepis)	54
1.11 PRINCIPALES FAMILIAS DE MICROORGANISMOS PRESENTES EN EL AIRE 56	
1.11.1 Familia <i>Actinomycetaceae</i>	56
1.11.2 Familia <i>Alcaligenaceae</i>	56
1.11.3 Familia <i>Bacillaceae</i>	57
1.11.4 Familia <i>Corynebacteriaceae</i>	57
1.11.5 Familia <i>Enterobacteriaceae</i>	58
1.11.6 Familia <i>Flavobacteriaceae</i>	58
1.11.7 Familia <i>Micrococcaceae</i>	59
1.11.8 Familia <i>Moraxellaceae</i>	59
1.11.9 Familia <i>Neisseriaceae</i>	59
1.11.10 Familia <i>Staphylococcaceae</i>	60
1.11.11 Familia <i>Vibrionaceae</i>	60
1.12 LOCALIDADES DE ESTUDIO.....	60
1.12.1 Localidad de Kennedy	60
1.12.2 Localidad de Fontibón.	62

1.12.3 Localidad de Puente Aranda	63
1.13.4 Municipio de Guatavita	65
2. METODOLOGIA.....	67
2.1 DETERMINACIÓN DE LAS LOCALIDADES DE ESTUDIO	67
2.2 Puntos de muestreo.....	68
2.2.1 Jardín Infantil Solidaridad Por Colombia.	68
2.2.2 Jardín Infantil Rafael Pombo.	69
2.2.3 Jardín Infantil Antonio Nariño.	70
2.2.4 Punto Blanco Municipio de Guatavita.....	71
2.3 PERIODO DE MUESTREO.....	72
2.4. ANALISIS MICROBIOLOGICO.....	73
2.4.1 Muestreo.	73
2.4.2 Medios de cultivo empleado para el muestreo.	74
2.4.3 Aislamiento e identificación de microorganismos.	74
2.4.4. Codificación De Muestreo	75
2.5 CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO	75
2.6 CONTEO DE UFC	75
2.8 PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO EXPLORATORIO DE LOS HELECHOS (Nephrolepis) EN LOS TRES JARDINES INFANTILES EN EL AMBIENTE INTRAMURAL.	77
2.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	77
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	79
3.1 FAMILIAS DE BACTERIANAS IDENTIFICADAS DURANTE EL PERIODO DE MUESTREO	79

3.1.1 Frecuencia de familias identificadas en los jardines infantiles.....	79
3.1.2 Frecuencia de especies identificadas en los jardines infantiles.....	85
3.2 EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE BACTERIAS OPORTUNISTAS EN REGIMEN CLIMATICO IMPERANTE EN LOS TRES JARDINES INFANTILES	89
3.2.1 Evaluación de las bacterias oportunistas en periodos húmedos en los tres Jardines Infantiles.	90
3.2.2 Evaluación de las bacterias oportunistas en periodo seco en los tres jardines infantiles.....	91
3.4 CONCENTRACIÓN DE BACTERIAS.....	93
3.4.1 Comportamiento de la concentración de unidad formadora de colonia en los diferentes ambientes y jornadas en la localidad de Kennedy en el Jardín Infantil Solidaridad por Colombia.....	95
3.4.2 Comportamiento de la concentración de unidad formadora de colonia en los diferentes ambientes y jornadas en la localidad de Fontibón en el Jardín Infantil Rafael Pombo.	97
3.4.3 Comportamiento de la concentración de unidad formadora de colonia en los diferentes ambientes y jornadas en la localidad de Puente Aranda en el Jardín Infantil Antonio Nariño.	99
3.5 CORRELACIÓN DE CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y LA CONCENTRACIÓN DE UNIDAD FORMADORA DE COLONIA EN LAS DIFERENTES LOCALIDADES.....	101
3.5.1 Kennedy.	101
3.5.2 Fontibón.	102
3.5.3 Puente Aranda	103
3.6 CORRELACION DE LAS UNIDADES FORMADORES DE COLONIAS EN EL AMBIENTE INTRAMURAL EN CONDICIONES AMBIENTALES INTRMURALES.....	104
3.7 ESTUDIO EXPLORATORIO CON HELECHOS (Nephrolepis)	105

3.7.1 Comportamiento de la concentración UFC/m ³ en los jardines infantiles antes y después de la implementación de los Helechos (<i>Nephrolepis</i>).....	105
3.7.2 Familias de bacterianas encontradas en el jardín infantil Solidaridad por Colombia antes y después de la implementación de los Helechos (<i>Nephrolepis</i>).....	107
3.7.3 Familias de bacterianas encontradas en el jardín infantil Rafael Pombo antes y después de los Helechos (<i>Nephrolepis</i>).	108
3.7.4 Familias de bacterianas encontradas en el jardín Antonio Nariño antes y después de los Helechos (<i>Nephrolepis</i>).	109
3.8 CORRELACIÓN DE LOS PRINCIPALES MICROORGANISMOS EN LOS AMBIENTES INTRAMURAL Y EXTRAMURAL PRESENTES EN 3 JARDINES INFANTILES UBICADOS EN LAS LOCALIDADES DE PUENTE ARANDA, KENNEDY Y FONTIBÓN, PARA ESTABLECER SU VARIACIÓN EN EL TIEMPO ENTRE EL 2007 Y EL 2009.....	110
CONCLUSIONES	116
RECOMENDACIONES	118

LISTA DE TABLAS

	PÁG
Tabla 1. Enfermedades Bacterianas transmitidas por el aire.....	34
Tabla 2. Correlación de los amientes intra y extramural en las jornadas mañana y tarde en el jardín infantil Solidaridad Por Colombia.	92
Tabla 3. Correlación de los amientes intra y extramural en las jornadas mañana y tarde en el jardín infantil Rafael Pombo.....	94
Tabla 4. Correlación de los amientes intra y extramural en las jornadas mañana y tarde en el jardín infantil Antonio Nariño.....	96
Tabla 5. Correlación de los ambientes intra y extramural en la localidad de Kennedy en el jardín infantil Solidaridad Por Colombia.....	97
Tabla 6. Correlación de los ambientes intra y extramural en la localidad de Fontibón en el jardín infantil Rafael Pombo.....	98
Tabla 7. Correlación de los ambientes intra y extramural en la localidad de Puente Aranda en el jardín infantil Antonio Nariño.....	99
Tabla 8. Microorganismos encontrados durante las tres fases de investigación.....	108

LISTA DE FIGURAS

	PÁG
Figura 1. Helecho (<i>Neprholepis</i>).....	50
Figura 2. Fuentes de contaminación atmosférica en la localidad de Kennedy.....	56
Figura 3. Fuentes de contaminación atmosférica en la localidad de Fontibón.....	58
Figura 4. Fuentes de contaminación atmosférica en la localidad de Puente Aranda.....	59
Figura 5. Ubicación del municipio de Guatavita.....	60
Figura 6. Municipio de Guatavita.....	61
Figura 7. Ubicación del Jardín Infantil Solidaridad Por Colombia.....	64
Figura 8. Ubicación del Jardín Infantil Rafael Pombo.....	65
Figura 9. Ubicación del Jardín Infantil Antonio Nariño.....	66
Figura10. Muestreo en el colegio Pío X.....	67
Figura11. Equipos utilizados para muestras de aire.....	68
Figura12. Medio utilizados para el muestreo microbiológico.....	69
Figura13. Muestreo en placa de Agar Sangre.....	71

LISTA DE ANEXOS

	PÀG
Anexo A. Mapa de ubicación de las localidades de estudio.....	121
Anexo B. Protocolo descripción toma de muestra en los jardines infantiles.....	122
Anexo C. Procedimiento general para la preparación de medios..	125
Anexo D. Procedimiento de aislamiento para muestra de aire.....	135
Anexo E. Codificación utilizada para las diferentes localidades de estudio.....	136
Anexo F. Protocolo de esterilidad y eficiencia.....	137
Anexo G. Tabla de Feller.....	138
Anexo H. Microorganismos encontrados en las diferentes localidades.....	139
Anexo I. Datos meteorológicos de las tres localidades.....	140
Anexo J. Concentración de UFC/m ³ en la localidad de Kennedy..	141
Anexo K. Concentración de UFC/m ³ en la localidad de Fontibón..	142
Anexo L. Concentración de UFC/m ³ en la localidad de Puente Aranda.....	143
Anexo M. Familia, género y especie encontradas en el jardín infantil Solidaridad Por Colombia antes y después de la implementación de los helechos (<i>Nephrolepis</i>).....	144
Anexo N. Familia, género y especie encontradas en el jardín infantil Rafael Pombo antes y después de la implementación de los helechos (<i>Nephrolepis</i>).....	145

Anexo Ñ.	Familia, género y especie encontradas en el jardín infantil Antonio Nariño antes y después de la implementación de los helechos (<i>Nephrolepis</i>).....	146
-----------------	---	-----

LISTA DE GRAFICAS

	PÁG
Gráfica 1. Distribución de la familia <i>Bacillaceae</i> en los tres jardines infantiles en las diferentes jornadas y ambientes.....	75
Gráfica 2. Distribución de la familia <i>Micrococaceae</i> en los tres jardines infantiles en las diferentes jornadas y ambientes.....	76
Gráfica 3. Distribución de la familia <i>Corynebactericeae</i> en los tres jardines infantiles en las diferentes jornadas y ambientes.....	77
Gráfica 4. Distribución de la familia <i>Enterobactericeae</i> en los tres jardines infantiles en las diferentes jornadas y ambientes....	78
Gráfica 5. Especies más frecuentes durante el periodo de muestreo en el jardín Infantil Rafael Pombo.....	79
Gráfica 6. Especies más frecuentes durante el periodo de muestreo en el jardín Infantil Antonio Nariño.....	81
Gráfica 7. Especies más frecuentes durante el periodo de muestreo en el jardín Solidaridad Por Colombia.....	83
Gráfica 8. Bacterias oportunistas en el clima lluvioso en los tres jardines infantiles.....	84
Gráfica 9. Bacterias oportunistas en el clima templado en los tres jardines infantiles.....	86
Gráfica 10. Bacterias oportunistas en el clima soleado en los tres jardines infantiles.....	87
Gráfica 11. Concentración de bacterias encontradas durante el periodo de muestreo en los diferentes jardines infantiles.....	89
Gráfica 12. Concentración de las UFC/m ³ en el jardín infantil Solidaridad Por Colombia en el ambiente intra y extramural	

	en las jornadas mañana y tarde.....	91
Gráfica 13.	Concentración de las UFC/m ³ en el jardín infantil Rafael Pombo en el ambiente intra y extramural en las jornadas mañana y tarde.....	93
Gráfica 14.	Concentración de las UFC/m ³ en el jardín infantil Antonio Nariño en el ambiente intra y extramural en las jornadas mañana y tarde.....	95
Gráfica 15.	Concentración de las UFC/m ³ en los jardines infantiles en el ambiente intramural antes y después de los helechos (<i>Nephrolepis</i>).....	100
Gráfica 16.	Familias bacterianas encontradas en el jardín infantil Solidaridad Por Colombia antes y después de la implementación de los helechos (<i>Nephrolepis</i>).....	101
Gráfica 17.	Familias bacterianas encontradas en el jardín infantil Rafael Pombo antes y después de la implementación de los helechos (<i>Nephrolepis</i>).....	103
Gráfica 18.	Familias bacterianas encontradas en el jardín infantil Antonio Nariño antes y después de la implementación de los helechos (<i>Nephrolepis</i>).....	104

GLOSARIO

AEROBIOLOGIA Es una rama de la biología que estudia partículas orgánicas, tales como bacterias, esporas de hongos , insectos muy pequeños y polen, las cuales son pasivamente transportadas por el aire.

AEROSOL Mezcla heterogénea de partículas solidas o líquidas suspendidas en un gas. El tamaño de las partículas puede ser desde 0,002 μm a más de 100 μm .

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

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

AUTOCLAVE Aparato para esterilizar, que destruye microorganismos a altas temperaturas utilizando vapor a presión.

BACTERIAS Las bacterias son microorganismos unicelulares que presentan un tamaño de algunos micrómetros de largo, entre 0,5 y 5 μm , por lo general, y diversas formas incluyendo esferas, barras y hélices.

BIOAEROSOL Son partículas en el aire que son de origen biológico. Los bioaerosoles pueden formarse a partir de casi cualquier proceso que involucra a los materiales biológicos y que generan energía suficiente para separar las partículas pequeñas de las sustancias de mayor tamaño, tales como viento, agua,

aire o movimiento mecánico. Las plantas, el suelo, el agua y los animales (incluyendo los humanos) sirven como fuente de bioaerosoles.

CALIDAD DEL AIRE La calidad del aire se define como el conjunto de características y condición de la concentración de los elementos que componen el aire y la atmósfera en general.

COLONIA Crecimiento visible macroscópico de microorganismos en un medio de cultivo sólido.

CONTAMINACIÓN La contaminación es la introducción de cualquier contaminante, sustancia o forma de energía que puede provocar algún daño o desequilibrio, irreversible o no, en el medio inicial.

CONTAMINANTES Son fenómenos físicos o sustancias o elementos en estado sólido, líquido gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana, que solos o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales o de una combinación de estas.

CULTIVO Método para el crecimiento de microorganismos, en el que se prepara un medio óptimo para favorecer el proceso deseado; es empleado como un método fundamental para el estudio de las bacterias y de los hongos.

ENFERMEDAD RESPIRATORIA Las infecciones que van desde la nariz hasta el último alvéolo de los bronquios son las llamadas **enfermedades respiratorias**.

ESPECIE BACTERIANA: Nombre asignado a grupos que muestran similitudes en bioquímica, genética, morfología y nutrición.

FAMILIA La familia es una unidad sistemática y una categoría taxonómica situada entre el orden y el género, es la categoría taxonómica más importante luego de las de género y especie.

GÉNERO El género es una unidad sistemática para la clasificación de organismos. Jerárquicamente, el género es una categoría taxonómica que se ubica entre la familia y la especie.

HELECHOS (*Nephrolepis*) Helecho de la familia de las Nephrolepidaceas, ideal como planta de interior siempre y cuando se utilice en ambientes húmedos.

HETEROTRÓFOS Los organismos heterótrofos, son aquellos que deben alimentarse con las sustancias orgánicas sintetizadas por otros organismos, bien autótrofos o heterótrofos a su vez.

HONGOS Los hongos son un conjunto de organismos pertenecientes al reino eucariota, heterotróficos no foto sintetizadores, inmóviles y que generan esporas.

MEDIO SELECTIVO Un medio selectivo es un conjunto de nutrientes, factores de crecimiento y otros componentes que crean las condiciones necesarias para el desarrollo de microorganismos. La diversidad metabólica de estos es enorme, por ello la variedad de medios de cultivo también es amplia, y no existe un medio de cultivo universal para todos ellos.

MICROORGANISMOS Un microorganismo, también llamado microbio u organismo microscópico, es un ser vivo que sólo puede visualizarse con el microscopio.

MICROORGANISMOS OPORTUNISTAS Son aquellos, en principio no patógenos, que pueden producir enfermedades cuando las defensas del hospedador se ven debilitadas por diferentes motivos.

UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS es el número mínimo de células separables sobre la superficie, o dentro, de un medio de agar que da lugar al desarrollo de una colonia visible del orden de decenas de millones de células descendientes, (UFC/m³).

RESUMEN

Excedencias en la norma anual de contaminantes atmosféricos en las localidades de Fontibón, Kennedy y Puente Aranda, Bogotá D.C., de acuerdo al DAMA en el año 2006 son causadas por: La antigüedad del parque automotor, la mala calidad de los combustibles, la altura de la ciudad y las bajas temperaturas. Dichos niveles de contaminación pueden generar enfermedades, especialmente en la población adulta mayor de 50 años y niños menores de 3 años. Enfermedades tales como bronquitis, asma, enfisema, pulmonía, y enfermedades cardíacas comúnmente son relacionadas con el alto grado de contaminación atmosférica.

Investigaciones Internacionales y nacionales han establecido que además de contaminantes atmosféricos, algunas enfermedades respiratorias en niños menores de 11 años podrían ser atribuidas a la presencia de microorganismos patógenos en el aire. Por ello, el objetivo de esta investigación fue correlacionar los principales microorganismos con el ambiente intramural y extramural presentes en los jardines infantiles Antonio Nariño, Rafael Pombo y Solidaridad por Colombia, para establecer su variación durante el periodo 2007 y el 2009.

Haciendo uso de helechos, un estudio exploratorio fue desarrollado para establecer diferencias en el número y biodiversidad de microorganismos del ambiente intramural en los jardines infantiles. Para la toma de muestras se emplearon los equipos colectores microbiológicos de gérmenes aéreos MAS-100 de Merck y MAS 100 ECO. Los microorganismos presentes fueron aislados en tres diferentes medios de cultivos: Agar sangre, agar chocolate suplementado con ISOVITALEX y Agar Mac Conkey.

Staphylococcus aureus, *Staphylococcus xylosus*, *Corynebacterium jeikium*, *Hafnia alvei*, *Bacillus circulans* y *Escherichia coli* fueron encontrados en el ambiente intramural y extramural. Algunos de estos microorganismos son considerados oportunistas del tracto respiratorio. Con la implementación del helecho (*Nephrolepis*) en los jardines infantiles se evidenció cambio en el número y biodiversidad de microorganismos. La variación en la temperatura en la planta afectó considerablemente la disminución de especies de microorganismos, ocasionando alteraciones en las características de supervivencia de éstos.

En base a los resultados de esta investigación se estableció una correlación entre la calidad microbiológica del ambiente intramural y extramural. Es mayor la contaminación microbiológica intramural debido a que las personas permanecen más tiempo allí. El helecho (*Nephrolepis*) es una solución ambiental, técnica y socialmente viable para disminuir la contaminación intramural de microorganismos patógenos asociados a enfermedades respiratorias en niños menores de 3 años, especialmente en lugares cerrados sin corrientes de aire. El desarrollo e implementación de programas de Salud Pública para el control y prevención de enfermedades respiratorias serán posibles a partir de los resultados de esta investigación.

Palabras claves: intramural, extramural, microorganismos, población infantil.

ABSTRACT

Annual pollutant concentrations are beyond air quality standards in Fontibón, Kennedy and Puente Aranda. This exceed is caused mainly by localities (DAMA, 2006): Motor vehicle age, poor fuel quality, cities altitude and low temperatures. These pollutant levels might generate illness in people over 50 years and child under 3 years. Diseases such as asthma, emphysema, pneumonia, and heart disease are commonly related with high contaminations levels.

Correlation between respiratory diseases in child under 11 years and air pathogenic microorganisms had been established by International and National research projects. Therefore, the objective of this research project as described in this report was to correlate the microorganisms with indoor and outdoor air quality of Antonio Nariño, Rafael Pombo and Solidarity Colombia kindergartens between 2007 - 2009.

Ferns inside kindergartens were used in order to develop an exploratory study which will demonstrate differences of indoor and outdoor number and biodiversity of microorganisms. An air microbiological germ collector device (MAS-100 and MAS 100-ECO MERCK) were used in sampling process. The current microorganisms were isolated through three kinds of culture media: Blood Agar, Chocolate Agar supplemented with ISOVITALEX, and Mac Conkey Agar.

Staphylococcus aureus, *Staphylococcus xylosus*, *Corynebacterium jeikium*, *Hafnia alvei*, *Bacillus circulans* y *Escherichia coli* were found whether indoor or outdoor air quality samples. Some of these microorganisms can produce respiratory diseases. Ferns (*nephrolepis*) implementation showed changes both number and kind of

microorganisms. Microorganism's survivor characteristics were modified by means of ferns temperature variation. Thereby, microorganisms species were reduced.

Base on the investigation results, it is concluded that a correlation exists between microbiological quality and indoor-outdoor air quality. Also, likely higher microbiological concentration should be present due to people reside long time inside indoor environments. Indoor microorganisms responsible of diseases in child under 3 years are reducing by Ferns (*Nephrolepis*) indoor implementation, especially in closed environments without air currents motion. This implementation should achieve in reflection of technical, Environmental and societal concerns. Public health programs for the control and prevention of respiratory diseases should be possible base on the investigation results.

Keywords: indoor, outdoor, microorganisms, child.

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica constituye uno de los problemas más críticos en el mundo, a medida que aumenta la actividad destructiva del hombre sobre la naturaleza y aparecen nuevas necesidades como consecuencia de la vida en sociedad, el medio ambiente que lo rodea se deteriora cada vez más.

Bogotá cuenta con una moderna red de monitoreo que registra de manera continua y en tiempo real las concentraciones atmosféricas de diversas especies contaminantes en diversos puntos de la ciudad. A partir de la misma se ha llevado un diagnóstico claro del problema de contaminación que actualmente afecta la ciudad.

En el área urbana se encuentra el mayor índice de contaminación, debida a diferentes procesos de combustión de las fuentes fijas como industrias y fuentes móviles, deteriorando la calidad del aire, el cual es un factor determinante para la salud de la población, especialmente infantil (Bernal y torres, 2008).

Las localidades de Fontibón, Kennedy y Puente Aranda, tienen el aire más contaminado de Bogotá, ya que la actividad que se genera es de tipo industrial, en estos sectores se encuentran numerosas fábricas de producción de plásticos, químicos, textiles, metalmecánica, industrias alimenticias, entre otros, además de alto tráfico vehicular. Por esta razón son las localidades de mayor preocupación para la autoridad ambiental, por lo que se deben tomar medidas y encontrar soluciones para disminuir el riesgo en la salud humana especialmente en grupos poblacionales de alto riesgo como son los niños menores de 3 años y adultos mayores de 50 años (Ruiz, 2000).

La mayoría de las enfermedades respiratorias que afecta a los habitantes de estas localidades, son producidas por una gran variedad de microorganismos que se encuentran en el ambiente, siendo de alto riesgo para esta población, por las características anatómicas y fisiológicas de sus vías respiratorias, en donde los síntomas son más severos y pueden llegar a causar hasta la muerte (Alarcon, 2009).

Por esta razón se ha considerado como prioridad y necesidad la realización de estudios que permitan valorar, los niveles reales de exposición a los que la población se encuentra sujeta en ambientes intramurales, en los que las personas pasan la mayor parte de su tiempo (Behrentz, 2006).

Este proyecto de investigación, tuvo como fin correlacionar los principales microorganismos en el ambiente intramural y extramural en los jardines infantiles Antonio Nariño, Rafael Pombo y Solidaridad por Colombia, y su variación en el tiempo entre el 2007 y el 2009, con el fin de encontrar las especies bacterianas más frecuentes, que se encuentran en estas instituciones escolares, en donde los niños están expuestos a un alto índice de contaminación por las pocas entradas de aire y diversos contaminantes internos, que afectan su salud a diario.

Se realizó un estudio exploratorio para evidenciar si hay diferencias en el numero y biodiversidad de microorganismos del ambiente intramural antes y después de la implementación de helechos en los jardines infantiles Antonio Nariño, Rafael Pombo y Solidaridad por Colombia, para tratar de encontrar una solución práctica, económica y sencilla para disminuir la diversidad bacteriana, causante de enfermedades respiratorias que aquejan a la población infantil.

La toma de muestras del presente estudio se realizó durante los meses de octubre a noviembre de 2008 y de Marzo a Mayo de 2009, contando con la presencia de la población infantil en los diferentes jardines.

Se caracterizaron las principales especies de microorganismos oportunistas presentes en los ambiente intramural y extramural, evaluando la frecuencia de aparición según el periodo de régimen climático imperante y se correlacionaron los principales microorganismos para establecer su variación en el tiempo entre el 2007 y el 2009. Con referencia en los análisis obtenidos en esta investigación, se pueden desarrollar e implementar programas de Salud Pública para el control y prevención de enfermedades respiratorias.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Correlación de los principales microorganismos en los ambientes intramural y extramural presentes en 3 jardines infantiles ubicados en las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón, para establecer su variación en el tiempo entre el 2007 y el 2009.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✚ Caracterizar las principales especies de microorganismos oportunistas presentes en los ambientes intramural y extramural de los jardines infantiles de las tres localidades de estudio.
- ✚ Evaluar en periodos de régimen climático imperantes la presencia de microorganismos oportunistas existentes en los tres jardines infantiles: Antonio Nariño, Rafael Pombo y Solidaridad por Colombia.
- ✚ Realizar un estudio exploratorio para evidenciar si hay diferencias en el numero y biodiversidad de microorganismos del ambiente intramural antes y después de la implementación de helechos en los jardines infantiles Antonio Nariño, Rafael Pombo y Solidaridad por Colombia.

ANTECEDENTES

La atmósfera no tiene una microbiota autóctona pero es un medio para la dispersión de muchos tipos de microorganismos (bacterias, esporas bacterianas, hongos y virus), procedentes de otros ambientes. Algunos han creado adaptaciones especializadas que favorecen su supervivencia y permanencia. Los microorganismos dispersados por el aire tienen una gran importancia biológica y económica. Producen enfermedades en plantas, animales y humanos, causan alteración de alimentos y materiales orgánicos y contribuyen al deterioro y corrosión de monumentos y metales.

La Microbiología del aire comienza en el siglo XIX, con Pasteur y Miquel que diseñaron métodos para estudiar los microorganismos en el aire y descubrir la causa de algunas enfermedades. Desde entonces numerosos investigadores han trabajado en este campo tanto en el aire exterior como en recintos cerrados. Las enfermedades transmitidas por el aire, producidas por bacterias, virus y hongos, son las respiratorias (neumonía, tosferina, tuberculosis, legionelosis, resfriado, gripe), sistémicas (meningitis, sarampión, varicela, micosis) y alérgicas (Mosso *et ál.*, 2002).

Se han realizado diversas investigaciones acerca de la calidad de aire en Bogotá, y de los microorganismos en el aire, causantes de enfermedades respiratorias en la población más vulnerable que son adultos mayores a 50 años y niños menores de 5 años, los cuales se relacionan a continuación:

En el estudio realizado por A. Arciniegas, C. Rodríguez, J. Pachón, H. Sarmiento y L. Hernández (2005), en la ciudad de Bogotá, se determinó la relación entre la morbilidad en niños menores a cinco años por enfermedad respiratoria aguda

(ERA) y la concentración de material particulado PM10, partiendo de las consultas que se recibían a diario en el hospital de la localidad de niños con síntomas de ERA, en el periodo de estudio se encontraron 2.240 casos. Así mismo realizó una comparación de las concentraciones horarias de PM10 con la norma establecida por la EPA (NAAQS), con el fin de encontrar la relación existente entre ERA y concentración de PM10 y se evaluaron los posibles periodos de latencia. Con base a lo anterior y según la correlación y nivel de significancia se corrieron 8 modelos, con los cuales se halló asociación entre ERA y la concentración de partículas, durante el modelo se calculó el Riesgo Relativo y se observó si correspondía a un factor de protección o de riesgo. En conclusión se demostró el impacto en la salud humana que tiene la contaminación del aire en la ciudad de Bogotá.

En la investigación realizada por I. Rey y M. Fula (2005) en la localidad de Puente Aranda ubicada en la ciudad de Bogotá, se evaluó la presencia de determinados microorganismos patógenos en bioaerosoles. Siguiendo los protocolos de fase experimental, se identificaron 50 especies de bacterias, de las cuales, dos corresponden a especies mencionadas en la literatura como especies patógenas de vías respiratorias, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginos*.

En el estudio realizado por F. Pérez y D. Olaya (2006) en la ciudad de Bogotá, se encontraron microorganismos patógenos que se pretendían identificar por su incidencia negativa en la salud humana como el *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*. Los hongos más abundantes en el período de muestreo fueron *Aspergillus sp* y *Penicillium sp*. En conclusión las concentraciones

promedio de microorganismos para todo el período de muestreo expresadas en UFC/m³ varían de día a día y entre jornadas.

En la investigación realizada por A. Cruz y A. Jiménez (2006) se evaluó la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀) en la localidad de Puente Aranda. En donde se determinó la presencia de microorganismos oportunistas en aerosoles, teniendo en cuenta parámetros meteorológicos y su relación con material particulado PM_{2.5} y PM₁₀, además se realizó un protocolo con el cual se garantizó la aleatoriedad para los puntos de muestreo y medios de cultivo para cada una de las jornadas y días. En conclusión se logró aislar e identificar 78 especies bacterianas y se estableció que la relación existente entre UFC/m³ y NO_x es indirecta con una significancia del 0.01; mientras que para O₃ la relación fue directa.

En el estudio realizado por A. Carreño y G. Prieto (2008), en las localidades de Fontibón, Puente Aranda y Kennedy, ubicadas en la ciudad de Bogotá, se determinó y correlacionó el material particulado y gases con los principales microorganismos patógenos existentes en los ambientes intramural y extramural presentes en tres jardines infantiles ubicados en estas localidades. Se identificaron durante la totalidad del muestreo en los tres Jardines Infantiles las familias *Bacillaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Flavobacteriaceae*, *Micrococcaceae*, *Corynebacteriaceae*, *Neisseriaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Streptococcaceae* y *Vibrionaceae*, los hongos identificados durante el periodo de muestreo en las tres localidades de estudio fueron: *Sepedonium sp.*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus* y *Acremonium sp.*

En la investigación realizada por A. Alvares y G. Mesa (2008), en la ciudad de Bogotá, se determinó la correlación de microorganismos patógenos existentes en

los ambientes intramural y extramural presentes en jardines infantiles más y menos influenciados por factores contaminantes ubicados en las localidades de Fontibón y Kennedy, en un periodo comprendido entre abril y junio de 2008. Se compararon los valores de concentración de microorganismos intra domiciliarios con los síntomas diarios de los alumnos, determinando la probable permanencia de los microorganismos causantes de alteraciones respiratorias, manifestándose en sintomatologías típicas de las enfermedades e infecciones de este tipo.

1. MARCO TEORICO

El aire está constituido por una mezcla de gases que contienen aproximadamente un 78% de Nitrógeno, 21% de Oxígeno y aproximadamente un 1% de Argón. Estos elementos, unidos a 0.03% de Anhídrido Carbónico, forman el 99.99% del aire seco (CEPIS, 2005).

Los contaminantes son sustancias que cuando están presentes en la atmósfera afectan de manera adversa la salud de los seres humanos, animales, plantas, vida microbiana, estructuras o materiales. Aunque los contaminantes del aire se encuentren en concentraciones bajas, los periodos de exposición largos en las personas pueden llegar a producir afecciones crónicas y efectos agudos cuando se exponen a altas concentraciones (Nevers, 2008).

Material particulado fino, Óxidos de Azufre, Monóxido de Carbono, Ozono, Óxidos de Nitrógeno, Plomo, son los contaminantes más comunes y de mayor presencia en los centros urbanos que es donde la población se concentra, presentándose una mayor probabilidad de sufrir efectos nocivos en la salud. La contaminación del aire, se evalúa bajo parámetros convencionales identificados como contaminantes criterios: partículas, gases, metales y contaminantes secundarios formados en el aire, una vez son emitidos a la atmosfera. Se hace necesario evaluar y dar importancia a los causantes de las enfermedades infecciosas, los microorganismos y la relación que tienen con los factores climáticos y de contaminación (OPS, 2001).

El material particulado respirable está constituido por contaminantes de origen natural (polen y tierra) y de origen antropogénico. Estos últimos corresponden a contaminantes primarios, que son contaminantes emitidos directamente de una

fuentes al aire; y secundarios, que transportan compuestos orgánicos (COV_s), metales pesados y compuestos nitrogenados y sulfatos, cuyo origen son las fuentes primarias de óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxidos de azufre (SO_x) (Rojas, 2005).

1.1 BIOAEROSOL

Los bioaerosoles, se pueden definir como partículas transportadas por el aire, constituidos por partículas finas 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 (Monedero, 2001).

Los bioaerosoles incluyen alérgenos (polen, hongos, esporas, partes y fecas de insectos) y patógenos (virus y bacterias), casi siempre absorbidos por las partículas. Los países con alta contaminación y humedad presentan graves problemas por biocontaminantes (bioaerosoles); temperaturas y humedades relativas altas que favorecen el crecimiento de la población microbiológica contaminante (hongos, bacterias, virus) los cuales se ven influenciados por las variaciones de temperatura entre el día y la noche (OSHA, 2001)

1.2 AEROBIOLOGÍA

En 1930 surge la aerobiología que se encarga de estudiar el transporte de los microorganismos en el aire, su identificación, comportamiento y supervivencia, teniendo como referencia la microbiología, meteorología, física de los aerosoles y la química atmosférica (Larkson, 1993)

El estudio de los 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 sub productos 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 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 μm (Ammann, 1996).

1.3 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE SOBRE LA VEGETACIÓN

Según Seoanez Calvo, los contaminantes reconocidos como fototóxicos (sustancias dañinas de la vegetación) son el dióxido de azufre, el nitrato peroxiacetilo (un producto de la oxidación en el smog fotoquímico) y el etileno. En general, los contaminantes gaseosos penetran en el vegetal por el estoma, durante el proceso normal de la respiración del vegetal.

Los gases y partículas liberados en una combustión pueden atacar directamente las hojas. Al producirse rocío o lluvia ácida, ésta cae sobre la parte superior de las

hojas que, en muchas plantas, tienen una capa de cera protectora y no las afecta tanto. La niebla ácida envuelve toda la hoja, penetra por los poros del lado inferior y causa graves daños, no sólo se ven afectados los bosques sino también las plantas comestibles cultivadas por el hombre.

Una vez en la hoja del vegetal, los contaminantes destruyen la clorofila e interrumpen la fotosíntesis. Los daños pueden variar desde una reducción en la velocidad del crecimiento de la planta hasta su muerte. Los síntomas de daños suelen aparecer en las hojas, siendo posible en muchos casos conocer el contaminante en cuestión por medio de los síntomas específicos.

1.4 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN SOBRE LA SALUD HUMANA

Tal vez lo más importante de la contaminación del aire es el efecto sobre la salud humana. Los contaminantes penetran en el cuerpo a través del sistema respiratorio superior, integrado por la cavidad nasal y la tráquea, y el sistema respiratorio inferior, integrado por los tubos bronquiales y los pulmones. En las extremidades de los bronquiolos se encuentran un gran número de diminutas cavidades llamadas alvéolos. Es a través de las membranas alveolares que el oxígeno del aire contenido en las cavidades se difunden hasta los vasos capilares de los pulmones, mientras el dióxido de carbono se difunde en el sentido contrario (CEPIS, 2002).

El sistema respiratorio tiene varios niveles de defensa contra la invasión de cuerpos extraños. Las partículas grandes son filtradas por los pelos del conducto nasal y son retenidas por la mucosa que cubre la cavidad nasal y la tráquea. Las partículas no pueden tomar las curvas del conducto nasal y, a causa de su inercia, chocan contra la pared de la cavidad nasal cuando el aire se precipita

hacia los pulmones. Además, ciertas partículas pueden ser interceptadas también por los finos pelitos que tapizan las paredes de todo el sistema respiratorio. Estos pelitos producen un movimiento continuo de la mucosidad y de las materias retenidas hacia la garganta, donde son eliminados por deglución. La mayoría de las partículas de tamaño superior a 5 μm son eficazmente eliminadas por el sistema respiratorio superior (Díaz, 2007).

Se hace difícil establecer una relación precisa entre los niveles de contaminación del aire y los efectos sobre la salud. Es claro que la susceptibilidad a la exposición a la contaminación del aire varía de persona a persona. El sistema respiratorio reacciona de dos maneras distintas a los contaminantes atmosféricos, en el caso de los seres humanos, consiste en la entrada en contacto con una sustancia o agente por medio de ingestión, respiración o contacto a través de la piel o de los ojos. De otra parte, existe consenso a nivel mundial respecto a los efectos en la salud según el tipo de exposición a la contaminación, diferenciando entre los efectos de la exposición crónica a niveles bajos de contaminación o la exposición aguda a altos niveles de contaminantes (EPA); La primera reacción es aguda, tal como la bronquitis irritante, ocurre a lo largo de un tiempo corto, por lo general minutos u horas. Una exposición aguda puede causar efectos de salud a corto o largo plazo. Un efecto agudo ocurre durante un tiempo corto (hasta 1 año) luego de la exposición; y la segunda es crónica, tal como la bronquitis crónica y el enfisema pulmonar, que ocurre durante un período largo de tiempo, ya sea continua o intermitentemente; en la bronquitis crónica, el enfisema y el asma, y la contaminación atmosférica aumenta la morbilidad y mortalidad en las personas que padecen enfermedades respiratorias. En la tabla 1 se relacionan las enfermedades bacterianas más frecuentes que son transmitidas por el aire y sus agentes etiológicos:

Tabla 1. Enfermedades bacterianas transmitidas por el aire.

Enfermedades	Géneros y especies
Amigdalitis, faringitis, bronquitis, escarlatina	<i>Streptococcus pyogenes</i>
Difteria	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>
Neumonía clásica	<i>Streptococcus pneumoniae</i>
	<i>Staphylococcus aureus</i>
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
	<i>Mycoplasma pneumoniae</i>
Neumonía atípica, bronquitis	<i>Chlamydia pneumoniae</i>
	<i>Chlamydia psittaci</i>
	<i>Neisseria meningitidis</i>
Meningitis	<i>Haemophilus influenzae</i>
Meningitis, epiglotitis, neumonía	<i>Bordetella pertussis</i>
Tosferina	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Tuberculosis	<i>Legionella pneumophila</i>
Legionelosis	<i>Actinomyces israelii</i>
Actinomicosis	<i>Nocardia asteroides</i>
Nocardiosis	<i>Coxiella burnetii</i>
Fiebre Q	<i>Bacillus anthracis</i>
Carbunco pulmonar	<i>Yersinia pestis</i>
Peste	

Fuente: el aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos, 2006.

1.5 SALUD POBLACIONAL DE RIESGO INFANTIL

En Bogotá, se destacan las investigaciones realizadas en los años 1996 por (Aristizabal, 1997) y en 1998 por (Solarte, 1999). En la investigación de Aristizabal se evidenció que la población infantil de la localidad de Puente Aranda tenía una incidencia superior de episodios de infección respiratoria aguda IRA, que lo reportado en otras poblaciones de la literatura mundial. En este estudio se realizó un seguimiento inicial de 100 niños menores de 5 años, durante 4 meses y cada 15 días durante el período de seguimiento, se entrevistó a los cuidadores, llenando un cuestionario con los datos de morbilidad, días de ausentismo escolar, episodios de síntomas respiratorios y un examen físico. Se estableció una asociación significativa aunque “débil” con IRA alta y PM₁₀. Esta investigación también mostró que la concentración promedio de PM₁₀ en la localidad de Puente Aranda era de 98,96 µg/m³, la cual excede la norma EPA de 50 µg/m³ para un año; en el estudio se encontró un promedio máximo de 456,79 µg/m³. Se concluyó también que la alta concentración de PM₁₀ en la localidad era un vehículo

facilitador para que se presentaran problemas respiratorios aun con bajas concentraciones de NO_2 y SO_2 .

En la Investigación de Solarte en 1999, se realizó un estudio de cohorte prospectivo con población de niños de 5 a 14 años. Se escogieron dos áreas residenciales de los barrios Venecia y Engativá, las cuales por sus características locales y por la medición preliminar de contaminantes por el DAMA (Departamento Administrativo del Medio Ambiente de Bogotá) mostraban niveles diferentes de contaminación y permitían tener un grupo expuesto a “altos” niveles de PM_{10} (Venecia) y un grupo expuesto a “bajos” niveles de PM_{10} (Engativa). Los niveles de la calidad del aire, en la mayoría de las zonas de la ciudad se determinaron, oscilan entre las categorías “sin contaminación” a “contaminación muy baja”. Lugares sin contaminación se caracterizan por el poco tráfico vehicular, ausencia de industrias y por sus grandes superficies con vegetación evidenciándose que las concentraciones de PM_{10} en los sitios analizados, superaban el promedio máximo anual permitido en la legislación de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ y sobrepasan en varias ocasiones la norma diaria de $150\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Un aumento en la concentración de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ en las concentraciones de PM_{10} producía un aumento de por lo menos el 8% en el número de consultas por enfermedad respiratoria aguda en niños menores de 14 años. Así mismo se estableció que los síntomas (tos, flemas, silbidos, fiebre y dolor de cabeza) aumentaban de manera significativa con el incremento de concentración de PM_{10} .

Dentro de la investigación los síntomas se asociaban mejor en el grupo de niños asmáticos que en el de no asmáticos, sin embargo ambos grupos son susceptibles de presentar síntomas debido a partículas respirables en la atmósfera. En relación con la contaminación intradomiciliaria se reporto que el 13% de los hogares

evaluados tenía algún tipo de negocio (fábrica, almacén o depósito) y el porcentaje de niños expuesto a humo de cigarrillo en el interior de las viviendas fue de 36.4%. El análisis de las fuentes de contaminación sugirió que había contribución de las emisiones de las fábricas, el mal estado de las vías, la erosión y el material particulado proveniente de vehículos automotores. Así mismo, el análisis multivariado y las medidas de PM_{10} con rezagos de uno a cuatro días, mostró una asociación significativa con el primer día de rezago y el cuarto día de rezago. Es decir los efectos de la contaminación podían aparecer hasta 4 a 5 días después de la exposición.

Durante el año 2005 se realizó una investigación conjunta entre la Secretaría Distrital de Salud y la Universidad de la Salle (Arciniegas Ángela, Rodríguez, Carolina) en la localidad de Puente Aranda evidenciando:

- ✚ Un aumento de $10\mu g/m^3$ en los niveles de PM_{10} ocasionaría un incremento del 4% en las consultas por ERA, para un periodo de latencia de seis días.
- ✚ Al ser excedida la norma Distrital ($180\mu g/m^3$) en el 25% del día, para un periodo de latencia de seis días, se produce una aumento del 29% en el número de consultas por ERA en niños menores a cinco años.
- ✚ Al excederse la norma internacional (EPA) para concentración diaria de PM_{10} medida en valores absolutos, en un 25% del día, habría un incremento del 22% en el número de consultas y un 10% si la concentración es medida en medias móviles 24 horas para un periodo de latencia de seis días.

Las anteriores investigaciones evidencian que si hay relación entre contaminación del aire y afecciones en la salud en el Distrito Capital.

1.6 EL AIRE Y LOS MICROORGANISMOS

1.6.1 Desarrollo histórico de la microbiología del aire

Lucretius (55 a.C.), observó las partículas de polvo brillando en un rayo de sol en una habitación oscura y concluyó que su movimiento se debía al bombardeo de innumerables e invisibles átomos en el aire, aunque fue necesario esperar al descubrimiento del microscopio para ver que en el aire había microorganismos vivos.

Micheli (1679), quien primero dibujó las esporas de los hongos observando las esporas de los mohos que se transmitían por el aire.

Leeuwenhoek (1722), observa y describe por primera vez las bacterias en distintos ambientes y supone que *«estos animálculos pueden ser transportados por el viento mediante el polvo que flota en el aire»*.

Ehrenberg (1822), en sus numerosas memorias publicadas, demostró que tanto las partículas atmosféricas del interior de las casas y hospitales como las del aire exterior de elevadas montañas estaban compuestas de esporas criptogámicas.

Gaultier de Claubry (1855), inaugura la investigación científica estudiando las partículas atmosféricas mediante un procedimiento que las retiene haciendo borbotear el aire en agua destilada. Pero fue Pasteur el que perfeccionó los procedimientos empleados por este investigador y realizó los primeros estudios precisos de las bacterias del aire, cuando demostró la no existencia de la generación espontánea.

Miquel (1882), analizó tanto el aire confinado de casas y hospitales como la atmósfera de diversas calles de París, de los parques, el cementerio de Mont Parnasse, e incluso las alcantarillas; determinó el número de microorganismos por m³ presente en cada uno de estos ambientes, sino su naturaleza y propiedades patógenas, así como la influencia de los diversos factores (temperatura, lluvia, corrientes de aire, altitud, número de personas) y la posibilidad de transmisión por el aire de enfermedades contagiosas.

Andrews (1902), Soper (1908) y Forbes (1924), realizaron estudios de los microorganismos del aire, de diversos ambientes, siendo uno de los más novedosos el realizado en el Metro de Londres (1961).

Hamburger (1945) y Hodges (1946), tuvieron un gran interés en conocer cómo se propagaban las infecciones respiratorias, especialmente en instalaciones militares estadounidenses y se realizaron numerosos estudios sobre *Streptococcus pyogenes* y *Streptococcus pneumoniae*.

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

Desde entonces el estudio microbiológico de estos ambientes ha ido en aumento, siendo actualmente práctica habitual e incluso obligatoria, el efectuar recuentos y controles periódicos del aire de las zonas estériles y limpias de hospitales e industrias farmacéuticas. También suelen controlarse otros ambientes cerrados, como fábricas de aparatos electrónicos, escuelas y edificios de oficinas.

A lo largo de esta breve reseña histórica, el interés por la microbiología del aire ha sido variable pero constante. Actualmente, se encuentra en un período de renovación en todos los ambientes, lo que ha supuesto un resurgimiento de aerobiología y un desarrollo de la actividad investigadora en este campo (Debré, 1995).

1.6.2 Número y distribución de microorganismos

El número de microorganismos de la atmósfera cambia según la altura ($10\text{-}10^{-4}$ por m^3), obteniéndose el más alto junto al suelo, sobre todo en los dos metros inferiores, que constituyen el microclima del hombre, disminuyen hasta los 200 metros y luego se hacen más escasos hasta los 5.000 metros, su Presencia es rara hasta el límite de la troposfera y no se encuentran en la estratosfera.

En las zonas con clima seco, el aire contiene numerosos microorganismos y el número desciende después de la lluvia debido a que ésta los arrastra por lavado del aire. Hay variaciones estacionales en el número de microorganismos en la atmósfera. Los hongos son típicamente más abundantes en verano que en el resto del año, mientras que las bacterias son más abundantes en primavera y otoño debido a factores como la temperatura, humedad relativa del aire, exposición a la luz solar.

Según el estudio de Hillebrand (1998), en donde compara la diversidad de diferentes organismos, relacionando el número y el área de estudio. Se concluye que no hay razón para pensar que existan límites para la dispersión y número de microorganismos, es decir, pueden existir en todo el mundo. Sin embargo este tipo de trabajos no son concluyentes, debido a la falta de consideración de los diferentes hábitos y formas de vida de los microorganismos. No es lo mismo un

organismo de vida libre con capacidades extraordinarias de dispersión (formadores de esporas), que un organismo parásito o un microorganismo altamente especializado con capacidad limitada de dispersión (Atlas y Bartha, 2002).

1.6.3 Permanencia

Según Ullán (2002), el tiempo de permanencia de un microorganismo en el aire depende de la forma, el tamaño, peso del microorganismo, de la existencia y potencia de las corrientes aéreas que los sostengan y los eleven. Las precipitaciones arrastran los microorganismos depositándolos en el suelo, evitando de esta forma que estos permanezcan suspendidos en el aire y lleguen a afectar la salud de las personas.

La sedimentación de los microorganismos por gravedad sólo es importante en el aire en calma. Generalmente, hay demasiadas turbulencias para que esto suceda, excepto en zonas de vegetación densa, donde la velocidad del viento disminuye, o en condiciones estables durante la noche, cuando la capa laminar limitante alcanza varios metros de altura. El impacto que sufren las partículas del aire cuando encuentran un obstáculo, es mayor cuando partículas grandes inciden a altas velocidades hacia objetos pequeños. Así, las esporas de hongos patógenos de plantas, como *Puccinia* o *Helminthosporium* son grandes e impactan eficazmente contra las hojas, mientras que los de hongos del suelo como *Penicillium*, son pequeños y se depositan por otros sistemas. Incluso aunque el impacto de las esporas sea eficiente, no siempre quedan retenidos y pueden volver al aire. Las superficies húmedas o viscosas retienen mejor las partículas y una vez depositadas, no son re suspendidas fácilmente.

El movimiento browniano producido por las moléculas de gas en el aire es importante para microorganismos menores de 0,1 mm, por lo que es de interés en la deposición de los virus. El lavado del aire por la lluvia termina rápidamente con el proceso de dispersión, siendo diez veces más eficiente que la sedimentación y la impactación (Rosas, 2004).

1.6.4 Supervivencia

Las condiciones físico-químicas de la atmósfera no favorecen el crecimiento ni la supervivencia de los microorganismos por lo que la mayoría solo pueden sobrevivir en ella durante un breve período de tiempo.

Según Potts (1994) la supervivencia de las bacterias es variable, debido a su diversidad estructural y metabólica. En general, las bacterias Gram positivas son más resistentes que las Gram negativas ya que su pared celular es más gruesa. Por ejemplo, en aire seco algunas especies de *Bacillus* y *Clostridium* son capaces de sobrevivir más de 200 años, *Mycobacterium* un mes y *Salmonella* sólo diez minutos.

Se llama *Curva de Supervivencia* a la curva porcentual de microorganismos vivos respecto del total de los persistentes en el aire. Se mantiene al principio, descendiendo posteriormente cuando los diversos factores adversos como las excretas y polvo han actuado el tiempo necesario para matar los microorganismos, es muy difícil que llegue a ser cero, porque siempre hay algunos microorganismos que son capaces de sobrevivir.

Los factores que afectan la dispersión y la supervivencia de los microorganismos en el aire son: temperatura, viento, turbulencia, polvo y aerosoles.

1.7 FACTORES METEOROLOGICOS Y DE DISPERSIÓN QUE INFLUYEN EN LA PRESENCIA DE MICROORGANISMOS EN EL AIRE.

En general, la concentración de un contaminante, es directamente proporcional a la emisión del mismo pero inversamente proporcionales a la intensidad del viento y la Altura de Capa de Mezcla, es decir, si el viento es fuerte y la altura de mezcla es máxima, entonces el transporte y la dispersión son mayores y por lo tanto la concentración del contaminante es menor, entonces, el efecto más adverso a los receptores (seres vivos e inertes) ocurren cuando los vientos son débiles y la altura de mezcla es muy baja; entendiéndose por Altura de Capa de Mezcla, el volumen atmosférico disponible en niveles cercanos a la superficie donde los contaminantes realizan procesos de transporte y dispersión (IDEAM, 2001).

1.7.1 Meteorología

La meteorología es el conjunto de las condiciones atmosféricas que caracterizan el estado medio de la atmósfera y su evolución en una zona determinada es lo que llamamos el clima, a diferencia de lo que conocemos por tiempo o estado de la atmósfera en un lugar y un momento dado. El clima solamente se puede conocer después de una larga serie de observaciones en varios periodos anuales, mientras que el tiempo se refiere a la observación de los elementos climáticos en un periodo determinado.

Los elementos climáticos que más frecuentemente se estudian son la presión atmosférica, la temperatura, la humedad, la velocidad y dirección del viento, la precipitación, el brillo solar y la nubosidad. Todas estas variables climáticas se miden en sitios llamados estaciones meteorológicas, desde la superficie terrestre. (IDEAM, 2005).

1.7.2 El tiempo

El tiempo es la manifestación de la dinámica de la atmósfera en un lugar y momento determinados. La dinámica de la atmósfera al distribuir la masa (vapor de agua y otros gases) y la energía (calor y movimiento) genera variaciones espaciotemporales de elementos como la temperatura, la presión y la humedad, lo cual produce en un lugar y tiempo determinados condiciones cálidas o frías, húmedas o secas, de cielo nublado o de cielo despejado, situaciones de lluvia, etc. Estos fenómenos se conocen como estado del tiempo.

1.7.3 El clima

El clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del estado del tiempo, durante un periodo de tiempo y en un lugar o región dada, y controlado por los denominados factores forzantes, factores determinantes y por la interacción entre los diferentes componentes del denominado *sistema climático* (atmósfera, hidrosfera, litosfera, criósfera, biosfera y antropósfera).

1.7.4 Humedad relativa

Según Lidwell (1990); cuando la humedad relativa del aire decrece, disminuye el agua disponible para los microorganismos, lo que causa deshidratación y por tanto la inactivación de muchos de ellos. La desecación puede causar una pérdida de viabilidad en las capas más bajas de la atmósfera, especialmente durante el día. A mayores altitudes, las condiciones son más favorables por la evaporación y algunas esporas pueden germinar en las nubes. La humedad relativa de la atmósfera varía de un 10-20 % en las regiones desérticas. El límite menor para el crecimiento de hongos es del 65 %. Las bacterias requieren una mayor humedad.

Las gram negativas resisten menos la desecación que las gram positivas; esto se refleja en que existe poca evidencia de transmisión por el aire de bacterias gram negativas, con la excepción de *Legionella* (Shewfelt, 1990).

El aire contiene en suspensión diferentes tipos de microorganismos, especialmente bacterias y hongos. La presencia de uno u otro tipo depende del origen, de la dirección e intensidad de las corrientes de aire y de la supervivencia del microorganismo. La convección es un fenómeno por el cual el aire caliente tiende a ascender u el frío a descender. Cuando la temperatura aumenta se calienta el aire de tal manera que, al subir, escape al exterior, teniendo que ser sustituido por aire más frío, lo cual provoca una renovación de aire que se denomina ventilación convectiva, influyendo en la permanencia de microorganismos en el sitio.

1.7.5 Temperatura

Según Mohr en el año 1997; la temperatura está muy relacionada con la humedad relativa, por lo que es difícil separar los efectos que producen ambas. La temperatura en la troposfera varía de 40° C cerca de la superficie, a 80° C en las capas altas, alcanzándose temperaturas de congelación entre 3 - 5 Km. La congelación no destruye los microorganismos pero no pueden multiplicarse.

Todos los microorganismos tienen una temperatura óptima de crecimiento. Esto significa que a determinada temperatura la velocidad de duplicación o la velocidad de crecimiento poblacional de los microorganismos es mayor. La temperatura afecta la estabilidad de las proteínas celulares porque induce cambios conformacionales que alteran la actividad biológica de estos compuestos, especialmente la de enzimas.

Generalmente las especies bacterianas crecen a intervalos de temperatura bastante reducidos, entre 15 y 45 °C (condiciones mesófilas), decreciendo la biodegradación por desnaturalización de las enzimas a temperaturas superiores a 40 °C e inhibiéndose a inferiores a 0 °C.

1.7.6 Radiación Solar

Según Bartha (2002) la inactivación de un microorganismo depende de la longitud de onda e intensidad de la radiación. Las de longitud de onda corta contienen más energía, son ionizantes y alteran o destruyen el DNA de los microorganismos. La exposición a radiaciones de corta longitud de onda, como la luz ultravioleta, es la principal causa de pérdida de viabilidad de los microorganismos que entran en la atmósfera. Las radiaciones ultravioleta aumentan con la altura, debido a una menor retención, lo que causa mutaciones y la muerte de los microorganismos. Algunos se protegen de los efectos letales de la radiación por los pigmentos que producen, así como por el polvo y las gotas de saliva y moco, debido al escaso poder de penetración de la luz ultravioleta.

1.7.7 Viento y velocidad del viento

El viento es aire en movimiento producido por diferencias de presión atmosférica, atribuidas sobre todo a diferencias de temperatura. Como el peso del aire caliente es menor, éste asciende sobre el aire más frío y pesado. El aire que sube forma lo que se llama un sistema de baja presión, mientras que el aire cuando se enfría en las capas superiores de la atmósfera desciende formando un sistema de alta presión. Los vientos pueden alcanzar a veces velocidades muy altas (más de 119 kph) que tienen efectos destructivos, formados por sistemas de baja presión y que,

según donde se formen, reciben el nombre de huracanes o tifones. Otro sistema parecido son los tornados, los cuales son remolinos fuertes que se forman en el interior de una nube de tormenta y que llegan hasta el suelo y que tienen consecuencias igualmente catastróficas (Stimac, 2003).

La velocidad del viento es un factor determinante en la concentración de los contaminantes y los bioaerosoles; presentando una relación inversa con la velocidad del viento, es decir que “en presencia de velocidades de viento muy bajas y condiciones atmosféricas estables se impiden la dispersión de los contaminantes”, aumentando así su concentración; en “condiciones turbulentas y de fuertes corrientes verticales, favorecen la dispersión de los contaminantes” disminuyendo de esta manera los efectos adversos que puedan tener en la salud (Mosso *et ál.*, 2002).

1.8 BIODIVERSIDAD DE MICROORGANISMOS EN EL AIRE

Las bacterias pueden ser transportadas rápidamente, en forma de bioaerosoles, a través de grandes distancias con el movimiento del aire que representa el mejor camino de dispersión. Algunos han creado adaptaciones especializadas que favorecen su supervivencia y su dispersión en la atmósfera. El transporte se realiza sobre partículas de polvo, fragmentos de hojas secas, piel, fibras de la ropa, en gotas de agua o en gotas de saliva eliminadas al toser, estornudar o hablar. Los microorganismos dispersados en el aire tienen una considerable importancia biológica y económica. Numerosas enfermedades de plantas son causadas por hongos y algunas por virus y bacterias que se transmiten por el aire.

El aire que respiramos lleva más de 1.800 microbios y bacterias, pero se estima que su presencia sube o baja no tanto en función de la localización geográfica

como de los cambios de temperatura y de la humedad. Los microorganismos más frecuentes en un aire contaminado causante de enfermedades respiratorias son el *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* (Bernstein *et ál.*, 2004).

1.9 ORGANISMOS UTILES COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Un organismo bioindicador, es un indicador consistente en una especie vegetal, hongo o animal; o agrupación vegetal cuya presencia o estado, nos da información sobre ciertas características ecológicas, biológicas, físico - químicas, climáticas y funcionales del medio ambiente, los bioindicadores se utilizan sobre todo para la bioevaluación medioambiental (Boltovskoy, 1989).

Los efectos que vayan apareciendo en el organismo bioindicador deben ser medibles vía observación, en las alteraciones morfológicas, alteraciones de comportamiento, de los tejidos o fisiológicas (crecimiento y reproducción). En algunos casos, los contaminantes atmosféricos llevan a la muerte de estos organismos (Branco, 1984).

El liquen, por ejemplo, es un bioindicador eficaz de la contaminación atmosférica en un bosque o en una ciudad. Reaccionan a dosis muy bajas de determinados contaminantes en particular los contaminantes ácidos. Cada especie de liquen tiene resistencia a una tasa específica de contaminación. Algunas especies se benefician de un enriquecimiento del aire en nitrógeno. En el bosque, la desaparición de los líquenes puede indicar un alto nivel de dióxido de azufre, la presencia de fungicidas en la lluvia, o de contaminantes basados en azufre y nitrógeno (Mehrotra y Aneja 1990).

En el estudio realizado por R. Anze, A. Canseco, S. Granado, M. Franken, M. Pinto y M. Zaballa (1996); en la ciudad de la Paz – Bolivia, en donde la contaminación atmosférica es un fenómeno que tiende a crecer en forma directamente proporcional al importante desarrollo urbano que presenta la ciudad; frente a este problema los investigadores, utilizaron bioindicadores para evaluar la calidad de aire, ya que han desarrollado numerosos intentos de cuantificar el problema y se ha evidenciado que resulta prioritario buscar métodos sencillos y económicos. Con esta investigación se encontraron nuevas perspectivas para la obtención de información, a corto plazo, que permita plantear alternativas o soluciones inmediatas, además de medir los efectos de la calidad del aire sobre la biota (Anze *et ál.*, 1996).

En la investigación realizada por R. Anze, A. Canseco y M. Franken (2004); en donde utilizaron líquenes como indicadores de la calidad del aire en la ciudad de la Paz Bolivia. Usando el Índice de Pureza atmosférica (IAP); este método está basado en las alteraciones que produce la contaminación atmosférica sobre las comunidades de los líquenes. De acuerdo con esto la presencia de especies tolerantes o sensibles y la modificación en la estructura y abundancia de la comunidad liquénica, por si misma, son capaces de expresar la calidad del aire de un área específica.

Los resultados demostraron que las condiciones de calidad del aire en la ciudad de La Paz se mantienen sin muchas variaciones en las dos principales épocas del año (época seca y época húmeda). Sin embargo, en los sitios donde las emisiones vehiculares son importantes, se registra un empeoramiento de la calidad del aire, donde los líquenes disminuyen su diversidad o desaparecen por completo respectivamente.

Esto apoya fuertemente el hecho de que la contaminación de origen vehicular es la más importante para la ciudad, además de sugerir que la sensibilidad de las comunidades de líquenes puede ser alta presentando alteraciones que pueden ser registradas, aun frente a variaciones de poca magnitud en los niveles de contaminación, además este método IAP puede ser considerado como una herramienta fácil y económica de aplicar en la medición de la calidad del aire utilizando bioindicadores (Canseco *et ál.*, 2001).

1.10 HELECHOS (*Nephrolepis*)

Las *Nephrolepis*, se pueden definir como cormofitas con alternancia de generaciones bien manifiesta, donde el esporofito es un cormo primitivo, que posee vástago con tallo y generalmente también hojas (microfilos o megafilos), y raíces siempre adventicias, con xilema primitivo compuesto por traqueidas, y floema primitivo compuesto por células cribosas, el xilema y el floema formando haces vasculares ubicados en un cilindro central rodeado de la corteza primaria o endodermis, rodeada de epidermis con cutícula y estomas, que se mantiene a lo largo de toda la vida del esporofito; sin crecimiento secundario; con esporas como unidad de dispersión que persiste por siglos, formadas en eusporangios o leptosporangios; donde el gametofito es un talo (cuerpo sin organización), en él se forman los arquegonios (órgano sexual pluricelular que originará la gameta femenina inmóvil), y los anteridios (órgano pluricelular donde se formarán las gametas masculinas móviles flageladas o anterozoides), siendo la fecundación dependiente del agua; con un embrión que se desarrolla sobre el gametofito directamente después de la formación del cigoto y que no entra en latencia, que puede ser bipolar y con suspensor si proviene de un eusporangio (posee el meristema apical y el radical que después no se desarrolla) o unipolar (si proviene de un leptosporangio sólo posee el meristema apical); el embrión crece sobre el

gametofito sin ser liberado, dará el vástago con raíces adventicias. En la figura 1 se observa un Helecho (*Nephrolepis*) (Odum, 1972).

Figura 1. El helecho (*Nephrolepis*)



Fuente: las autoras, 2009.

Las esporas son la unidad de dispersión y las responsables de colonizar nuevos hábitats (en las gimnospermas es la semilla, en las angiospermas es el fruto), y también constituyen las unidades de resistencia en las épocas desfavorables (en las espermatofitas es la semilla con el embrión latente).

La calidad del aire se ha visto afectada debido al incremento en la emisión de compuestos tóxicos, que han aumentado su peligrosidad, lo que puede verse reflejado en efectos que se producen en algunos organismos vivos que, de esta manera, reflejan las características y variaciones existentes en su medio ambiente (Wark, 1996).

Según Ammann, K. & Kerzig, R. & Liebendorfer, L. & Urech, los helechos *Nephrolepis* son empleados como bioindicadores de contaminación atmosférica, pues estas plantas tienden a relacionar la presencia o ausencia de especies, su

densidad, frecuencia de aparición, presencia y nivel de síntomas de daños externos o internos, con el grado de pureza del aire.

1.11 PRINCIPALES FAMILIAS DE MICROORGANISMOS PRESENTES EN EL AIRE

1.11.1 Familia *Actinomycetaceae*

Bacterias Gram positivas, algunas especies son anaerobias, mientras que otras son anaerobias facultativas, no forman esporas, muchos *Actinomyces* son patógenos oportunistas de los seres humanos y de otros mamíferos, particularmente en la cavidad bucal. En casos raros, estas bacterias pueden causar actinomicosis, una enfermedad caracterizada por la formación de abscesos en la boca, los pulmones, o el aparato gastrointestinal (Holt, 1994).

1.11.2 Familia *Alcaligenaceae*

Son bacterias Gram-negativas, su forma varía de cocos a bacilos, por lo general son móviles con flagelos peritricos, son estrictamente aeróbica y de catalasa y oxidasa positivas. Normalmente se encuentran extendidas en el suelo y el agua, así como los entornos en asociación con los seres humanos.

La patología respiratoria que causan estos organismos, ocurre por contacto directo o por gotitas de aerosol, la fase catarral inicial de la infección produce síntomas similares a aquellos de un resfriado común y, durante este período, se pueden recoger grandes números de bacteria de la faringe. De allí en adelante, las bacterias proliferan y se esparcen por las vías respiratorias, donde la secreción de

toxinas causa estasis ciliar y facilita la entrada del microorganismo a las células ciliadas de la tráquea y bronquios (Garrity, 2006).

1.11.3 Familia *Bacillaceae*

La familia *Bacillaceae* está formada por microorganismos esféricos o bacilares esporulados, la mayoría claramente Gram positivos, dotados o no de cápsula, móviles o inmóviles y aerobios, anaerobios facultativos o anaerobios, se distinguen cinco géneros; *Bacillus*, *Sporolactobacillus*, *Clostridium*, *Desulfotomaculum*, *Sporosarcina* (Pumarola, 2001).

En los seres humanos la patología es debida a la inhalación de material contaminado, durante dos o tres días presentan signos generales que preceden a la aparición de fenómenos respiratorios del tipo de una neumonía grave; disnea, tos, expectoración viscosa y amarillenta, congestión pulmonar y reacción pleural. Con frecuencia aparece glomerulonefritis tóxica y septicemia, su mortalidad es elevada, se encuentra en un porcentaje del 75% (García, 1999).

1.11.4 Familia *Corynebacteriaceae*

Son bacterias gram positivas, catalasa positivas, no esporuladas, que carecen de motilidad, bacilos rectos o ligeramente curvados, su tamaño oscila entre 2 - 6 micrómetros de longitud y 0,5 micrómetros de diámetro, son aerobias o anaerobias facultativas, quimioorganotrofos a menudo con la típica organización en V, aunque también aparecen formas elipsoidales (Matthew y Hoyles, 2004).

En los seres humanos son causantes de enfermedades como la neumonitis, faringitis y la difteria que es una enfermedad aguda, contagiosa productora de una

pseudomembrana compuesta por células epiteliales muertas, leucocitos, glóbulos rojos y fibrina que se forma alrededor de las amígdalas y la faringe. Es una enfermedad poco común y tiende a ocurrir en personas no vacunadas, en especial niños en edad escolar y en ancianos (Kumar y Robbins, 2003).

1.11.5 Familia *Enterobacteriaceae*

Familia de bacilos y cocobacilos Gram negativos, no forman esporas, algunas producen toxinas y pueden ser encapsulados, son organismos catalasa positivos, no son exigentes y son de fácil cultivo. Son quimioheterótrofos y necesitan para su crecimiento compuestos simples de carbono y nitrógeno. La temperatura óptima de crecimiento oscila entre 22°C y 37°C (Uruburu, 1997).

Las *Enterobacteriaceae* incluyen organismos que resultan patógenos para el ser humano como la *Escherichia coli* o la *Salmonella*, especialmente importantes en la mortalidad infantil en países en desarrollo, causando la neumonía atípica extrahospitalaria (Kumar, 2003).

1.11.6 Familia *Flavobacteriaceae*

Familia de bacterias en el orden *Sphingobacteriales*, clase *Sphingobacteria*. Son bacilos gram negativos, principalmente saprofíticos, aerobios, inmóviles. Existe asimismo alguna especie patógena oportunista de humanos y peces. Por ejemplo, *Flavobacterium psychrophilum* causa la enfermedad del agua fría (Elder, 1982).

1.11.7 Familia *Micrococcaceae*

Comprende cocos Gram positivos, no exigentes, catalasa positiva, con agrupación en racimos, aerobios o anaerobios facultativos, capaz de fermentar la glucosa en anaerobiosis; poseer ácidos teicoicos en su pared, y ser sensible a la enzima lisostafina. Habitan en el aire y la piel, tal como *Micrococcus luteus* (Pelzar, 2001).

1.11.8 Familia *Moraxellaceae*

Moraxellaceae es una familia de proteobacterias que incluye algunas especies patógenas. *Moraxella* es un género de bacterias Gram negativas, con forma de bacilo corto o cocobacilo, son inmóviles, no esporulados, con características oxidasa-positiva y catalasa-positiva, unos son hemolíticos y algunas especies son capsuladas, aerobios aunque algunos puede ser anaerobios facultativos y no son muy hábiles para fermentar los carbohidratos (Pelzar, 2001).

Moraxella catarrhalis usualmente reside en las vías respiratorias, pero puede acceder al aparato respiratorio en pacientes con trastornos pulmonares crónicos o inmunodeficientes, ocasionando traqueobronquitis neumonía (Slack y Peitherer, 2007).

1.11.9 Familia *Neisseriaceae*

Son estrictamente aerobios, gram negativos, se presentan en pares (diplococos) y típicamente no tienen flagelos. Es una familia de proteobacterias incluida en su propio orden. Aunque muchos organismos de esta familia son comensales de mamíferos o parte de la flora normal, el género *Neisseria* incluye a dos

importantes patógenos humanos, específicamente aquellos responsables de la gonorrea y muchos casos de meningitis (Rojas, 1989).

1.11.10 Familia *Staphylococcaceae*

Los *Staphylococcaceae* son una familia de bacterias Gram positivas que incluyen el género de *Staphylococcus*, son inmóviles y carecen de esporas, tienen metabolismo de tipo fermentativo, son aerobios y anaerobios facultativos, catalasa positiva y oxidasa negativa, la temperatura óptima de crecimiento es de 35 a 40°C. *Staphylococcus aureus* es una especie bacteriana integrada por formas cocáceas, que se dividen en más de un plano, por lo que se agrupan irregularmente en racimos. La figura 3 ilustra un *Staphylococcus aureus*, visto en microscopio, causante de la neumonía en los seres humanos (Prevot, 1972).

1.11.11 Familia *Vibrionaceae*

La familia *Vibrionaceae* está constituida por bacilos gram negativos móviles o inmóviles, anaerobios facultativos, capaces de fermentación, no esporulados, móviles, contienen oxidasa y presentan uno o más flagelos, que son generalmente polares. Clásicamente se incluyen en ella tres géneros de interés clínico: *Vibrio*, *Aeromonas* y *Plesiomonas* (Madigan et ál., 2005).

1.12 LOCALIDADES DE ESTUDIO

1.12.1 Localidad de Kennedy

La localidad de Kennedy es la número 8 de la ciudad de Bogotá, es una de las más pobladas del distrito, está ubicada en el suroccidente de la sabana de Bogotá, limita al norte con la localidad de Fontibón; al sur; con la localidad de Bosa y

Tunjuelito; al Oriente, con el municipio de Mosquera, y al Occidente, con la localidad de Puente Aranda. Tiene una extensión de 3.855,45 hectáreas de las cuales el 98.1% es área urbana y 1.8% es área rural, con relación a la extensión de la ciudad la localidad representa el 11.12%, se encuentra conformada por 328 barrios, con un clima frío y una temperatura promedio de 14 °C (Albarracín, 2009).

Para la localidad de Kennedy se estima una población 938.387 habitantes, de los cuales hombres son el 452.251 y mujeres son 486.136, lo que la convierte en la localidad más densamente poblada del Distrito, cuenta con 270 colegios privados y 40 distritales (Paloma, 2009).

1.12.1.1 Contaminación atmosférica en la localidad de Kennedy.

Esta localidad ha mostrado una alta concentración de contaminación atmosférica causada por las industrias, la quema e inadecuada disposición de las basuras y el circulamiento de transporte pesado y de vehículos, como se observa en la Figura 2.

Figura 2. Fuentes de contaminación atmosférica en la localidad de Kennedy.



a. Inadecuada disposición de Residuos.

Fuente: las autoras, 2009.

Se intensifica en vías como la Avenida Ciudad de Cali, la Avenida Agoberto Mejía, la Carrera 80, la Carrera 76, la Calle 33 Sur, la Avenida Primero de Mayo y la Avenida 68. Las emisiones de gases contaminantes provenientes de industrias de fabricación de baterías de automotores ubicadas en los barrios Tintalito y Patio Bonito, quemas a cielo abierto de llantas y madera especialmente en los barrios ubicados junto al río Bogotá como Jazmín Occidental. Estas condiciones causan efectos negativos en la salud humana, en especial a nivel de las vías respiratorias y constituyen un factor determinante de las enfermedades más comunes y de mayor incidencia principalmente en niños menores de 10 años (Sandoval, 2009).

1.12.2 Localidad de Fontibón.

La localidad de Fontibón es la número 9 de Bogotá, se ubica en el centro de la ciudad, limita al norte con la localidad de Engativá; al oriente, con las localidades de Puente Aranda y Teusaquillo; al occidente, con la ribera del río Bogotá y los municipios de Funza y Mosquera, y al sur, con la Localidad de Kennedy. Tiene una extensión 3.325,88 hectáreas, se encuentra conformada por 80 barrios, con un clima frío y una temperatura promedio de 14 °C (Aristizabal, 2009).

Para la localidad de Fontibón se estima una población de 297.934 habitantes, de los cuales hombres son el 140.516 y mujeres son 157.418. La composición de la población residente de Fontibón por edad es eminentemente joven, cuenta con 123 colegios privados y 9 distritales.

1.12.2.1 Contaminación atmosférica en la localidad de Fontibón.

La contaminación atmosférica de la localidad de Fontibón es alta y está representada por emisiones de partículas sólidas, CO₂ y otros contaminantes

procedentes de fábricas de pinturas, productos de asfalto, talleres de mecánica, industria de la madera, reconstrucción de baterías, también el alto tráfico vehicular y los desechos orgánicos con inadecuada disposición, como se ilustra en la Figura 3.

Figura 3. Fuentes de contaminación atmosférica en la localidad de Fontibón.



a. Flujo vehicular

b. Desechos Orgánicos

Fuente: Las autoras, 2009.

Las áreas de mayor riesgo son la Avenida El Dorado, Avenida Boyacá, Avenida 68, Avenida Centenario, Calle 13, Avenida Ferrocarril, Terminal de Transportes, Calle 22 y Carrera 100. Contaminación por emisión de gases y partículas generadas por el tráfico aéreo en el Aeropuerto El Dorado.

1.12.3 Localidad de Puente Aranda

La localidad de Puente Aranda es la localidad número 16 de Bogotá, se caracteriza por su actividad industrial y por sus amplias zonas residenciales, limita al norte, con la localidad de Teusaquillo; al sur, con la localidad de Tunjuelito; al oriente, con las localidades de Los Mártires y Antonio Nariño, y al occidente, con las localidades de Fontibón y Kennedy. Tiene una extensión 1.724 hectáreas, se

encuentra conformada por 55 barrios, con un clima frío y una de temperatura de 14,5 °C (Bernal, 2009). Para la localidad de Puente Aranda se estima una población 257.471 habitantes, los cuales hombres son el 124.319 y mujeres son 133.152. Cuenta con 108 colegios privados y 15 distritales.

1.13.3.1 Contaminación atmosférica en la localidad de Puente Aranda.

La contaminación atmosférica de la localidad de Puente Aranda se debe a los grandes centros industriales que allí se ubican, entre las actividades económicas más relevantes y que se presentan en un mayor porcentaje, se encuentra el sector alimenticio (19%), caucho (13%), productos químicos (10%), textil (4,5%) y metalúrgicos (3.7%), Las aguas residuales emanan olores nauseabundos que constituyen una fuente de contaminación, Las constantes lluvias han contribuido también a que la alcantarilla tenga un derrame permanente de aguas residuales, como se observa en la Figura 4.

Figura 4. Fuentes de contaminación atmosférica en la localidad de Puente Aranda.



a. Alcantarilla de aguas negras

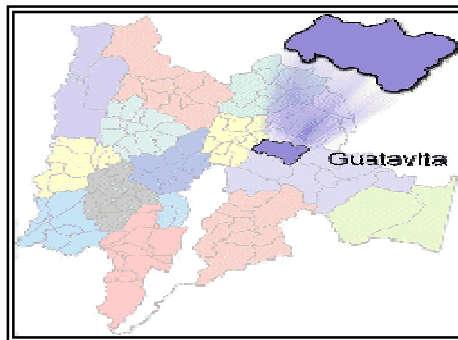
Fuente: las autoras, 2009.

Los corredores viales de alto flujo vehicular generan el promedio más alto de partículas en suspensión en el aire y los principales contaminantes que se encuentran son las partículas en suspensión y los derivados de la combustión, entre los que se destacan el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO₂), los óxidos de nitrógeno (NO), y el dióxido de azufre (SO₂).

1.13.4 Municipio de Guatavita

El municipio de Guatavita fue fundado en 1593, se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca, limita por el norte con los municipios de Sesquilé y Machetá; por el oriente con Gachetá y Junín; por el sur Guasca y Sopó y por el occidente con Tocancipá y Gachancipá (Figura 5).

Figura 5. Ubicación del municipio de Guatavita.



Fuente: disponible en Internet. www.cundinamarca.gov.co

En el municipio de Guatavita se mantiene una temperatura promedio de 14°C correspondiente a clima frío, cuenta con una extensión total de 247,3 km² los cuales se clasifican en área urbana de 6,84 km² y área rural de 240,46 km², (Figura 6) (González, 2008).

Figura 6. Municipio de Guatavita.



a. Área Urbana



b. Área Rural

Fuente: Las autoras, 2009.

2. METODOLOGIA

La investigación realizada es la tercera fase del proyecto de investigación que lleva como título; “Evaluación del riesgo por contaminantes atmosféricos criterios existentes en ambientes extramurales e intramurales en tres localidades de Bogotá con antecedentes de contaminación atmosférica”, que adelanta la Universidad de La Salle.

Se seleccionaron tres jardines infantiles distritales de Bogotá, ubicados en las localidades de Kennedy, Fontibón y Puente Aranda, los cuales muestran mayor grado de contaminación atmosférica por tráfico vehicular, comercial e industrial. Esta investigación se planeó en tres fases, las cuales abarcan diferentes periodos de muestreo teniendo en cuenta los diferentes ambientes Intramural y Extramural las diferentes jornadas mañana y tarde, además se realizó un ensayo exploratorio con helechos (*Nephrolepis*) en los diferentes jardines.

2.1 DETERMINACIÓN DE LAS LOCALIDADES DE ESTUDIO

Teniendo en cuenta que en Bogotá, tiene que ver en un 65% de las emisiones de gases contaminantes que se arroja a la atmósfera de la ciudad lo genera el sector vehicular, mientras que el restante 35% se lo añaden a fuentes fijas, siendo el monóxido de carbono el gas contaminante generado por fuentes móviles con mayor aporte, presentado un valor del 99.39%, seguido por los óxidos de nitrógeno (NOx) con un valor del 83%; la parte restante, es decir, el 0.61% de aportes de CO y 16,96% de NOx lo generan las fuentes fijas que se ubican en la ciudad. Lo anterior, trae consecuencias en la salud de los bogotanos ya que la inhalación de dichos gases suele producir enfermedades que atacan los sistemas circulatorio, respiratorio y visual de los habitantes de la ciudad (Ruiz, 2000) hay

localidades con mayor grado de contaminación que otras, se eligieron las más críticas, como son las localidades de Kennedy, Fontibón y Puente Aranda, como se ubican en el mapa de la ciudad de Bogotá (véase Anexo A). Debido a que en estas localidades se presenta una alta actividad industrial y flujo vehicular, siendo así en cada una de las localidades se escogió un jardín Infantil con mayor exposición a las diferentes fuentes de contaminación.

2.2 Puntos de muestreo.

La selección de los diferentes puntos de muestreos fue establecida teniendo en cuenta que fueran representativos en cuanto a actividad industrial y zona residencial, también teniendo en cuenta ciertas variables en sus características como: la planta física de los jardines las cuales no poseen entradas de circulación, frecuencia de enfermedades respiratorias en los niños de las diferentes localidades. Los muestreos se realizaron en los diferentes jardines infantiles como: Jardín Infantil Rafael Pombo en la localidad de Fontibón, Jardín Infantil Antonio Nariño en la localidad de Puente Aranda, Jardín Infantil Solidaridad por Colombia en la localidad de Kennedy (véase Anexo A).

2.2.1 Jardín Infantil Solidaridad Por Colombia.

Este jardín se encuentra ubicado en la localidad de Kennedy, en la Diagonal 38 sur No. 82-30 (Figura 7). Es una zona residencial y comercial; en sus alrededores hay gran cantidad de talleres de mecánica, ferreterías, discotecas, vendedores ambulantes y se encuentra Corabastos (centro principal de comercio de frutas y verduras de Bogotá). Las vías cercanas a este punto como la Avenida Las Américas Calle 6 y también se encuentra cerca la Avenida Ciudad de Cali, cuyo flujo vehicular es alto por lo cual transitan alimentadores, buses y vehículos de

carga que transitan por esta zona, todas estas fuentes contaminación generan en mayor grado gases, partículas, aerosoles y ruido los cuales afectan a los niños del jardín infantil

Figura 7. Ubicación del Jardín Infantil Solidaridad por Colombia.

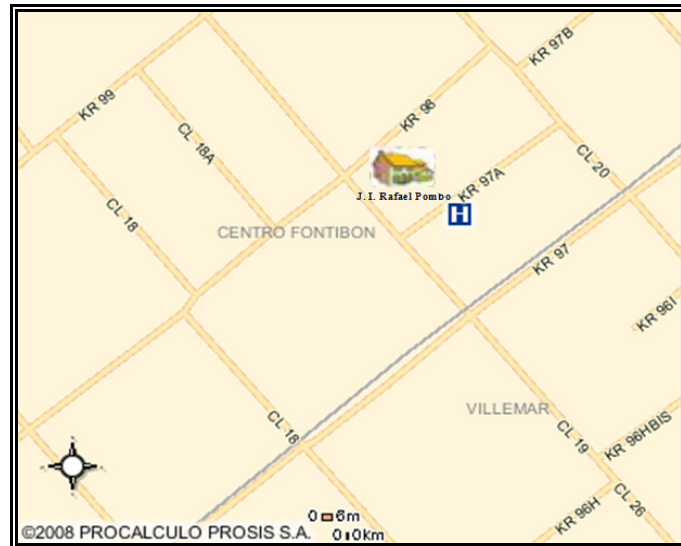


Fuente: Las autoras, 2009

2.2.2 Jardín Infantil Rafael Pombo.

Se encuentra ubicado en la localidad de Fontibón, en la carrera 97 A No. 26 - 35 (Figura 8). Es una zona residencial y comercial como papelerías, panaderías y supermercados, frente al jardín se encuentra ubicado un centro de salud Nueva vida. De igual forma se encuentra influenciada carrera 99 la cual presentan un alto flujo vehicular tanto público como particular y gran transito vehículos de carga pesada que entra por Bogotá, este punto cuenta con mayor aporte de contaminación por fuentes móviles.

Figura 8. Ubicación del Jardín Infantil Rafael Pombo.



Fuente: Las autoras, 2009

2.2.3 Jardín Infantil Antonio Nariño.

Este jardín se encuentra ubicado en la localidad de Puente Aranda en la Carrera 59 N° 16 - 60 (Figura 9). Este punto es la Zona Industrial de Bogotá por lo cual es presenta alta contaminación, a sus alrededores hay presencia de talleres y un centro de reciclaje, una característica muy importante es que se encuentra la cárcel Modelo de Bogotá. Las vías cercanas a este punto son la calle 13 y AV. de las Américas cuyo flujo vehicular por ser vía principal es de transporte de carga pesada.

Figura 9. Ubicación del Jardín Infantil Antonio Nariño.



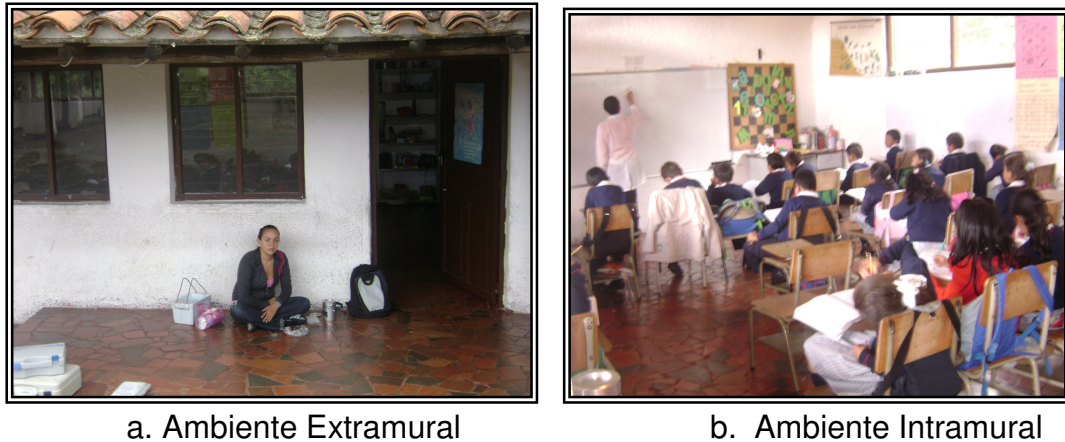
Fuente: Las autoras, 2009

2.2.4 Punto Blanco Municipio de Guatavita.

Se tomo como punto de referencia punto blanco, para realizar una comparación cualitativa, ya que Guatavita presente condiciones ambientales similares a Bogotá. El muestreo se realizo en el Colegio pio X (Figura 10) que se encuentra ubicado en el centro del municipio de Guatavita, se llevo a cabo el mismo protocolo para la toma de muestras; en los diferentes ambientes intramural y extramural, en las diferentes jornadas mañana y tarde.

El municipio de Guatavita no presenta industrialización en su zona urbana que generen contaminación atmosférica, basa su economía en la ganadería y la agricultura; sus principales productos son la papa, la arveja, el haba, el trigo, el maíz, entre otros, también se practica la minería en cuanto al carbón. Su suelo es muy productivo (Gonzalo, 2008)

Figura 10. Muestreo en el Colegio Pio X.



Fuente: Las autoras, 2009.

2.3 PERIODO DE MUESTREO

El periodo de muestreo se realizo durante seis meses, distribuido en dos fases; la primera fase se tomaron 6 muestras dos veces por semana en jornadas mañana y tarde, en ambientes intramural y extramural como se tomaban con tres medios diferentes de Agares se tomaban 36 muestras durante el día, en los diferentes jardines dicho procedimiento puede consultarse con más detalle en el Anexo B; terminado este muestreo se colocaron los dos Helechos (*Nephrolepis*) dentro de los jardines, dejando un periodo de adaptación de dos meses al cabo de los cuales se reanudaron los muestreos con el mismo intervalo inicial para completar 12 muestreos en total.

2.4. ANALISIS MICROBIOLOGICO

2.4.1 Muestreo.

Para la recolección de las muestras se utilizaron dos equipos colectores microbiológicos de gérmenes aéreos el MÁS 100 Merck® y MAS 100 ECO® (Figura 11).

Figura 11. Equipos utilizados para muestras de aire.



a. MÁS 100 Merck®



b. MAS 100 ECO®

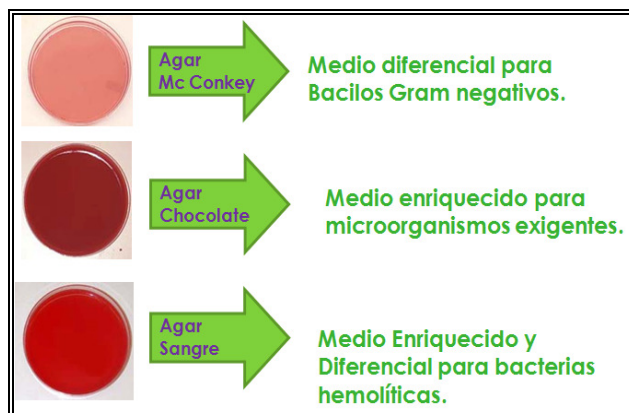
Fuente: Las Autoras, 2009.

Son instrumentos muy eficaces, basado en el principio de muestreador de aire de Anderson, que aspira el aire a través de una placa perforada. La corriente de aire resultante y las partículas que contienen se dirigen hacia la superficie de agar de la caja de Petri, este sistema mide la corriente de aire entrante y regula el aire aspirado para obtener un caudal constante de 500 litros durante 5 minutos, ya que este flujo permite una óptima recuperación de gérmenes ambientales y evita el re secamiento del medio de los diferentes medios de cultivo en la placa. (Meier y Zingre, 2000)

2.4.2 Medios de cultivo empleado para el muestreo.

La muestra microbiológica se recolectó por succión según el protocolo para aislamiento primario en: agar Sangre para recuperación de bacterias de crecimiento rápido y conteo de UFC; agar Chocolate suplementado con ISOVITALEX, para facilitar el desarrollo de microorganismos exigentes; agar Mc Conkey para el aislamiento de bacterias Gram negativas (Figura 12). El procedimiento general para la preparación de medios de cultivo, se describen de manera más detallada en el Anexo C.

Figura 12. Medios utilizados para el Muestreo Microbiológico.



Fuente: Las Autoras, 2009.

2.4.3 Aislamiento e identificación de microorganismos.

Los agares Sangre y Chocolate se incubaron durante 24 a 48 horas, en atmosfera 5-10 % de CO₂, a una temperatura de 37 °C; el agar Mac Conkey se incubó durante 24-48 horas a 37°C, véase más detalle en Anexo D.

Se realizó el estudio micro y macroscópico de las colonias obtenidas y por resiembras por agotamiento se obtuvieron cultivos axénicos para su

caracterización por pruebas bioquímicas convencionales utilizando sistemas multipruebas y pruebas simples: para realizar la identificación de especies encontrados en el periodo de muestreo, se utilizaron los criterios del Manual de Bergey.

2.4.4. Codificación De Muestreo

Para facilitar el procesamiento e identificación de los microorganismos de cada punto de muestreo, se creó una codificación para etiquetar las muestras con los datos de fecha, sitio, jornada y ambiente (véase anexo E).

2.5 CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO

Para garantizar la veracidad de los datos durante todo el procesamiento de las muestras se realizó control de esterilidad y eficiencia a todos los lotes de los medios de cultivo preparados, dicho procedimiento puede consultarse con más detalle en Anexo F.

2.6 CONTEO DE UFC

Se realizó el recuento a partir del crecimiento en Agares Chocolate y Sangre (Figura 13), los resultados de las unidades formadoras de colonia (UFC) se promediaron.

Figura 13. Muestreo en placa de Agar Sangre.



Fuente: las autoras, 2009.

2.7 CÁLCULOS DE LAS UFC/m³.

Las UFC se expresan en función del volumen en (m³) de aire muestreado por el equipo (UFC/m³). Como se ilustra en la Ecuación 1.

Ecuación 1. Unidad Formadora de Colonia.

$$\frac{UFC}{m^3} = \left(\frac{\sum UFC \text{ Agar Sangre} + UFC \text{ Agar Chocolats}}{V \text{ del Aire Muestreado}} \right)$$

Fuente: Manual MÁS 100.

Los datos obtenidos de los conteos, se corrigieron por el método de estadístico de Feller (véase Anexo G).

2.8 PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO EXPLORATORIO DE LOS HELECHOS (*Nephrolepis*) EN LOS TRES JARDINES INFANTILES EN EL AMBIENTE INTRAMURAL.

Los muestreos se realizaron en dos fases; En la primera fase se tomaron muestras, véase más detalle en el Anexo B, el periodo que comprende desde el 24 de septiembre hasta el 25 de noviembre del 2008. La segunda fase empezó el 26 de noviembre del 2008 cuando colocamos los helechos (*Nephrolepis*) en los salones de sala - cuna; teniendo en cuenta los sitios en donde los niños no tuvieran acceso a ellos, también se ubico de manera estratégica para que tuvieran influencia de luz solar y buena ventilación; lo cual fue muy difícil por las características físicas de los salones ya que estos solo tiene al acceso principal dos ventanas. Para su adaptación al medio se dejaron allí por un período de cuatro meses, llevando un control constante de supervivencia debido a que las condiciones de humedad, temperatura fueran aptas para su crecimiento y adaptación, para esto se trabajo conjuntamente con las profesoras de cada jardín donde se ubicaron los helechos (*Nephrolepis*) debido a que ellas se encargaron de suminístrales agua dos veces por semana. Ya pasado los cuatro meses de adaptación iniciamos la toma de muestras a partir del 30 de marzo hasta el 02 de junio del 2009 siguiendo el mismo procedimiento que se efectúo en la primara fase.

2.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Los resultados obtenidos se analizaron mediante el programa estadístico SPSS Versión 16, utilizamos este programa ya que es útil para el análisis multivariado, a los métodos de recolección, descripción, visualización y resumen de datos originados a partir de los fenómenos en estudio. Los datos pueden ser resumidos

numérica o gráficamente. Con la ayuda del programa estadístico SPSS se realizó las correlaciones de Spearman's, esta tuvo como fin hacer una relación de cada una de las localidades de estudio, teniendo en cuenta la concentración de Unidad Formadora de Colonia (UFC/m³) y las condiciones atmosféricas.

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 Spearman's, se uso esta prueba no paramétrica ya que los datos no tenían un comportamiento normal.

Con esto determinamos las relaciones y el nivel de influencia de parámetros meteorológicos, contaminantes atmosféricos y condiciones ambientales sobre la concentración de microorganismos.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

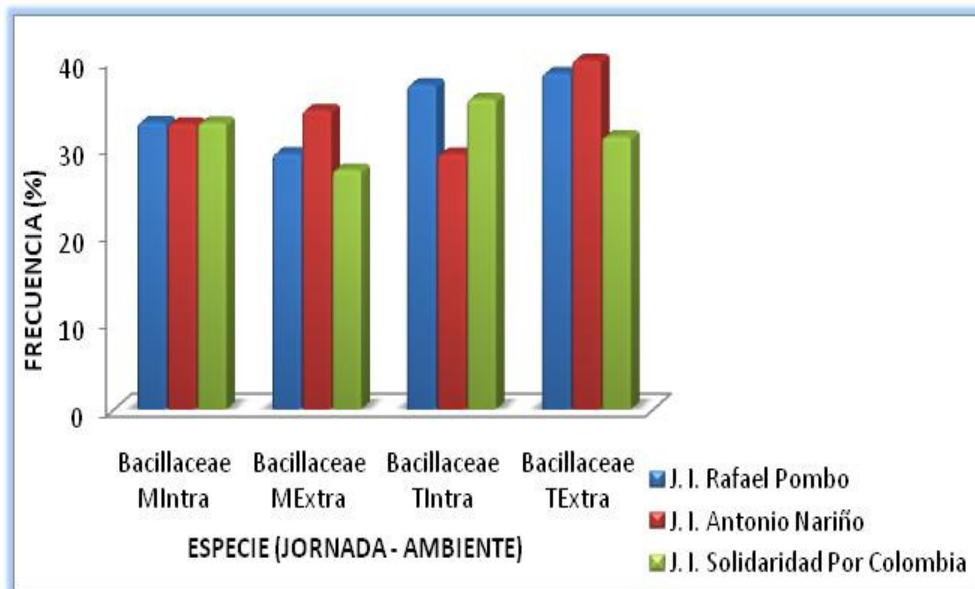
3.1 FAMILIAS DE BACTERIANAS IDENTIFICADAS DURANTE EL PERIODO DE MUESTREO

Durante el periodo de muestreo que se realizó en los diferentes jardines infantiles en las diferentes jornadas (Mañana – Tarde) en los ambientes (Intramural – Extramural), se encontraron 84 especies bacterianas, dentro de las 10 familias encontradas las más destacadas son: *Bacillaceae*, *Micrococcaceae*, *Corynebacteriaceae* y *Enterobacteriaceae*, véase Anexo H.

3.1.1 Frecuencia de familias identificadas en los jardines infantiles.

En la gráfica 1 se observa la frecuencia con que se encontró la familia *Bacillaceae* en los tres jardines infantiles: en el jardín infantil Antonio Nariño se encontró con un frecuencia del 40% y en un 38.5% jardín infantil Rafael Pombo en el en el ambiente extramural en la jornada de la tarde, en cuanto a los demás Jardines Infantiles en las diferentes jornadas la frecuencia de esta familia disminuye con respecto a las otras dos, pero siguen siendo relativamente altas. Dentro de esta familia *Bacillaceae*, se encontró con mayor frecuencia el género *Bacillus* el cual está compuesto por bacilos gram-positivos grandes caracterizados por su capacidad para producir endosporas (Jawetz y Adelberg, 1996), La mayoría de especies de este género se encuentran en mayor proporción en muestras de suelo, aire y polvo ya que forman parte de la flora normal del ambiente (Joklil y Zinsser, 1996). Los *Bacillus* tienen una resistencia natural de las esporas que producen ya que les permite sobrevivir largos períodos, cuando son transportadas por el aire (Jawetz y Adelberg, 1996), por lo que se encuentran en los diferentes jardines, ambientes y jornadas.

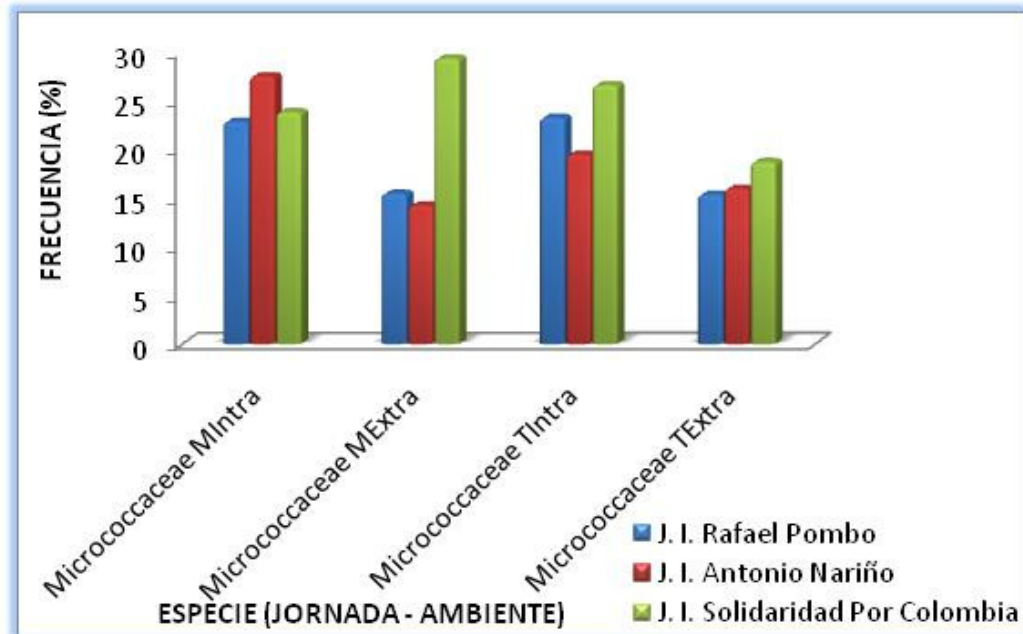
Gráfica 1. Distribución de la familia *Bacillaceae* en los tres jardines infantiles en las diferentes jornadas y ambientes.



Fuente: Las autoras, 2009.

La gráfica 2 muestra la distribución familia *Micrococcaceae* en los tres jardines infantiles. Se observa que en el Jardín Infantil Solidaridad por Colombia se encuentra con mayor frecuencia en un 29.41% en la jornada de la mañana en el ambiente extramural, mientras que para Jardín Infantil Antonio Nariño en la jornada de la mañana en el ambiente intramural se ve una frecuencia de 27.58%, en cuanto a los demás Jardines Infantiles en las diferentes jornadas la frecuencia de esta familia disminuye con respecto a las otras dos, ya que tienen una frecuencia entre el 26% y 14.28% en las diferentes ambientes y jornadas. la *Micrococcaceae* es muy abundante en la naturaleza, viéndose aislado más frecuentemente del polvo y del agua, a menudo se encuentra en utensilios y equipos usados en alimentación que no han sido adecuadamente limpiados e higienizados (Koneman, 1998).

Gráfica 2. Distribución de la familia *Micrococcaceae* en los tres jardines infantiles en las diferentes jornadas y ambientes.

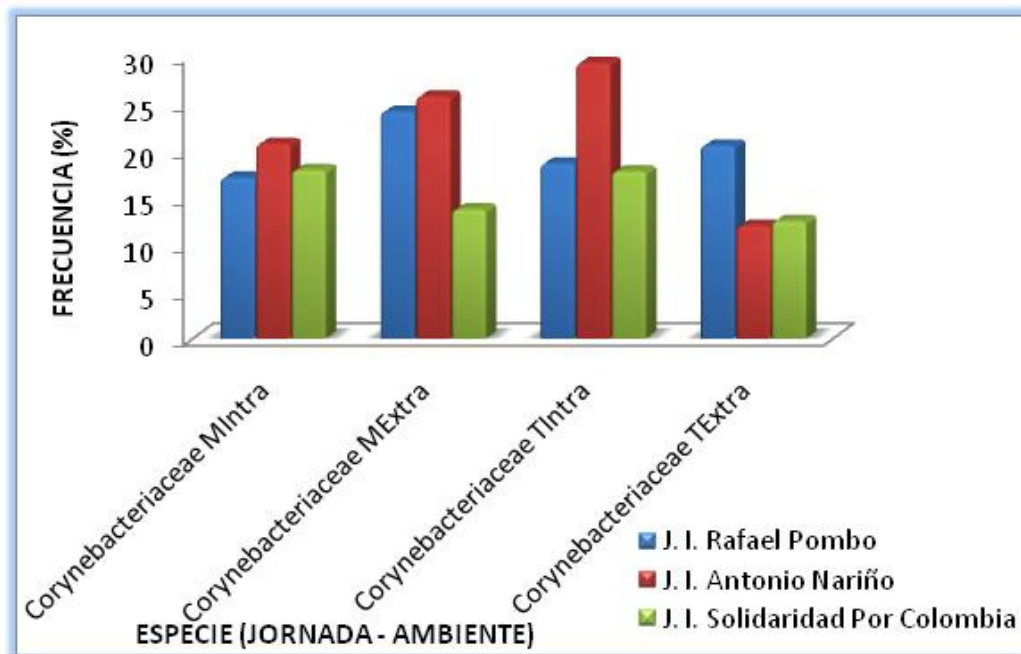


Fuente: Las autoras, 2009.

Al observar la gráfica 3 se puede determinar la presencia de la familia *Corynebacteriaceae*, se presenta con mayor frecuencia en el Jardín Infantil Antonio Nariño en un 29.26% en el ambiente intramural en la jornada de la tarde, en los demás jardines se ve un descenso en todos los ambientes y jornadas, pero se mantiene una frecuencia entre el 25.71% y el 12%. La *Corynebacteriaceae* son bacilos gram-positivos, catalasa positiva, no forman esporas, hacen parte de la flora normal del humano, pueden encontrarse en el ambiente y estar asociados con animales (Pelzar, 1998), el *Corynebacteriaceae diptheriae* es el patógeno humano más importante dentro de esta familia. La *Corynebacteriaceae* se ha considerado como poco importante en cuanto a patologías del ser humano, sin embargo en personas con inmunodeficiencias pueden asumir el papel de

invasores oportunistas, causando principalmente infecciones cutáneas, neumonía, endocarditis (Koneman,1998).

Gráfica 3. Distribución de la familia *Corynebacteriaceae* en los tres jardines infantiles en las diferentes jornadas y ambientes.

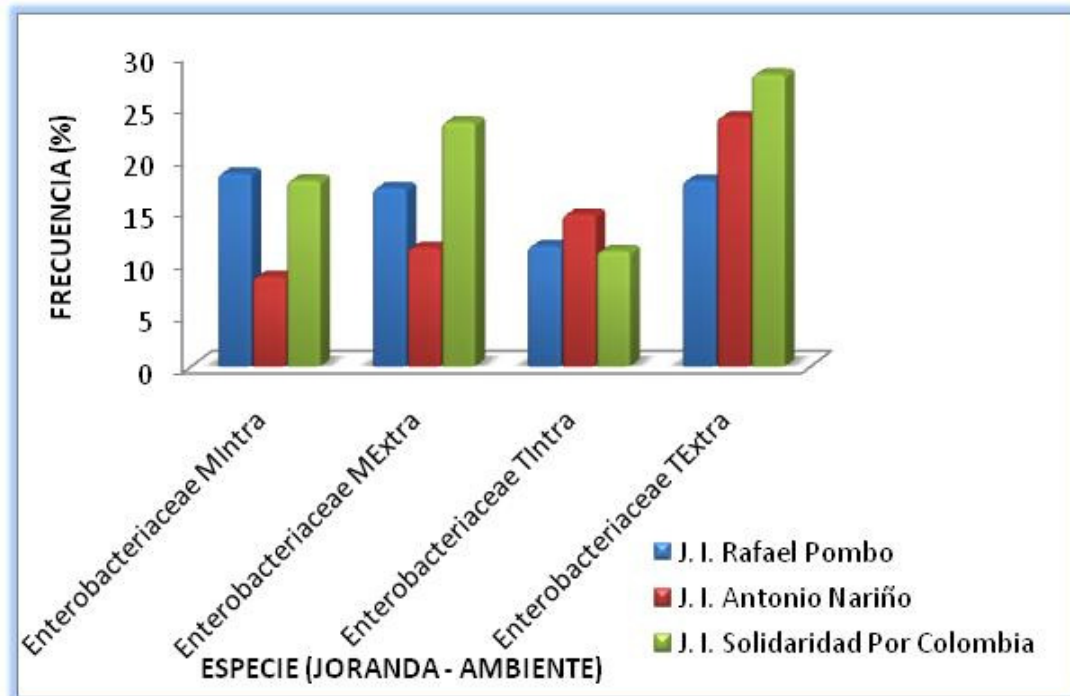


Fuente: Las autoras, 2009.

Para la gráfica 4 se puede observar que la familia *Enterobacteriaceae* tiene un descenso con respecto a las familias anteriores, en el Jardín Infantil Solidaridad por Colombia se encuentra con una frecuencia del 28.12% en el ambiente extramural jornada de la tarde, en la grafica se observa que este jardín es el que más presencia tiene de la familia *Enterobacteriaceae*, en los demás jardines se encuentra en una frecuencia entre el 24% y 8% en los diferentes ambientes y jornadas. La familia *Enterobacteriaceae* son bacilos gram-negativos pequeños no formadores de esporas que pueden ser móviles o inmóviles (Joklil, 1996), la mayor parte de las especies de esta familia no son patógenas, sino microorganismos

oportunistas que pueden infectar cualquier sitio del organismo cuando encuentren un huésped alterado o inmunodeficiente (Famiglietti, 2005); está compuesta de microorganismos ubicuos, que se encuentran en forma universal en el suelo, el agua y la vegetación, y forman parte de la flora intestinal normal de muchos animales, dentro de los que están los seres humanos (Madigan *et ál*, 2003), los miembros de esta familia forman parte de la microbiota del intestino bacilos y cocobacilos Gram negativos (llamados coliformes) y de otros órganos del ser humano y de otras especies animales, son abundantes en la naturaleza, en particular en medios húmedos y, por ser expulsadas por las heces, funcionan como medidores epidemiológicos de salubridad e higiene poblacional (Joklil, 1996). En todos estos puntos son zonas residenciales por la cual circulan animales domésticos y callejeros continuamente, a lo cual se puede asociar la presencia de este tipo de microorganismos además se encuentra cerca de corabastos a la cual llegan muchos indigentes en busca de alimentos y también llegan en busca del reciclaje en los puntos de almacenamiento de las basuras siendo estos focos de contaminación.

Gráfica 4. Distribución de la familia *Enterobacteriaceae* en los tres jardines infantiles en las diferentes jornadas y ambientes.



Fuente: Las autoras, 2009.

Se observó que las familias más frecuentes que aparecieron durante el período de muestreo fueron *Bacillaceae*, *Micrococcaceae* y *Corynebacteriaceae* estos son microorganismos Gram positivos; 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 (Famiglietti, 2005), siendo esto 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 (Murray *et ál*, 1999)

La *Enterobacteriaceae* son bacilos gram-negativos pequeños no formadores de esporas que pueden ser móviles o inmóviles, la mayor parte de las especies de esta familia no son patógenas, sino microorganismos oportunistas que pueden infectar cualquier sitio del organismo cuando encuentren un huésped alterado o inmunodeficiente, la especie más importante en el ser humano es la *Escherichia coli*, ya que este es un indicador de contaminación (Murray *et ál*, 1999).

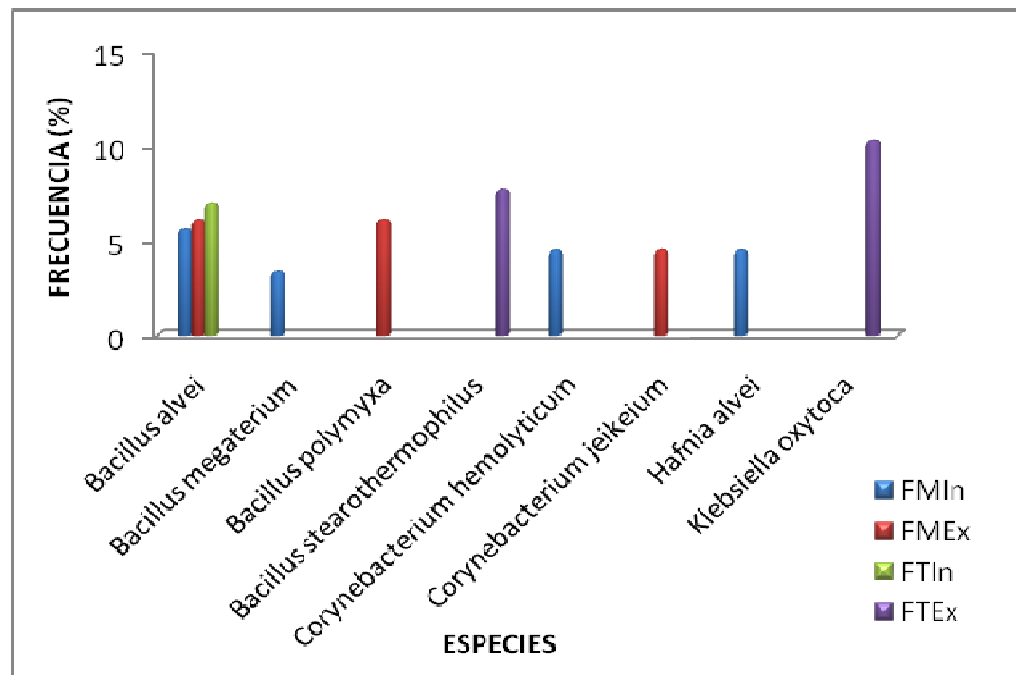
3.1.2 Frecuencia de especies identificadas en los jardines infantiles.

En la gráfica 5 en la localidad de Fontibón en el Jardín Infantil Rafael Pombo, se observa con mayor frecuencia en el ambiente extramural jornada tarde la *Klebsiella oxytoca*; este es un microorganismos oportunista que está relacionado con infección nosocomial. En segundo lugar se encontró el *Bacillus Stearothermophilus*; su presencia puede estar relacionada con la descomposición de productos alimenticios (Madigan *et ál*, 1996).

En el ambiente intramural jornada mañana se presenta el *Bacillus alvei*, seguida de *Bacillus Polimyxa* y *Bacillus megaterium*, todas estas bacterias están presentes en el aire, suelo, agua y en materia en descomposición (Pelzar, 1998). El *Corynebacterium jeikium* es una especie patógena para el ser humano, generalmente esta en el ambiente, pero no siempre causa enfermedad (Koneman, 1998) su alta presencia en este punto de muestreo, puede estar relacionada con las condiciones en la que estos microorganismos se desarrollan como lo son las heces, el suelo y las plantas características permanentes en el sitio de muestreo. *Hafnia alvei* que se presenta en el ambiente intramural en la jornada de la mañana, es habitualmente un microorganismo colonizador y sólo en casos excepcionales se comporta como patógeno, la afectación pulmonar es

poco frecuente y aparece asociada a su capacidad de generar rápidamente resistencias como a la ventilación mecánica (Murray *et ál*, 1999).

Gráfica 5. Especies más frecuentes durante el periodo de muestreo en el jardín Rafael Pombo.

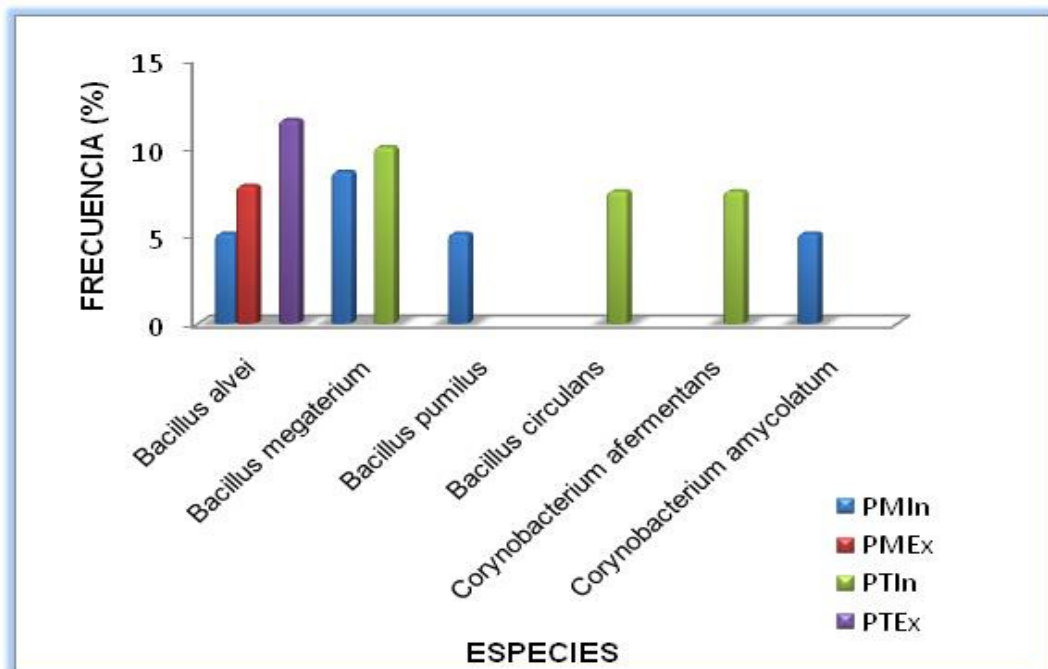


Fuente: Las autoras, 2009.

Para la gráfica 6 en la localidad de Puente Aranda en el jardín infantil Antonio Nariño se observa la presencia de la familia *Bacillaceae*; *Bacillus alvei* se encuentra con mayor frecuencia en los diferentes ambientes pero en especial en el ambiente extramural jornada tarde, seguida de el *Bacillus megaterium*, el *Bacillus circulans* y *Bacillus pumilus*, son microorganismos que están presentes en el aire, suelo, agua y en materia en descomposición (Pelzar, 1998), también forman parte de la flora normal de los humanos. La especie *Corynebacterium afermentans* y *Corynebacterium amycolatum* su frecuencia no es alta y se

encuentra en el ambiente intramural en las jornadas mañana y tarde, estas son bacterias oportunistas que se encuentra suspendidas en el aire y están presentes además en el suelo, heces y en la flora normal de las humanos y animales (Famiglietti, 2005).

Gráfica 6. Especies más frecuentes durante el periodo de muestreo en el jardín infantil Antonio Nariño.



Fuente: Las autoras, 2009.

La gráfica 7 muestra que en la localidad de Kennedy en el jardín infantil Solidaridad por Colombia hay una gran presencia de la familia *Bacillaceae*, se encontraron dos especies diferentes a las anteriormente mencionadas se encontró el *Bacillus subtilis* en el ambiente intramural y extramural en las diferentes jornadas, se considera una especie patógena oportunista, implicadas en infecciones de piel, de ojos, de heridas y eventualmente en intoxicaciones alimenticias (Palacios, 2008), su dominancia se atribuye parcialmente a la

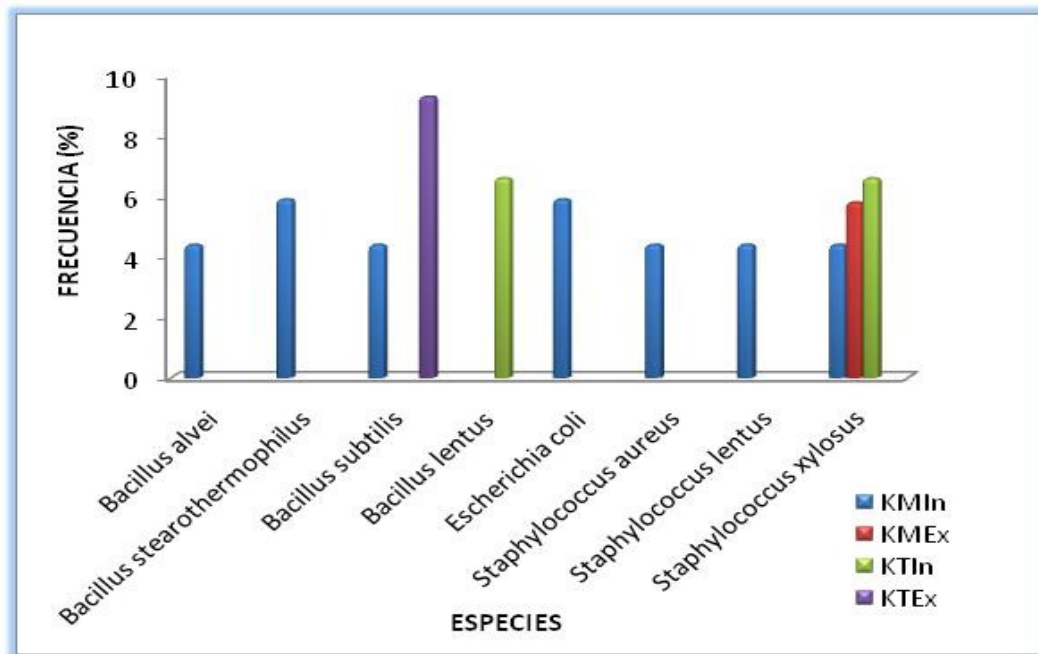
tolerancia de sus esporas a la radiación de luz ultravioleta (UV), además de que soportan la desecación y la elevada temperatura que puede suceder en el aire, lo que elimina bacterias no esporuladas (Murray *et ál*, 1999); también se encontró el *Bacillus lentus* considerado no patógeno, forma parte de la flora normal de los humanos y animales (Madigan *et ál*,1996).

La frecuencia del *Staphylococcus xylosus* es mayor en la jornada de la tarde en los ambientes intramural y extramural, seguido del *Staphylococcus lentus* encontrado en el ambiente intramural en la jornada de la mañana, estos son comunes en la mucosa y en la piel de los humanos y de otros mamíferos y aves (Koneman, 1998).

Staphylococcus aureus se encontró con menor frecuencia en el ambiente intramural en la jornada de la mañana; es un microorganismo patógeno el cual puede ocasionar enfermedades del aparato respiratorio, además puede producir Neumonía, Meningitis y Endocarditis (Famiglietti, 1996).

Se destaca la presencia de *Escherichia coli* en el ambiente intramural en la jornada de la mañana, estos microorganismos se desarrollan en el suelo, las heces, plantas y contribuyen en la descomposición de la materia orgánica (Madigan *et ál*, 1996). Su presencia puede atribuirse al inadecuado cambio de pañales dentro de la salacuna del jardín Infantil Solidaridad por Colombia, también a los alrededores se encuentran animales domésticos de los vendedores ambulantes, y estos hace que a los alrededores de este sitio se presentan acumulación de residuos los cuales no se les han hecho una disposición adecuada siendo un vector que puedo atraer la presencia de moscas o zancudos.

Gráfica 7. Especies más frecuentes durante el periodo de muestreo en el jardín infantil Solidaridad por Colombia.



Fuente: Las autoras, 2009.

3.2 EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE BACTERIAS OPORTUNISTAS EN REGIMEN CLIMATICO IMPERANTE EN LOS TRES JARDINES INFANTILES

Para la evaluación de los bacterias oportunista en los tres jardines infantiles de Bogotá, se tendrá en cuenta el clima imperante del día en que fueron realizados los muestreos, y se clasificaran en condiciones climáticas similares, para poder establecer la influencia de los factores meteorológicos en la obtención de las especies más frecuentes durante el tiempo de recolección de las muestras.

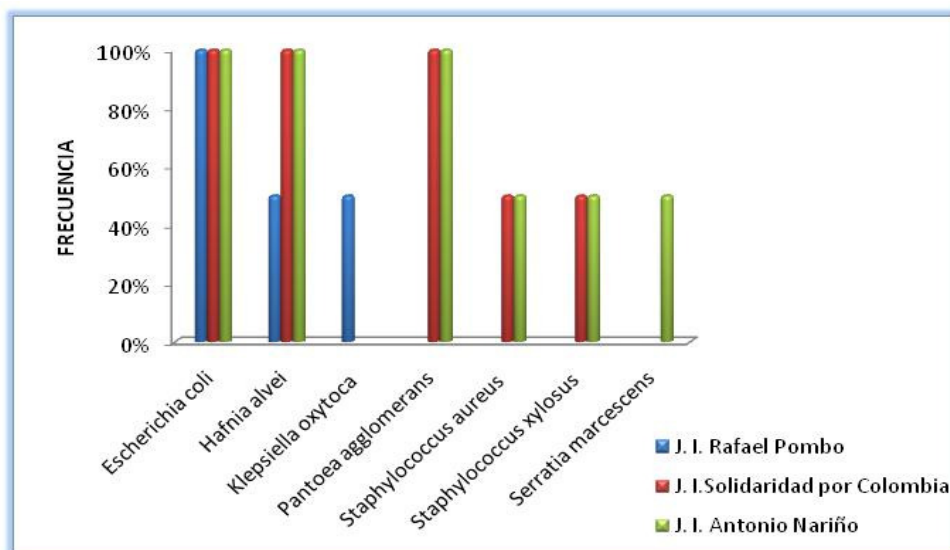
Las especies oportunistas que presentan una mayor tolerancia a la contaminación se encuentran en la mayoría de los lugares de muestreo, es decir, tanto en lugares sin contaminación, donde los factores climáticos favorecen altamente su

crecimiento y desarrollo, así como también en lugares donde el incremento en contaminación puede hacerse evidente por fuentes como mal manejo sanitario, estas especies se adaptan a la situación.

3.2.1 Evaluación de las bacterias oportunistas en periodos húmedos en los tres Jardines Infantiles.

En los muestreos realizados en marzo, abril, mayo y junio de 2009, en los tres jardines infantiles, las condiciones meteorológicas en estos días fueron similares, se presentaron días fríos y lluviosos, con una temperatura promedio de 16 °C, con intensos vientos y abundante humedad relativa (Véase Anexo I). Las bacterias oportunistas que se encontraron en estos días de muestreo, se relacionan en la gráfica 8.

Gráfica 8. Bacterias oportunistas en periodo húmedo en los tres jardines infantiles.



Fuente: las autoras, 2009.

Como se observa en la gráfica anterior, los microorganismos oportunistas de mayor aparición en los tres jardines infantiles en periodo húmedo, fueron *Escherichia coli* y *Hafnia alvei*, estos factores favorecen la supervivencia de los bacterias oportunistas , ya que las bajas temperaturas que se alcanzaron no son significativas para su desarrollo, pero las altas precipitaciones si afectan su permanencia en el ambiente, arrastrando los microorganismos y depositándolos en el suelo, evitando de esta forma que estos permanezcan suspendidos en el aire y lleguen a afectar la salud de las personas (Heredia, 2005).

La frecuencia de bacterias oportunistas en periodos húmedos, comparada con el periodo seco, es baja, ya que las corrientes de aire en estos días de muestreo fueron intensas, interfiriendo en la flotación y movimiento de las especies, causando menor aparición de estas en los puntos de muestreos para estas fechas.

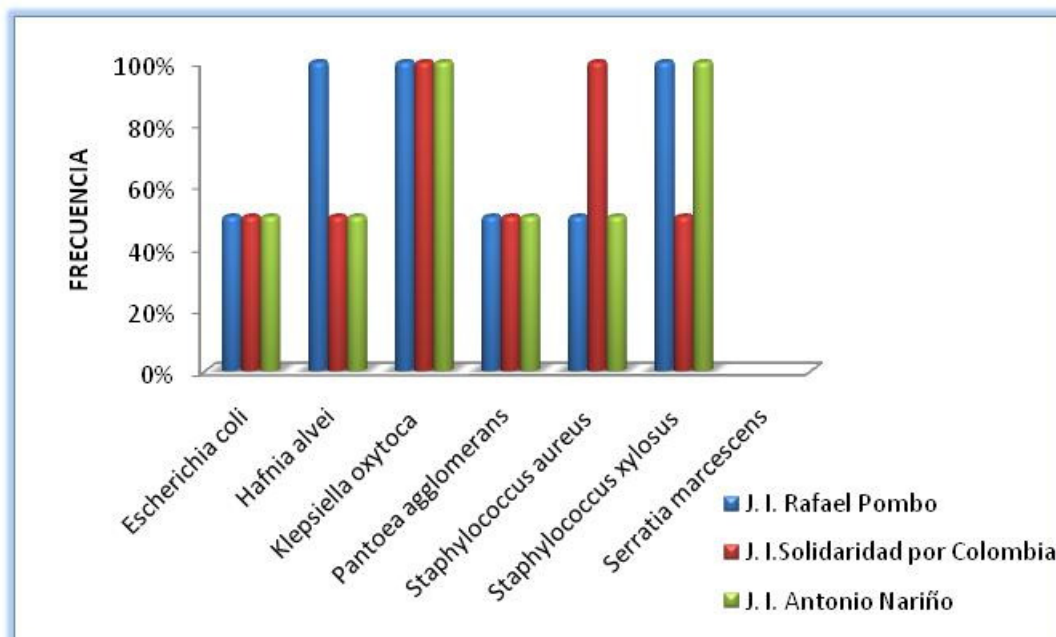
La humedad relativa es un factor influyente en la supervivencia de las especies, si el porcentaje de humedad relativa es muy alto, como se encontró en estos días de muestreo, con valores superiores a 73%, se puede generar lisis osmótica en los microorganismos, produciendo su muerte y disminuyendo así su concentración (Heredia, 2005).

3.2.2 Evaluación de las bacterias oportunistas en periodo seco en los tres jardines infantiles.

En los muestreos realizados en los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2008, y mayo y junio de 2009; las condiciones meteorológicas en estos días fueron similares, se presentaron días soleados con baja presencia de vientos y precipitaciones escasas, el termómetro registro temperaturas de 17.9 °C a 21.3

°C, y la humedad relativa disminuyó en comparación con los anteriores días de muestreo (Véase Anexo I), puede deberse a la falta de humedad determinada por la época seca. Los microorganismos oportunistas que se encontraron en estos días de muestreo, se ilustran en la gráfica 9:

Gráfica 9. Bacterias oportunistas en periodos secos en los tres jardines infantiles.



Fuente: las autoras, 2009.

En periodos secos fue en donde se encontró mayor frecuencia de microorganismos oportunistas, ya que todas las especies tuvieron aparición en todos los puntos de muestreo, con excepción de *Serratia marcescens*.

Las condiciones climáticas de estos días de muestreo, fueron favorables para la supervivencia y permanencia de los microorganismos oportunistas en el ambiente, ya que la radiación solar pudo favorecer la viabilidad de microorganismos fotoautótrofos y la estabilidad de las corrientes de aire.

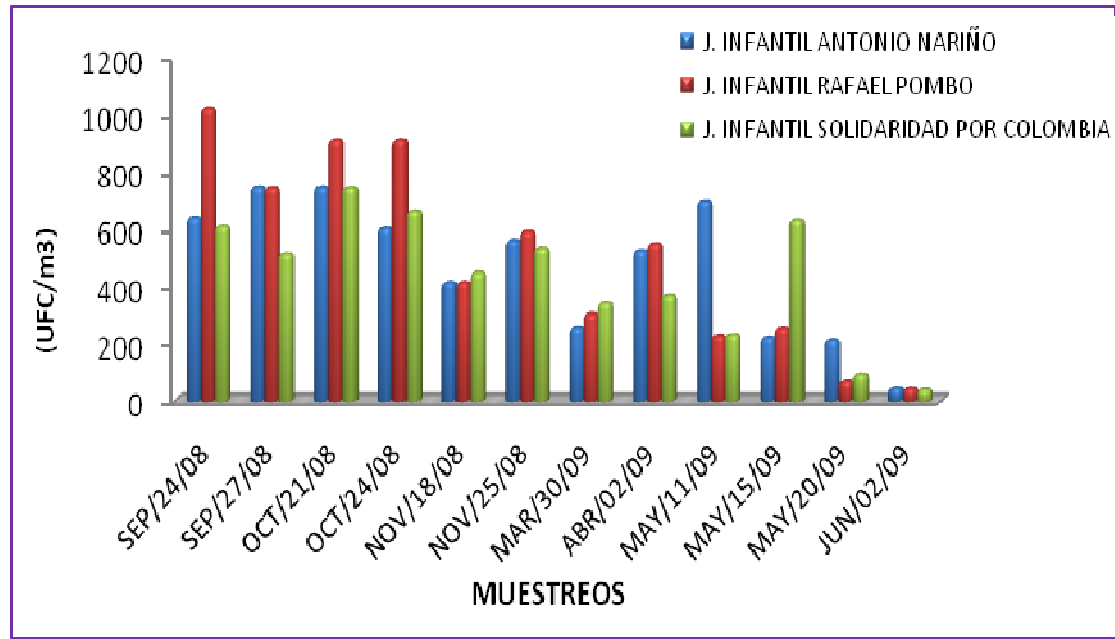
Cuando la humedad relativa se mantiene constante con valores del 60%, la atmósfera contiene el vapor de agua necesario para la supervivencia de los microorganismos, contribuyendo a aumentar la concentración de microorganismos en el aire, como se presentó en estos días de muestreo en donde la humedad relativa se encontró en un promedio del 61%, favoreciendo la permanencia de los microorganismos oportunistas que se encontraron en los tres jardines infantiles.

La reproducción de las bacterias oportunistas en los periodos secos, húmedos y de transición, también depende de su grado de efectividad y de las características de resistencia de cada uno, además algunos microorganismos que no encuentran las condiciones apropiadas para sobrevivir bajan su tasa metabólica y utilizan mecanismos como la formación de esporas y quistes que les permite resistir a condiciones adversas durante largos periodos de tiempo, recuperándose hasta que impactan sobre un organismo o un medio con las condiciones optimas para crecer o infectar (Murray, 1995).

3.4 CONCENTRACIÓN DE BACTERIAS

La gráfica 11 muestra el comportamiento de la concentración de (UFC/m³) durante el periodo de muestreo en los diferentes jardines infantiles, se observa que independiente de la distancia y de las condiciones meteorológicas y ambientales de los jardines se obtuvo una oscilación similar entre las concentraciones.

Gráfica 11. Concentración de bacterias encontradas durante el periodo de muestreo en los diferentes jardines infantiles.



Fuente: Las autoras, 2009.

En el Jardín infantil Rafael Pombo se observa un alto índice de concentración de UFC/m³, unas de las posibles causas es la alta presencia de flujo vehicular esto se le puede atribuir a los gases emitidos puede incrementar la susceptibilidad a infecciones respiratorias, las calles sin pavimentar; algunos de los muestreos realizados coincidió con el barrido de calles por parte de la empresa de Servicios Públicos, lo cual pudo haber influido en las altas concentraciones de UFC/m³ en este jardín infantil.

En el jardín infantil Antonio Nariño se observa un nivel de concentración menor en las UFC/m³, puede deberse a la baja presencia de flujo vehicular pero teniendo en cuenta que existe una alta densidad poblacional, ya que en este punto se encuentra una zona de recicladores y la cárcel modelo de Bogotá.

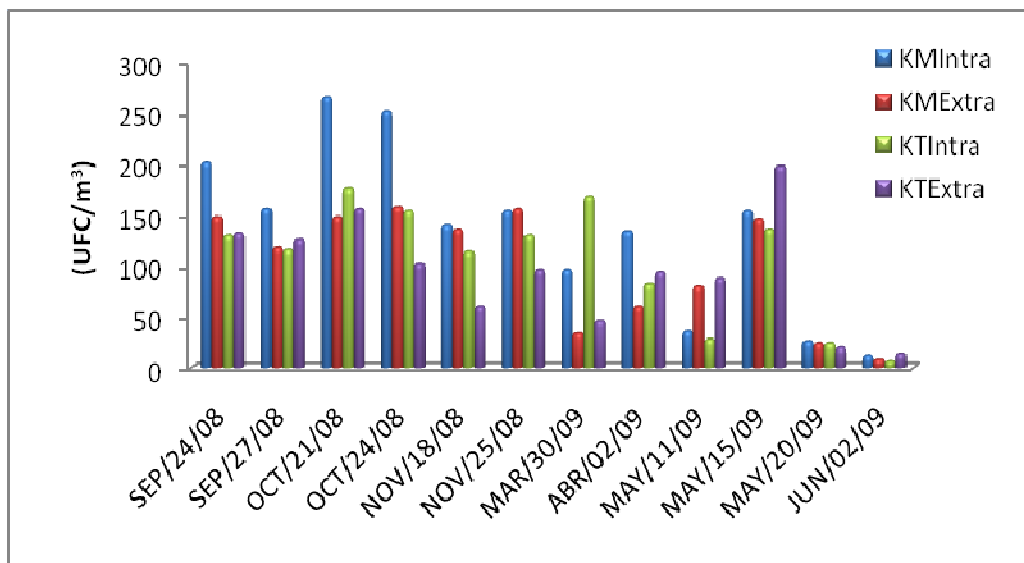
En el Jardín Infantil Solidaridad por Colombia se observa que hay menor concentración de UFC/m³ con respecto a los otros jardines, aunque es un jardín bastante expuesto por la actividad económica que labora en sus alrededores, es un jardín que posee instalaciones con bastante ventilación y zonas verdes.

En una Ciudad como Bogotá una persona al aire libre en promedio inhala en cada respiración más de 10 millones de partículas microscópicas y submicroscópicas. Esta nube personal a su vez esta influenciada por los llamados microambientes: el aire de una habitación, un salón, la vivienda, al interior de un bus, en el paradero. Igualmente, está influenciada por la calidad del aire extramural, es decir, del barrio, la localidad y la ciudad.

3.4.1 Comportamiento de la concentración de unidad formadora de colonia en los diferentes ambientes y jornadas en la localidad de Kennedy en el Jardín Infantil Solidaridad por Colombia.

Al observar la gráfica 12 que la concentración de UFC/m³ (Véase el Anexo J) presente en los ambientes intramural en las jornadas mañana y tarde es mucho mayor a la registrada en el ambiente extramural. Se puede decir que los causantes de esta contaminación intramural se debe a los gases generados por la cocina, también se realiza aseo constantemente causando un levantamiento de polvo, además los productos de limpieza que se usan, todo esto se va acumulando durante toda la jornada generando medios necesarios para que las bacterias subsistan. Las concentraciones extramurales se mantienen constantes se debe a las emisiones producidas por los vehículos y también el mal estado en que se encuentra la vía principal contribuyen a la concentración de UFC/m³.

Gráfica 12. Concentración de las UFC/m³ en el jardín infantil Solidaridad por Colombia en el ambiente intra y extramural en las jornadas mañana y tarde.



Fuente: Las autoras, 2009.

En la tabla 2 nos muestra que hay una correlación positiva entre contaminación del aire intramural y extramural; esto se debe a que este jardín se encuentra altamente expuesto a la contaminación extramural ya que se encuentra frente a la vía principal que es la carrera 38 de la central de corabastos y sus instalaciones se encuentra separadas solo por una malla metálica.

Tabla 2. Correlación de los ambientes intra y extramural en las jornadas mañana y tarde en el jardín infantil Solidaridad por Colombia.

Correlations				
			KMintra	KMExtra
Spearman's rho	KMintra	Correlation Coefficient	1,000	,874**
		Sig. (2-tailed)	.	,000
		N	12	12
	KMExtra	Correlation Coefficient	,874**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,000	.
		N	12	12
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).				

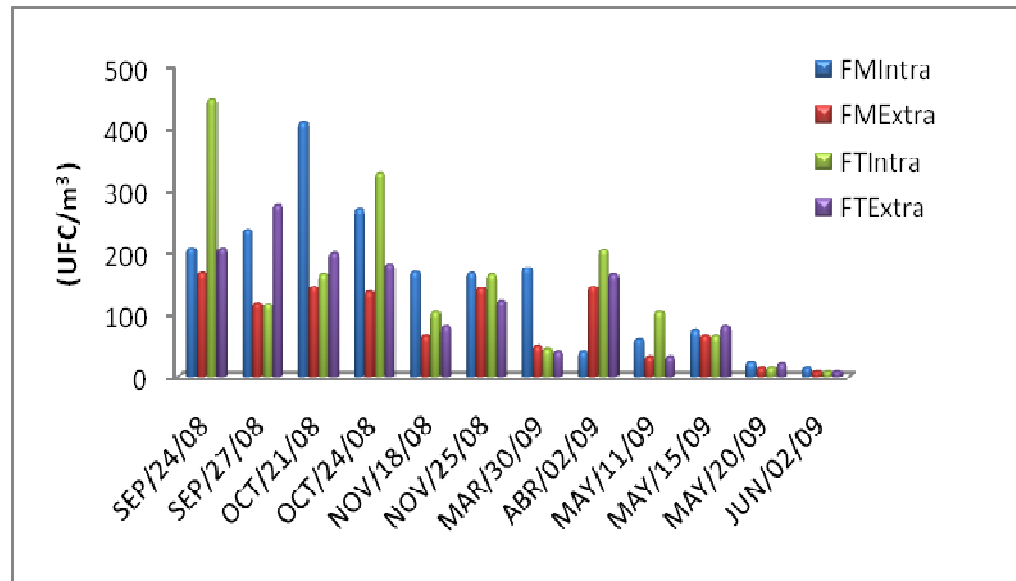
			KTIntra	KTEExtra
Spearman's rho	KTIntra	Correlation Coefficient	1,000	,641*
		Sig. (2-tailed)	.	,025
		N	12	12
	KTEExtra	Correlation Coefficient	,641*	1,000
		Sig. (2-tailed)	,025	.
		N	12	12
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).				

Fuente: Las autoras, 2009.

3.4.2 Comportamiento de la concentración de unidad formadora de colonia en los diferentes ambientes y jornadas en la localidad de Fontibón en el Jardín Infantil Rafael Pombo.

Se observa en la gráfica 13 que en el ambiente intramural en las diferentes jornadas hay mayor concentración de UFC/m³ con respecto de a la extramural (Véase el Anexo K), se debe a los factores ambientales del lugar como; la ventilación del cuarto donde permanecen los niños es deficiente y se ve afectado por que la sala cuna queda contigua a la cocina; el daño por fugas de agua por su relación con la humedad, también el uso de productos de limpieza, la presencia de polvo que se va acumulando durante el día.

Gráfica 13. Concentración de las UFC/m³ en el jardín infantil Rafael Pombo en el ambiente intra y extramural en las jornadas mañana y tarde.



Fuente: Las autoras, 2009.

La tabla 3 nos muestra una correlación entre el ambiente intramural y extramural, debido a que hay influencia de la contaminación extramural hacia el interior del jardín. Porque hay una significancia menor a 0,05 afirmando la hipótesis de que lo extramural influye en lo intramural; esto se debe a que aledaño al flujo vehicular que produce emiten gases, también las obras en construcción que se encontraban aledañas al jardín que generaban levantamiento de polvo.

Tabla 3. Correlación de los ambientes intra y extramural en las jornadas mañana y tarde en el jardín infantil Rafael Pombo.

Correlations				
			FMintra	FMExtra
Spearman's rho	FMintra	Correlation Coefficient	1,000	,600*
		Sig. (2-tailed)		,039
		N	12	12
	FMExtra	Correlation Coefficient	,600*	1,000
		Sig. (2-tailed)	,039	
		N	12	12
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).				
			FTIntra	FTEExtra
Spearman's rho	FTIntra	Correlation Coefficient	1,000	,831**
		Sig. (2-tailed)		,001
		N	12	12
	FTEExtra	Correlation Coefficient	,831**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,001	
		N	12	12
**, Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).				

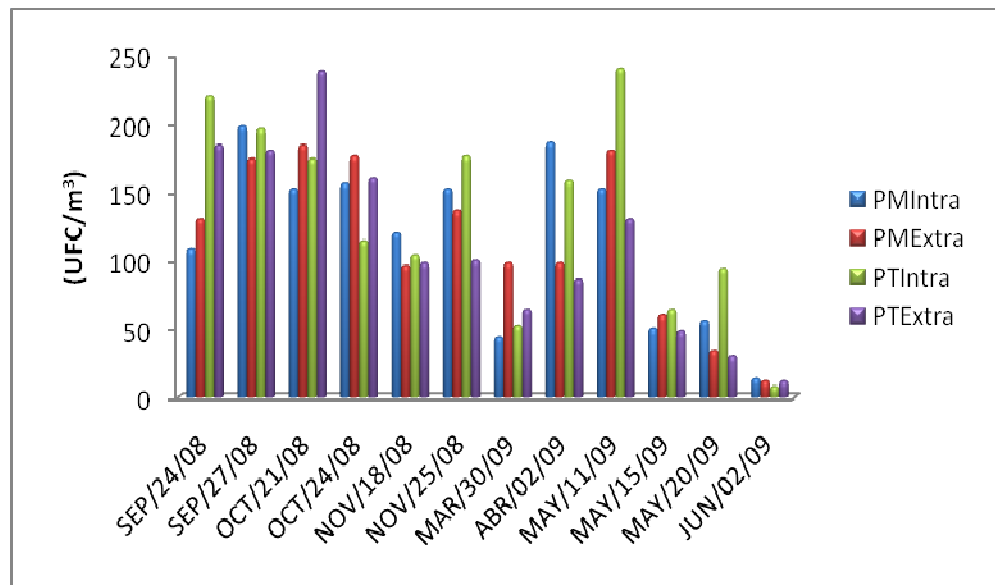
Fuente: Las autoras, 2009.

3.4.3 Comportamiento de la concentración de unidad formadora de colonia en los diferentes ambientes y jornadas en la localidad de Puente Aranda en el Jardín Infantil Antonio Nariño.

Este jardín es el que presenta mayor concentración UFC/m³ (Véase el Anexo L) con respecto a los demás jardines, se puede observar, a partir de la grafica 14, que en condiciones intramurales se están presentando concentraciones de partículas por encima de las concentraciones atmosféricas extramurales, indicando la influencia de la contaminación extramural hacia el interior del jardín, además de algunas fuentes propias del lugar como la combustión en la cocina, ya que esta puede estar mal diseñada y además no está bien ventilada, se encuentra

cerca al salón de salacuna, en el jardín se realiza aseo todos los días, en el día y en la tarde se realiza el barrido de cuartos y salones lo que genera levantamiento polvo constantemente.

Gráfica 14. Concentración de las UFC/m³ en el jardín infantil Rafael Pombo en el ambiente intra y extramural en las jornadas mañana y tarde.



Fuente: Las autoras, 2009.

Al observar la tabla 4 se encuentra una correlación positiva entre contaminación del aire intramural y extramural, indicando la influencia de la contaminación extramural hacia el interior del jardín, esto se debe a que el tránsito de buses y busetas se encuentra a una cuadra del jardín, al lado del jardín hay una zona de recicladores los cuales hacen quemaduras constantes en este sector, a una cuadra también se encuentra un montañita donde constantemente llegan buses y busetas, todos estos contaminantes producidos en este sector se encuentran suspendidos en el aire.

Tabla 4. Correlación de los ambientes intra y extramural en las jornadas mañana y tarde en el jardín infantil Antonio Nariño.

Correlations				
			PMIntra	PMExtra
Spearman's rho	PMIntra	Correlation Coefficient	1,000	,688*
		Sig. (2-tailed)		,013
		N	12	12
	PMExtra	Correlation Coefficient	,688*	1,000
		Sig. (2-tailed)	,013	
		N	12	12
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).				
			PTIntra	PTExtra
Spearman's rho	PTIntra	Correlation Coefficient	1,000	,797**
		Sig. (2-tailed)		,002
		N	12	12
	PTExtra	Correlation Coefficient	,797**	1,000
		Sig. (2-tailed)	,002	
		N	12	12
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).				

Fuente: Las autoras, 2009.

3.5 CORRELACIÓN DE CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y LA CONCENTRACIÓN DE UNIDAD FORMADORA DE COLONIA EN LAS DIFERENTES LOCALIDADES

3.5.1 Kennedy.

La tabla 5 indica que existe una significancia entre la concentración de UFC/m³ con la temperatura y la humedad (Véase el Anexo I). La temperatura está muy relacionada con la humedad, por lo que es difícil separar los efectos que producen ambas, con esto podemos decir que los microorganismos requieren de la humedad para crecer y su crecimiento es máximo cuando disponen de agua

suficiente (Glynn, 1999), y de óptima temperatura. Este jardín se encuentra cerca a la central de abastos y sobre una vía principal, creando un ambiente óptimo para el crecimiento de los mismos cuando se incrementa la temperatura. Los parámetros precipitación y velocidad del viento no tienen relación directa con la concentración UFC/m³.

Tabla 5. Correlación del ambiente extramural en la localidad de Kennedy en el jardín infantil Solidaridad por Colombia.

Correlations			UFC	Temperatura
Spearman's rho	UFC Extra	Correlation Coefficient	1,000	,614*
		Sig. (2-tailed)	.	,034
		N	12	12
	Temperatura	Correlation Coefficient	,614*	1,000
		Sig. (2-tailed)	,034	.
		N	12	12

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Fuente: Las autoras, 2009.

3.5.2 Fontibón.

Observando los datos que contiene la tabla 6, se concluye que hay una significancia en la concentración de UFC/m³ las cuales están relacionadas con la temperatura, precipitación y velocidad del viento para este jardín infantil (Véase el Anexo I). La temperatura es óptima para su existencia, y la precipitación es una estrategia de transporte a través de la atmosfera muy eficaz, ya que en las gotas de aguas existen microorganismos. La velocidad del viento (2,3 - 2,9 m/s) contribuye con el crecimiento, el transporte y les proporciona oxígeno para su supervivencia. En este jardín infantil hay gran espacio que permite la circulación y movimiento del aire, siendo más fácil la dispersión de los microorganismos, además sus instalaciones son amplias. Aunque no existe una relación con la

humedad las especies necesitan de un determinado nivel de humedad en el medio para poder desarrollarse satisfactoriamente.

Tabla 6. Correlación del ambiente extramural en la localidad de Fontibón en el jardín infantil Rafael Pombo.

Correlations						
			UFC Extra	Temperatura	Precipitación	Vel. viento
Spearman's rho	UFC Extra	Correlation Coefficient	1,000	,662*	,582*	-,582*
		Sig. (2-tailed)	.	,019	,047	,047
		N	12	12	12	12

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Fuente: Las autoras, 2009.

3.5.3 Puente Aranda

La tabla 7 indica una significancia entre la concentración de UFC/m³ con la temperatura y la precipitación (Véase el Anexo I), como anteriormente mencionamos estas condiciones atmosféricas favorecen al crecimiento de microorganismos. Este jardín infantil cuenta con pocas entradas de corrientes de aire ya que sus instalaciones son muy cerradas. Los parámetros de humedad relativa y velocidad del viento no tienen relación directa con la concentración UFC/m³, pero se debe tener en cuenta que las especies necesitan de un determinado nivel de humedad en el medio para poder permanecer en el medio ambiente.

Tabla 7. Correlación del ambiente extramural en la localidad de Puente Aranda en el jardín infantil Antonio Nariño.

Correlations			UFC	Temperatura	Precipitación
Spearman's rho	UFC Extra	Correlation Coefficient	1,000	,727**	,581*
		Sig. (2-tailed)	.	,007	,047
		N	12	12	12

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Fuente: Las autoras, 2009.

3.6 CORRELACION DE LAS UNIDADES FORMADORES DE COLONIAS EN EL AMBIENTE INTRAMURAL EN CONDICIONES AMBIENTALES INTRMURALES.

En la tabla 8 podemos observar que hay una correlación de las condiciones intramurales con la temperatura y humedad, En ambas tablas se puede observar que la correlación existente es inversa es decir que a mayor temperatura menor es la humedad relativa y viceversa. Las correlaciones son significativas con un nivel de 0.01, lo cual es bueno y confirmó que la correlación es válida en el estudio.

Podemos decir que la calidad del aire en interiores puede verse afectada por la contaminación del exterior, aunque también por los contaminantes interiores como los procedentes del humo del tabaco, la calefacción y la cocina, o los contaminantes liberados por los materiales de construcción y los productos de limpieza. Esta situación puede empeorar si no se produce un adecuado intercambio de aire con el exterior.

Tabla 8. Correlación del ambiente intramural con temperatura y humedad insitu en las diferentes localidades.

FONTIBÓN Correlations					
Spearman's rho	UFCIntra	Correlation Coefficient	UFCIntra	T	H
		Sig. (2-tailed)	1,000	,807**	,562
		N	12	12	12

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

KENNEDY Correlations					
Spearman's rho	UFCIntra	Correlation Coefficient	UFCIntra	T	H
		Sig. (2-tailed)	1,000	,763**	,588*
		N	12	12	12

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

PUENTE ARANDA Correlations					
Spearman's rho	UFCIntra	Correlation Coefficient	UFCIntra	T	H
		Sig. (2-tailed)	1,000	,646*	,602*
		N	12	12	12

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Fuente: Las autoras, 2009.

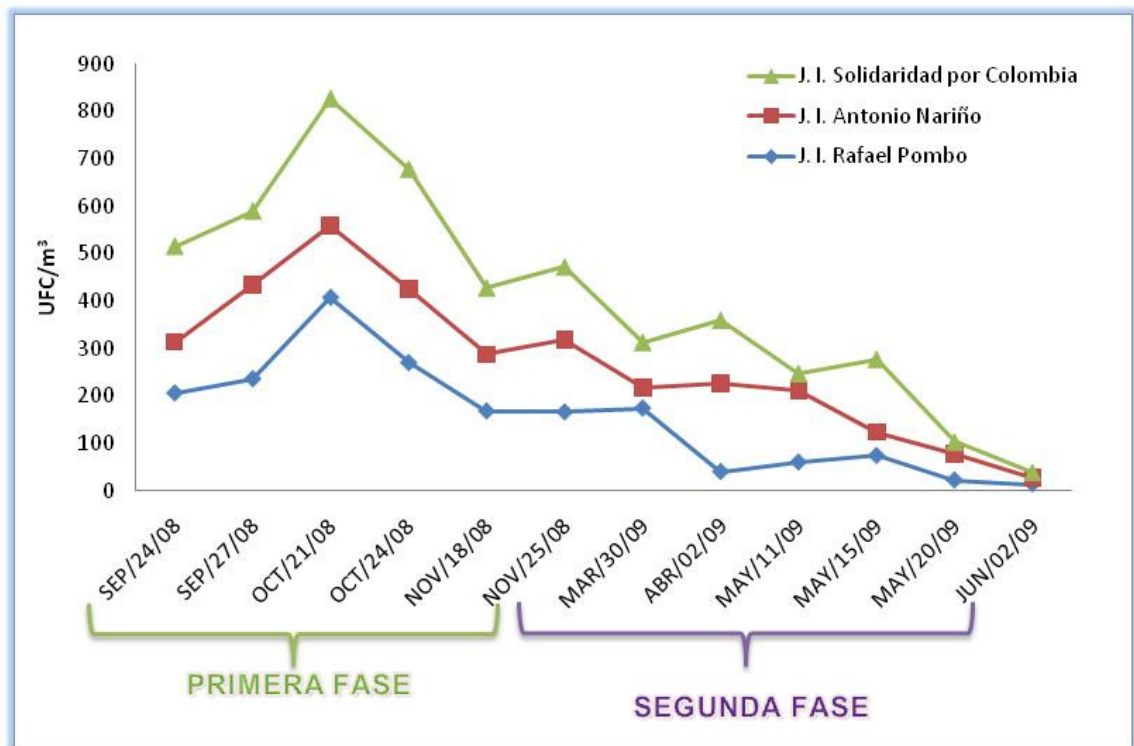
3.7 ESTUDIO EXPLORATORIO CON HELECHOS (*Nephrolepis*)

3.7.1 Comportamiento de la concentración UFC/m³ en los jardines infantiles antes y después de la implementación de los Helechos (*Nephrolepis*).

En la gráfica 15 se observa que el comportamiento de la concentración de UFC/m³ en los tres jardines infantiles es similar; en la primera fase de muestreo las concentraciones son altas debido a los contaminantes intramurales que son propias del lugar debido a que los tres jardines infantiles tienen características similares dentro de los salones de sala – cuna; los baños se encuentran sin ningún aislamiento, las profesoras cambian a los niños en un costado del salón, hay una sección dentro del salón para guardar los elementos de aseo, una zona de lavado y contigua a la sala – cuna se encuentra la cocina, además tiene dos ventanas y el

acceso principal al salón por donde circula el aire y de los contaminantes externos por las actividades industriales, y el alto tráfico vehicular que permanece en la zona.

Gráfica 15. Concentración de las UFC/m³ en los jardines infantiles en el ambiente intramural antes y después de los helechos (*Nephrolepis*).



Fuente: Las autoras, 2009.

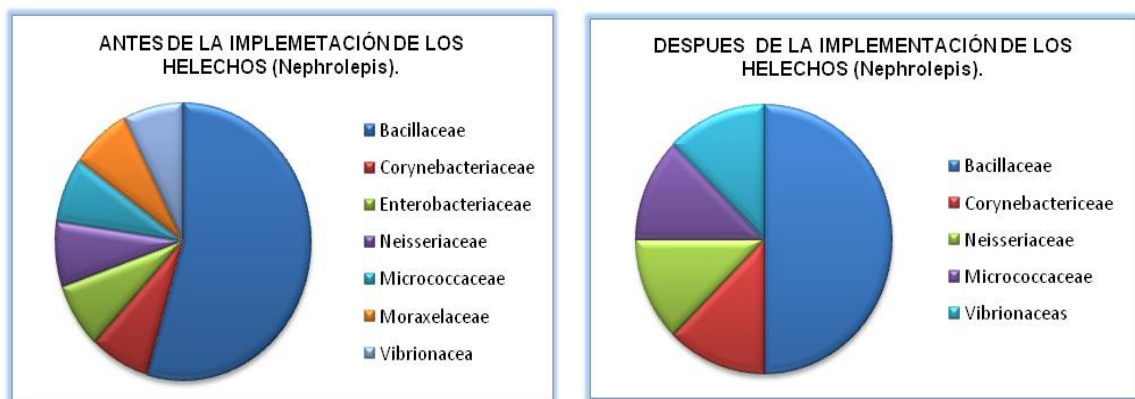
En la segunda fase de muestreo se percibe un descenso en la concentración de UFC/m³, posiblemente se debe que los helechos (*Nephrolepis*) fueron ubicados en las entradas de circulación de aire de cada jardín, actuando como barrera y filtro para la disminución de las concentraciones de UFC/m³. Se debe tener en que este periodo de muestreo, coincidió con un alto control de higiene en las instalaciones por la propagación del virus AH₁N₁ que se encontraba en alerta en la

ciudad de Bogotá; las profesoras y demás empleados de los jardines debían utilizar elementos de protección personal, a los visitantes y los niños que se encontraban con síntomas de gripe se les exigía tapabocas. Otro factor importante fue la extensión del horario en el pico y placa en la ciudad de Bogotá, disminuyendo en cierta forma el flujo vehicular por las localidades de estudio.

3.7.2 Familias de bacterianas encontradas en el jardín infantil Solidaridad por Colombia antes y después de la implementación de los Helechos (*Nephrolepis*).

En la grafica 16 se puede observar que la familia más frecuente es la *Bacillaceae*, se puede ver que en la primera fase de muestreo está en un 60% con respecto a las otras familias, pero en la segunda fase cuando se inicio el muestreo con los helechos (*Nephrolepis*) se disminuyo en un 10%; posiblemente se debe a los niveles elevados de humedad y probablemente a la absorción de los estos microorganismos por la helecho (*Nephrolepis*) o también a que actuaron como barrera mecánica (Canseco, 2005).

Gráfica 16. Familias bacterianas encontradas en el jardín infantil Solidaridad por Colombia, antes y después de la implementación de los helechos (*Nephrolepis*).



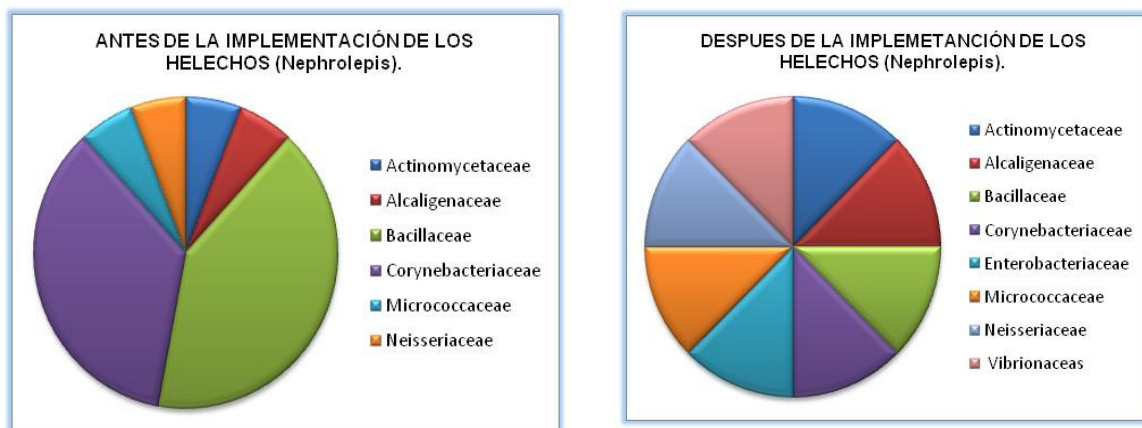
Fuente: Las autoras, 2009.

Las demás familias *Moraxellaceae* y *Enterobacteriaceae*, los cuales se encontraron en el primer periodo de muestreo que se encontraron en un porcentaje del 10%, desaparecieron para la segunda fase de muestreo, este comportamiento pudo ser ocasionado por que las familias no encontraron el sustrato adecuado para su desarrollo, permanencia y supervivencia. Las demás familias que se encontraron antes y después de los helechos disminuyeron en número pero no en biodiversidad (Véase el Anexo M).

3.7.3 Familias de bacterianas encontradas en el jardín infantil Rafael Pombo antes y después de los Helechos (*Nephrolepis*).

En la gráfica 17 se puede observar que en la primera fase de muestreo la familia más frecuente es la *Bacillaceae* con un porcentaje del 47%, la familia *Corynebacteriaceae* en la primera fase de muestreo se encontraba con un porcentaje del 40%, en la segunda fase de muestreo tuvo una disminución del 28% quedando con un porcentaje del 12,5%, se debe a los niveles elevados de humedad y probablemente a la adherencia de los estas bacterias sobre las estructuras del el helecho (*Nephrolepis*) actuando como barrera mecánica pero la disminución se le puede también atribuir a que un factor par ala prevención del AH₁N₁ se hiciera más control en la limpieza y se usara hipoclorito lo cual afecto a estos microorganismos.

Gráfica 17. Familias de bacterianas encontradas en el jardín infantil Rafael Pombo encontradas antes y después de los helechos (*Nephrolepis*).



Fuente: Las autoras, 2009.

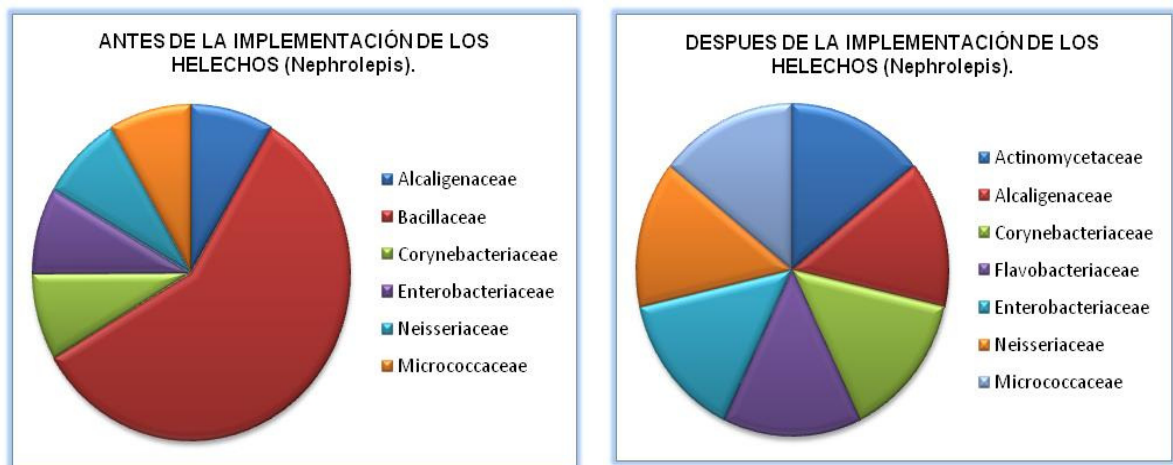
Las demás familias que se encontraron en los periodos de muestreo permanecieron constantes en número y diversidad, exceptuando la familia *Enterobacteriaceae* la cual solo se encontró en la segunda fase de muestreo, con la especie *Escherichia coli* (Véase Anexo N), la presencia de esta especie se debe a que al realizar el cambio de pañales no se hace en un sitio aislado sino dentro del salón sin corrientes de aire, y no hay un correcto control de higiene.

3.7.4 Familias de bacterianas encontradas en el jardín Antonio Nariño antes y después de los Helechos (*Nephrolepis*).

En la primera fase de muestreo como se observa en la gráfica 18, la familia *Bacillaceae* se encontró en un 58%, en la segunda fase de muestreo no se encontró. Las familias *Alcaligenaceae* y *flavobactericeae* (Véase Anexo Ñ) se encontraron únicamente en la segunda fase de muestreo, es posible que la planta le ofrezca un ambiente más propicio para su desarrollo debido a que estas

bacterias requieren de oxígeno para su crecimiento, el cual fue ofrecido por los helechos (*Nephrolepis*).

Gráfica 18. Familias bacterianas encontrados en el jardín infantil Antonio Nariño encontradas antes y después de los helechos (*Nephrolepis*).



Fuente: Las autoras, 2009.

3.8 CORRELACIÓN DE LOS PRINCIPALES MICROORGANISMOS EN LOS AMBIENTES INTRAMURAL Y EXTRAMURAL PRESENTES EN 3 JARDINES INFANTILES UBICADOS EN LAS LOCALIDADES DE PUENTE ARANDA, KENNEDY Y FONTIBÓN, PARA ESTABLECER SU VARIACIÓN EN EL TIEMPO ENTRE EL 2007 Y EL 2009.

Los microorganismos que fueron identificados en cada una de las fases de muestreo son: en la primera fase de estudio (2007) se identificaron 92 especies bacterianas, las familias encontradas fueron: *Bacillaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Flavobacteriaceae*, *Micrococcaceae*, *Corynebacteriaceae*, *Neisseriaceae*, *Pseudomonadaceae*, *Streptococcaceae* y *Vibrionaceae*, la que se encontró con mayor frecuencia fue *Enterobacteriaceae* debido a que es más abundante

seguida de la familia *Bacillaceae*, las de menor frecuencia fueron *Streptococcaceae*, *Pseudomonadaceae* y *Alcaligenaceae*.

En la segunda fase (2008) fueron identificadas durante la totalidad del muestreo 78 especies bacterianas las familias encontradas fueron: *Bacillaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Flavobacteriaceae*, *Micrococcaceae*, *Corynebacteriaceae*, *Neisseriaceae*; de las cuales se las más frecuentes fueron *Bacillaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Flavobacteriaceae*.

En la tercera fase (2009) las familias identificadas durante todo el periodo de muestreo fueron *Actinomycetaceae*, *Alcaligenaceae*, *Bacillaceae*, *Corynebacteriaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Flavobacteriaceae*, *Micrococcaceae*, *Moraxellaceae*, *Neisseriaceae* y *Vibrionaceae* en total fueron 84 especies bacterianas, con el análisis de frecuencia se determinó que las familias más frecuentes fueron la *Bacillaceae*, *Micrococcaceae*, *Corynebacteriaceae* y *Enterobacteriaceae*.

Al analizar la concentración de microorganismos presentes en el aire, para la primera fase realizada en el año 2007, se presentó un promedio de 3180 UFC/m³, para la segunda fase en el 2008 se registró un promedio de 3760 UFC/m³, mientras que para la tercera fase en el 2009 el promedio en la concentración fue de 5667 UFC/m³, puede ser un indicio que durante esta fase de muestreo las condiciones meteorológicas fueron más favorables para la supervivencia de microorganismos en el aire, se puede determinar que el crecimiento microbiano se ve muy afectado por las condiciones del ambiente, pues no todos los microorganismos responden igualmente a un factor determinado como; temperatura, humedad y velocidad del viento, una condición puede ser dañina para un microorganismo y beneficiosa para otro.

Durante las tres fases de muestreo, las concentraciones de UFC/m³ registradas por días y jornadas en los diferentes jardines infantiles, permite establecer que en la en la tercera fase (2009) se encontraron las mayores concentraciones, esto se pudo haber originado por las favorables condiciones meteorológicas; la humedad, la temperatura y velocidad del viento que se presentaron durante esta época, favoreciendo la supervivencia de las bacterias especialmente aquellos que no cuentan con la capacidad de producir esporas y pigmentos que los protegen de condiciones de estrés (Amman, 1987); en la primera fase (2007) de muestreo las menores concentraciones de UFC/m³, se pudieron haber ocasionado por las altas velocidades del viento (2.30 m/s – 3.96 m/s), que no permitieron la presencia notable de bacterias en los puntos de muestreo; comparadas con las otras dos fases de la investigación que oscilaban entre (1.9 m/s – 2.4 m/s).

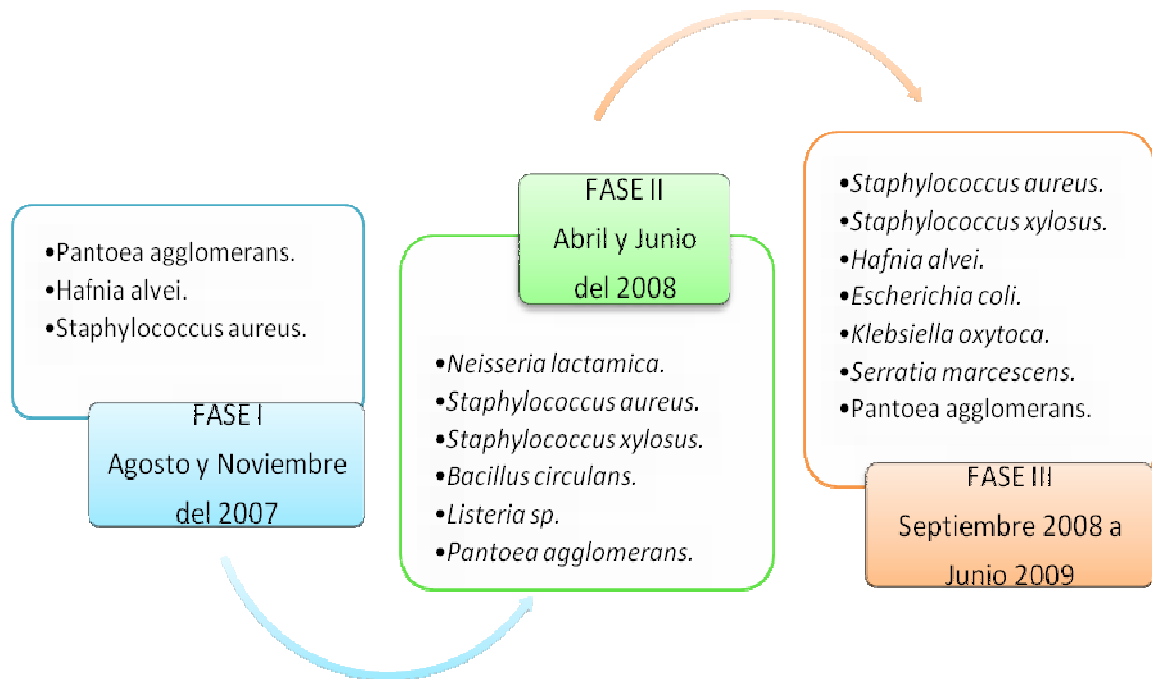
Al realizar un análisis de las concentraciones de UFC registradas por días y jornadas durante las tres fases de muestreo, se pudo establecer que para la tercera fase se presentan las mayores concentraciones, esto puede ser debido a que las condiciones meteorológicas (temporada de lluvias) favorecieron el aumento de estas concentraciones, mientras que en la época de transición climática (abril-Junio) se presentaron las menores concentraciones.

La temperatura es un factor muy importante en el crecimiento de las bacterias, en las tres fases hay una oscilación similar entre (14- 20°C) de temperatura, pero para cada bacteria existe una temperatura mínima por debajo de la cual no existe crecimiento, una temperatura optima a la cual el crecimiento es el más rápido posible y una temperatura máxima propasada la cual no existe crecimiento (Madigan, 1999). Todos los microorganismos encontrados en los muestreos son mesófilos pues tienen afinidad por la temperatura moderada, su temperatura

óptima de crecimiento se encuentra entre (10 – 45 °C), y son las bacterias comunes que causan deterioro y enfermedad.

En la tabla 9 se observa que en la primera fase (2007) es la que menor diversidad de especies oportunistas de tracto respiratorio presenta con respecto a las otras fases, en las tres fases (2007, 2008, 2009) se encontró el *Pantoea agglomerans* y *Staphylococcus aureus*; su presencia se debe a que las condiciones de humedad fueron similares ya que oscilaron entre un 50% y 70% al aumentar los niveles humedad facilitaron el desarrollo de estas especies. *Staphylococcus xylosus* se encontró en la segunda fase (2008) y la tercera fase (2009) se debe a que presento condiciones de humedad y temperatura similares. Una especie importante *Hafnia alvei* encontrada en la primera y segunda fase, esta es considerada un microorganismo patógeno oportunista del tracto respiratorio, su presencia se debe a que las zonas son industriales y con mayor influencia vehicular, fueron más altas en estas épocas del año.

Tabla 9. Microorganismos encontrados durante las tres fases de investigación.



Fuente: Las autoras, 2009.

En la segunda fase (2009) se encontraron *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca* y *Serratia marcescens*, estas especies solo crecieron en esta época del año debido a que las condiciones de humedad, temperatura y velocidad el viento le permitieron el desarrollo de estos microorganismos en este ambiente.

En la tercera fase (2008) se encontraron especies diferentes como *Listeria sp.* y *Neisseria lactamica* su crecimiento solo en esta época del año se debe a que crecieron en una temperatura de 12 °C, también se encontró *Bacillus circulans*, esta se difunde mejor en épocas frías ya que las bacterias migran con mayor afluencia por la atmosfera (Rosas, 2004).

La importancia de los hallazgos de bacterias oportunistas en el aire de los jardines muestreados, son patógenos oportunistas que pueden causar infecciones en los ojos, piel, vías urinarias y articulaciones; cuando el organismo esta inmunosuprimido y permitiéndole su desarrollo (Madigan, 1999). Con la correlación de las bacterias se concluye, debe darse la importancia necesaria al grado de contaminación por bacterias en el aire, ya que estas especies que permanecen en el ambiente, son las causantes de enfermedades respiratorias en los niños, encontrándose en mayor proporción en sitios cerrados sin flujo de aire, como lo son los jardines infantiles en donde se tomaron los muestras y en donde los niños permanecen la mayor parte de su tiempo; causando sintomatología propia de resfriado y de algunas alergias.

CONCLUSIONES

- Se identificaron diez familias durante todo el periodo de muestreo, de las cuales cuatro de ellas fueron las más frecuentes; la *Bacillaceae*, *Micrococcaceae*, *Corynebacteriaceae* y *Enterobacteriaceae*, en total fueron 84 especies bacterianas.
- Las especies de microorganismos oportunistas de tracto respiratorio fueron *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus xylosus*, *Hafnia alvei*, *Bacillus circulans* y *Escherichia coli*
- Los microorganismos oportunistas que se encontraron con mayor frecuencia en los tres jardines infantiles, evaluando el clima imperante de su aparición fueron: *Escherichia coli*, *Hafnia alvei*, *Klebsiella oxytoca*, *Pantoea agglomerans*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus xylosus* y *Serratia marcescens*.
- Se estableció que en el horario comprendido de 7 a 11 de la mañana, es en donde se presentan mayores concentraciones de UFC/m³, se debe a fuentes de material particulado que es rico en nutrientes para los microorganismos encontrados en los jardines infantiles.
- A pesar de que haya una correlación del ambiente intramural y extramural, consideramos que podría ser incluso mayor la contaminación intramural que la extramural, debido a que es el ambiente donde las personas pasan la mayor parte del tiempo, ya que se encuentran fuentes de contaminación propias de este ambiente como la mala disposición de residuos sólidos, los

gases producidos por la cocina, incluso la humedad, los solventes y productos de limpieza.

- No existe un efecto significativo de la velocidad del viento sobre el número de UFC, para las muestras tomadas.
- Las concentraciones promedio de microorganismos para todo el período de muestreo expresadas en UFC/m³ varían entre los días y las diferentes jornadas, esto se atribuye los cambios atmosféricos que se presentan en todo el período de muestreo.
- Se observó que la temperatura es un factor determinante en la concentración y diversidad de las especies bacterianas.
- Se evidenció cambio en el número y biodiversidad de microorganismos, después de la implementación del helecho (*Nephrolepis*) en los jardines infantiles Antonio Nariño, Rafael Pombo y Solidaridad por Colombia, estos actuando como barrera natural.
- Con el estudio experimental no se puede concluir que los helechos (*Nephrolepis*) hayan contribuido con la disminución de la biota bacteriana, debido a que hubieron diferentes variables las cuales contribuyeron para la disminución o eliminación de la biota microbiana.
- La alerta del Virus AH1N1 originó un mayor control de seguridad e higiene influyendo en la disminución de la concentración.

RECOMENDACIONES

- Identificar otras fuentes que generen la presencia de microorganismos oportunistas del tracto respiratorio, caracterizando los alrededores donde quedan ubicados los jardines infantiles.
- Realizar estudios en las industrias que se encuentren dentro de las diferentes localidades para determinar si estas son fuentes generadoras de microorganismos.
- Se debe realizar muestreos por periodos de tiempo más prolongados, que abarquen todas las temporadas climáticas del año y así poder contar con una mayor cantidad de datos que permitan establecer de una manera más confiable el comportamiento de los microorganismos.
- Establecer una metodología con la cual se pueda trabajar para que la toma de datos sea idéntica para que al realizar un procesamiento de datos se puedan analizar para que sea estadísticamente más representativo.
- Determinar frecuencia y escala en la medición meteorológica para que sean consistentes para el procesamiento de los datos.
- Para realizar diseños experimentales para poder realizar estudios exploratorios sobre métodos sencillos prácticos y económicos para mejorar el ambiente de permanencia de los niños en los jardines.
- Hacer un diseño experimental específico para determinar la relación entre el ambiente intramural y extramural.

BIBLIOGRAFIA

Alvarez, Á. y Mesa, G., Correlación de microorganismos patógenos existentes en los ambientes intramural y extramural presentes en jardines infantiles más y menos influenciados por factores contaminantes ubicados en las localidades de Fontibón y Kennedy. Bogotá, 2008. . Trabajo de Grado para optar el título en Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de La Salle.

Ammann, K., Kerzig, R., Liebendorfer, L., Urech, M., (1987). Correlation multivariée entre les dones de position de 8 differents pollutants de l'air celles issues de releves de la vegetation lechenique dans une petite ville suisse. Advances in Aerobiology. Basel.

Anze, R., Canseco Á., Granado S., Franken M., Pinto M., Zaballa M., Experiencia del uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del aire en la ciudad de la Paz Bolivia. 1996. Universidad Mayor de San Andrés.

Anze, R., Canseco, Á., Granado S., Franken M., Comunidad de líquenes indicadoras de la calidad del aire de la ciudad de la Paz Bolivia. 2001. Unidad de calidad ambiental, Instituto de Ecología. Universidad Mayor de San Andrés.

Aristizabal G, 2009.Veeduría de Bogotá, localidad de Fontibón.

Arciniegas, Á., Rodríguez, C., Pachón, J., Sarmiento, H., Hernández, L., Estudio de la morbilidad en niños menores a cinco años por enfermedad respiratoria aguda y su relación con la concentración de partículas en una zona industrial de la ciudad de Bogotá. 2005. Universidad de la Sallé. Secretaría Distrital de Salud.

Atlas, R., y Bartha, R. Ecología microbiana y Microbiología ambiental. Ed. Pearson. Madrid, 2002.

Behrentz, E. Foro taller internacional de la calidad del aire. Bogotá, 2006. Proyecto de Investigación Universidad de los Andes.

CALIDAD DE AIRE EN INTERIORES. Contaminantes y Efectos en la Salud. 2001. OPS-OMS.

Bernstein, R y Bernstein, S. Biología. Mc Graw Hill. Colombia. 729 P. 2004

Bernal Jorge, 2009. Veeduría de Bogotá, localidad de Puente Aranda.

Carreño, A. y Gloria, P., Determinación y correlación del material particulado y gases con los principales microorganismos patógenos existentes en los ambientes intramural y extramural presentes en tres jardines infantiles ubicados en las localidades de Fontibón, Puente Aranda y Kennedy. Bogotá, 2008. Trabajo de Grado para optar el título en Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de La Salle.

Canseco A., Rafael A., Margot F., (2005) Comunidades de líquenes: Indicadoras de la Calidad del Aire en la ciudad de La Paz. Bolivia

Cruz, A. y Jimenez, A., Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con material particulado ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) en la localidad de Puente Aranda. Bogotá, 2006. Trabajo de Grado para optar el título en Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de La Salle.

Debré, P. El desarrollo de la Microbiología, Ed. Reverté. Barcelona, 1995.

Dinges, M. O., Schlievert P. (2000). Exotoxins of *Staphylococcus aureus*. Clinical Microbiology Reviews.

Famiglietti A. (2005) Consenso sobre las pruebas de sensibilidad a los antimicrobianos en Enterobacteriaceae. Argentina:Revista de Microbiología

García, J., Picazo, J., Compendio de Microbiología Médica. 1999.

Glynn H., (1999) Ingeniería Ambiental. Prentice Hall.

Guías para la calidad del aire. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS) y Agencia Especializada de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS). 2005.

Holt, J.G., Manual of Determinative Bacteriology, 9th ed. edición, Williams & Wilkins. 1994.

Jawetz, A., Melnick, B., Adelberg, R. (1996). Microbiología Médica. (15ª ed.) 1996. Manual Moderno.

Joklil, R., Wolfgang, C., Zinsser, W., (1996). Microbiología Médica.. (13ª ed.) Panamericana

Koneman, E. R.(1998). Diagnóstico Microbiológico. (3ª ed.). Panamericana

Kumar, V., Robbins, S. Patología Humana. 2003.

Rey, I. y Fula, M., 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. 2005. Trabajo de Grado para optar el título en Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de La Salle.

Madigan, M.T., Brock, T.D. (1996). Microbiología. (7 ed.) Prentice Hall Hispanoamericana S.A

Madigan, Parker y Martinko. (2005) Biología de los Microorganismos. 11th ed. edición, Prentice Hall..

Matthew, C., Hoyles, L., Institute J. (2004) System Evolution Microbiology. *Corynebacterium caspium.*, p. 925-928.

Mosso, M.A., Ullán C., De la Rosa M.C., El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. España, 2002. Observatorio Medioambiental ISSN: 1139-1987. Vol. 5 (2002): 375-402.

Meier, R., Zingre H. (2000) Qualification of air sampler systems.

Mehrotra R. S., Aneja. K. R., (1990) An Introduction to Mycology.

Murray, P. R., Pfaller, M. A., (1995). Microbiología clínica. (4ªed.). editorial Mc Graw – Hill.

Nevers, N. (1998) Ingeniería del Control de la Contaminación del Aire. Mc Graw Hill. México D.F.

Palacios, A., (2005) Microorganismos del aire de la ciudad de Monterrey. Revista México de Estudios microbiológicos.

Perez, F. y Olaya, D., Caracterización cualitativa -cuantitativa de bioaerosoles relacionados con factores meteorológicos y material particulado en puente Aranda Bogotá. 2006. Trabajo de Grado para optar el título en Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de La Salle.

Pelzar, M., (1998) Microbiología. (2ª Ed.)

Pelzar, M., (2001) Microbiología. Editorial Mc Graw – Hill. (2ª Ed.)

Pumarola, A., (2001) Microbiología y parasitología medica. (2ª Ed.)

Rojas, H., (2005) Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente.

Rosas I., Cravioto A., Ezrruca E. (2004) Microbiologia ambiental. Mexico: instituto nacional de Ecologia.

Slack, R., Peitherer, J., Greenwood David. (2007) Microbiology Medical. Ed. Elseiver. 17thed.

Uruburu, F.,. (1997). La sociedad española de microbiología y el aseguramiento de la calidad microbiológica. Actualidad. SEM.

Wark, K., (1996) Contaminación del aire, Origen y control. Limusa.

CIBERGRAFIA

Alarcon., S. (2009) Disponible en: <http://www.radiosantafe.com> / Bogotá / Aire contaminado causa 20% de enfermedades respiratorias

Albarracín. (2009). Disponible en:
[http:// www.culturarecreacionydeporte.gov.co/portal/node/130](http://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/portal/node/130)

Bernal, J., Torres, F. (2008) Disponible en:
<http://www.contaminaciondelaire7moc.blogspot.com>

Boltovskoy, (1989). Disponible en:
<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Bioindic.htm>

Branco., (1984). Disponible en:
[http:// www.rinconverde.blogspot.com/2007/01/bioindicadores](http://www.rinconverde.blogspot.com/2007/01/bioindicadores)

CEPIS. (2002) Disponible en:
<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsea/e/fulltext/salud/salud.pdf>

Chelsa, D. (1982). Disponible en: <http://www.alfinal.com/Salud/bioaerosoles>
OSHA. Disponible en: <http://www.biotechnicalpr.com/html/modules.php?name>

Díaz. (2007) Disponible en <http://www.esmas.com/salud/prevencion/ambiente>

IDEAM. (2001) Disponible en:<http://www.ideam.gov.co>

IDEAM. (2005) Disponible en:<http://www.ideam.gov.co>

Elder. (1982), Disponible en: <http://www.wikipedia.org/wiki/Flavobacterium>

Garrity, W. (2006) Disponible en: <http://www.wikipedia.org/wiki/Burkholderiales>

Odum, G. (1972) Disponible en:

<http://www.planthogar.net/enciclopedia/fichas/356/helecho-nephrolepis-exaltata.html>

Paloma. (2009). Disponible en:

http://www.localidadesdeldsitritocapital.com/localidadkenndy.htm_

Prevot. (1940).Disponible en: <http://www.wikipedia.org/wiki/Staphylococcaceae>

Sandoval, J. Disponible en: <http://www.segobdis.gov.co/kennedy/index.htm>

Amorocho. (2009) www.localidadesdeldsitritocapital.com/localidadFontibón.htm_

Stimac. (2003). Disponible en:<http://www.wikipedia.org/wiki/Viento>

Shewfelt. (1990). Disponible en:

<http://www.sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/desarrollosustentable/t10.htm>

Rojas,. A. (2005).www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/440/cap1.html

Rojas. (1989). Disponible en:

<http://www.netropica.org/PDFs%20b20medica/Neisseriaceae.pdf>

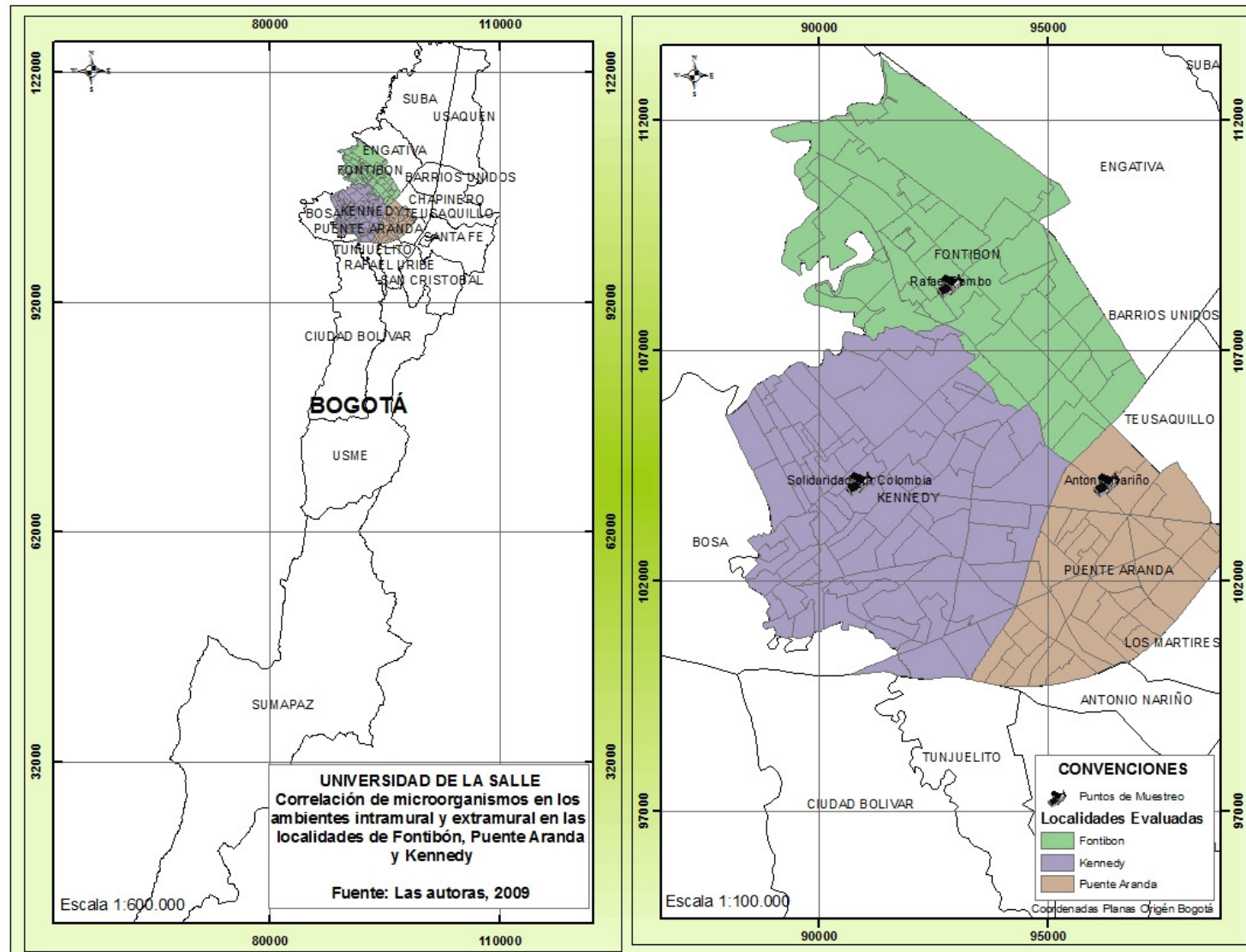
Ruiz,L.(2000).Disponible en:

<http://www.ideam.gov.co/files/atlas/Contaminación.htm>

Larkason, L. Disponible en: <http://www.wikipedia.org/wiki/Aerobiología>

ANEXOS

Anexo A



Anexo B
PROTOCOLO DESCRIPCIÓN TOMA DE MUESTRA EN LOS JARDINES INFANTILES.

LOCALIDAD DE KENNEDY
HOGAR INFANTIL SOLIDARIDAD POR COLOMBIA

El muestreo se realizó con los Colectores Microbiológicos de Gérmenes Aéreos MAS 100 y MAS 100 ECO.

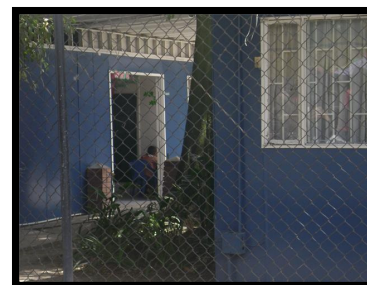
Se determinaron dos (2) puntos de muestreo los cuales se ubicaron intramural y extramural de la institución.

Intramural

1. Se ubicó el equipo sobre una superficie plana.
 2. se estableció el punto de muestreo escogido como son:
- El salón donde nos permitieran realizar el muestreo.
 - Se ubicó una mesa donde se tomara la muestra sin ninguna interferencia, y que los niños se encontraran dentro del salón.

Extramural

1. Se ubicó el equipo sobre una superficie plana.
 2. se estableció el punto de muestreo escogido como son:
- En el antejardín de la entrada principal del Jardín Infantil.



UNIVERSIDAD DE LA SALLE
Educar para Pensar, Decidir y Servir

AUTORAS:
WINDY RUIZ LÓPEZ
DANIELA PINZÓN LÓPEZ

LOCALIDAD DE FONTIBON HOGAR INFANTIL RAFAEL POMBO

El muestreo se realizo con los Colectores Microbiológicos de Gérmenes Aéreos MAS 100 y MAS 100 ECO.

Se determinaron dos (2) puntos de muestreo los cuales se ubicaron intramural y extramural de la institución.

Intramural

3. Se ubico el equipo sobre una superficie plana.
 4. se estableció los punto de muestreo escogido como son:
- El salón donde nos permitieran realizar el muestreo.
 - Se ubico una mesa donde se tomara la muestra sin ninguna interferencia, y que los niños se encontraran dentro del salón.

Extramural

3. Se ubico el equipo sobre una superficie plana.
 4. se estableció los punto de muestreo escogido como son:
- En el Parque de juegos ubicado en la parte de atrás de las instalaciones del Jardín Infantil.



UNIVERSIDAD DE LA SALLE
Educar para Pensar, Decidir y Servir

AUTORAS:
WINDY RUIZ LÓPEZ
DANIELA PINZÓN LÓPEZ

LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA HOGAR INFANTIL ANTONIO NARIÑO

El muestreo se realizo con los Colectores Microbiológicos de Gérmenes Aéreos MAS 100 y MAS 100 ECO.

Se determinaron dos (2) puntos de muestreo los cuales se ubicaron intramural y extramural de la institución.

Intramural

5. Se ubico el equipo sobre una superficie plana.
 6. se estableció los punto de muestreo escogido como son:
- El salón donde nos permitieran realizar el muestreo.
 - Se ubico una mesa donde se tomara la muestra sin ninguna interferencia, y que los niños se encontraran dentro del salón.

Extramural

5. Se ubico el equipo sobre una superficie plana.
 6. se estableció los punto de muestreo escogido como son:
- En el Parque de juegos ubicado en la parte de atrás de las instalaciones del Jardín Infantil.



UNIVERSIDAD DE LA SALLE
Educar para Pensar, Decidir y Servir

AUTORAS:
WINDY RUIZ LÓPEZ
DANIELA PINZÓN LÓPEZ

Anexo C
PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA PREPARACIÓN DE MEDIOS.

PREPARACIÓN DEL AGAR MC CONKEY

1. Establecer el volumen de medio de cultivo a preparar, teniendo en cuenta que por cada caja de petri se sirve 25ml aprox.

2. Calcular el número de cajas de petri a preparar de acuerdo al número de días que se van a muestrear; preparar un 50% de mas para resiembra y reserva en caso de alguna eventualidad.

$$\text{Ej: } 25 \text{ cajas} \times \left(\frac{25 \text{ ml}}{1 \text{ caja}} \right) = 625 \text{ ml (Agua Destilada).}$$

3. Calcular la cantidad de agar según las especificaciones del fabricante. (Añadir 51.5g de Agar Mc Conkey a 1 litro de agua destilada mezclar suavemente un minuto).

$$\text{Ej: } 51.5 \text{ g} \times \left(\frac{625 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \right) = 32.2 \text{ gm (Agar Mc Conkey).}$$

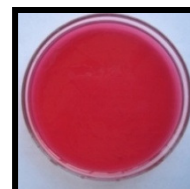
4. Colocar el recipiente en una placa metálica hasta que empieza a hervir. Dejar en ebullición por un minuto para completa disolución.

5. Tapar y rotular el recipiente que contiene el agar Mc Conkey llevar a esterilizar en autoclave (15 psi, 121°C durante 15 min).

6. Limpiar, desinfectar y flamear con los mecheros los mesones en donde se van a servir los medios de cultivo.

7. Situar las cajas de petri estériles alrededor de los mecheros (los cuales deben estar encendidos 10 minutos antes), sirva el medio estéril y deje enfriar.

8. Etiquetar con fecha de preparación y empacar los medios preparados en papel vinipel, llevar a refrigerar de 2 a 6°C hasta su uso. Las cajas de petri deben colocarse con la tapa hacia abajo.



UNIVERSIDAD DE LA SALLE
Educar para Pensar, Decidir y Servir

FUENTE:
MANUAL DE BERGEY

PREPARACIÓN DEL AGAR SANGRE

1. Establecer el volumen de medio de cultivo a preparar, teniendo en cuenta que por cada caja de petri se sirve 25ml aprox.

2. Calcular el número de cajas de petri a preparar de acuerdo al número de días que se van a muestrear; preparar un 50% de mas para resiembra y reserva en caso de alguna eventualidad.

$$\text{Ej: } 25 \text{ cajas} \times \left(\frac{25 \text{ ml}}{1 \text{ caja}} \right) = 625 \text{ ml (Agua Destilada).}$$

3. Calcular la cantidad de agar según las especificaciones del fabricante. (Añadir 51.5g de Agar Sangre en 1 litro de agua destilada mezclar suavemente un minuto).

$$\text{Ej: } 51.5 \text{ g} \times \left(\frac{625 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \right) = 32.2 \text{ gm (Agar Sangre).}$$

4. Colocar el recipiente en una placa metálica hasta que empiece a hervir. Dejar en ebullición por un minuto para completa disolución.

5. Tapar y rotular el recipiente que contiene el Agar Sangre llevar a esterilizar en autoclave (15 psi, 121°C durante 15 min).

6. Llevar el recipiente de Agar Sangre al Baño Serológico (50° C durante 20 a 40 minutos).

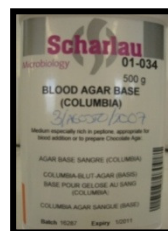
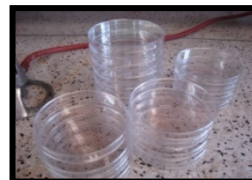
7. Calcular el volumen de sangre el cual debe encontrarse entre 5 y 7% del volumen del medio de cultivo.

Para 625 ml de Agar base Sangre.

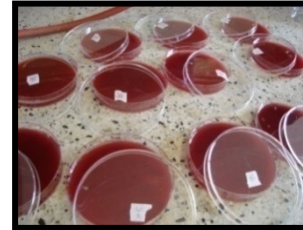
$$\text{Ej: } (625 \times 0.05) = 31.25 \text{ ml (Sangre).}$$

8. Agregar la sangre al agar después de la esterilización, de forma lenta por las paredes del recipiente y agitando levemente de manera continua.

9. Situar las cajas de petri estériles alrededor de los mecheros (los cuales deben estar encendidos 10 minutos antes), sirva el cultivo estéril y deje enfriar.



10. Etiquetar y empacar los medios preparados en papel vinipel y llevar a refrigerar de 2 a 6°C hasta su uso. (Las cajas de petri deben colocarse con la tapa hacia abajo).



UNIVERSIDAD DE LA SALLE
Educar para Pensar, Decidir y Servir

AUTORAS:
MANUAL DE BERGEY

PREPARACIÓN DEL AGAR CHOCOLATE

1. Establecer el volumen de medio de cultivo a preparar, teniendo en cuenta que por cada caja de petri se sirve 25ml aprox.

2. Calcular el número de cajas de petri a preparar de acuerdo al número de días que se van a muestrear; preparar un 50% de mas para resiembra y reserva en caso de alguna eventualidad.

$$\text{Ej: } 25 \text{ cajas} \times \left(\frac{25 \text{ ml}}{1 \text{ caja}} \right) = 625 \text{ ml (Agua Destilada).}$$

3. Calcular la cantidad de agar según las especificaciones del fabricante. (Añadir 51.5g de Agar Sangre en 1 litro de agua destilada mezclar suavemente un minuto).

$$\text{Ej: } 51.5 \text{ g} \times \left(\frac{625 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \right) = 32.2 \text{ gm (Agar Sangre).}$$

4. Colocar el recipiente en una placa metálica hasta que empiece a hervir. Dejar en ebullición por un minuto para completa disolución.

5. Tapar y rotular el recipiente que contiene el Agar Sangre llevar a esterilizar en autoclave (15 psi, 121°C durante 15 min).

6. Llevar el recipiente de Agar Sangre al Baño Serológico (50° C durante 20 a 40 minutos).

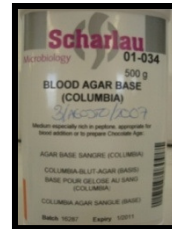
7. Calcular el volumen de sangre el cual debe encontrarse entre 5 y 7% del volumen del medio de cultivo.

Para 625 ml de Agar base Sangre.

$$\text{Ej: } (625 \times 0.05) = 31.25 \text{ ml (Sangre).}$$

8. Agregar la sangre al Agar después de la esterilización, de forma lenta por las paredes del recipiente y agitando levemente de manera continúa. Temperatura 40°C a 42°C.

9. Llevar el recipiente de Agar Chocolate al Baño Serológico (50° C durante 10 a 15 minutos).



<p>10. Disolver el Isovitalex (polvo y líquido), luego agregue este al Agar Chocolate y agite hasta su disolución completa. Tener en cuenta que la dosis viene exactamente para 500 ml de Agar Base Sangre.</p> <p>11. Situar las cajas de petri estériles alrededor de los mecheros (los cuales deben estar encendidos 10 minutos antes), sirva el cultivo estéril y deje enfriar.</p> <p>12. Etiquetar y empacar los medios preparados en papel vinipel y llevar a refrigerar de 2 a 6°C hasta su uso. (Las cajas de petri deben colocarse con la tapa hacia abajo).</p>	 
 <p>UNIVERSIDAD DE LA SALLE <i>Educar para Pensar, Decidir y Servir</i></p>	<p>AUTORAS: MANUAL DE BERGEY</p>

PREPARACIÓN DE PRUEBAS BIOQUIMICAS

1. De acuerdo al resultado de la tinción de Gram determine el número de pruebas que deban realizarse.

2. Esterilice los tubos de ensayo en la autoclave antes de ser utilizados.

3. Determine la cantidad de tubos a preparar y el volumen de cada una de las pruebas teniendo en cuenta que por tubo son 3 ml a excepción de la *Urea* la cual se le agrega 2 ml por tubo.

EJEMPLO GENERAL

$$\text{Ej: } 20.\text{tubos} \times 3\text{ml} = 60\text{ml} + 10\text{ml (Agua Destilada).}$$

4. Prepare las pruebas bioquímicas según las indicaciones del fabricante. (Ver tabla 1).

- Añadir 64.3g en 1000ml de agua destilada llevar a ebullición hasta disolución completa.

$$\text{Ej: } 64.3\text{g} \times \left(\frac{70\text{ml}}{1000\text{ml}} \right) = 4.50\text{gm (Agar TSI).}$$

5. Sirva las pruebas en los tubos de ensayo con una pipeta, tape, marque y acomode los tubos en una canastilla y esterilice en autoclave.

6. Al salir los tubos del autoclave coloque los Agares que se indican en la (tabla 1) que se deben inclinar a 15° hasta su solidificación y los demás como Caldos y SIM en posición vertical.



Agar	(gr)	(ml)	Forma
TSI	64.3	1000	Inclinado
LIA	34.5	1000	Inclinado
FN	23	1000	Inclinado
CS	24	1000	Inclinado
UREA	24	950	Inclinado
SIM	30	1000	Normal
VP	17	1000	Caldo
RM	17	1000	Caldo
NIT	9	1000	Caldo

7. Coloque los tubos en refrigeración hasta su utilización.

PREPARACIÓN UREA

1. En el momento de enviar los tubo con la base de urea al autoclave, adjunto a esto se debe esterilizar agua en un Elermeyer debidamente tapado con papel aluminio, teniendo en cuenta la cantidad ya que se el debe agregar de esta 1ml a cada tubo de agar base Urea.

2. Después de haber esterilizado el agua, se debe agregar urea la cual se debe encontrar al 20% del volumen del agua. Disolver y agregar 1ml de este por tubo.

3. Tenga en cuenta las indicaciones de la forma (Ver Tabla 1).

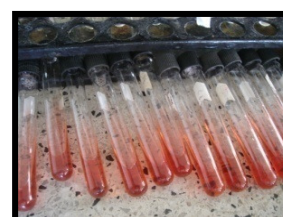
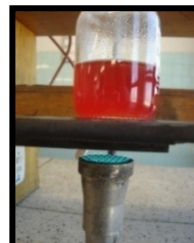
AZUCARES

Este procedimiento es general para todos los azucares.

1. De acuerdo al resultado de la tinción de Gram, determine el número de pruebas que deban realizarse.

2. Esterilice los tubos de ensayo en la autoclave antes de ser utilizados.

3. Determine la cantidad de tubos a preparar y el volumen de cada una de las pruebas teniendo en cuenta que por tubo son 3 ml.



EJEMPLO CON LA GLUCOSA

Ej: $20 \text{ tubos} \times 4 \text{ ml} = 80 \text{ ml}$ (Agua Destilada).

4. Se debe agregar el azúcar al 1% del volumen del Agua destilada. Para 80 ml de Agua Destilada:

Ej: $(80 \text{ ml} \times 0.01) = 0.8 \text{ gr}$ (Glucosa).

4. Prepare el caldo nutritivo según las indicaciones del fabricante.

Caldo Nutritivo	8 gr	1000ml
-----------------	------	--------

Para 80 ml de Agua Destilada.

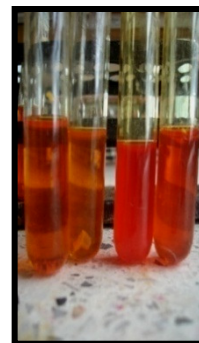
Ej: $8 \text{ g} \times \left(\frac{80 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \right) = 0.64 \text{ gm}$ (Caldo Nutritivo).

AZUCARES

Glucosa	Caldo
Lactosa	Caldo
Manosa	Caldo
Xylosa	Caldo
Maltosa	Caldo
Sacarosa	Caldo
Manosa	Caldo

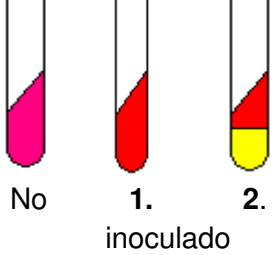
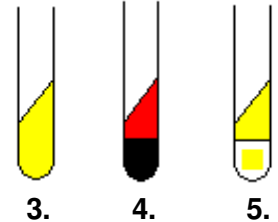
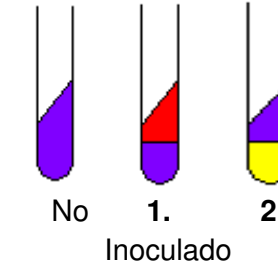
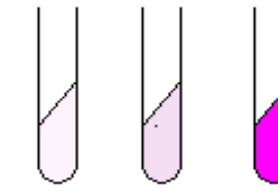
6. Agregue a los 80ml de agua destilada el Rojo de Fenol al 0.01%

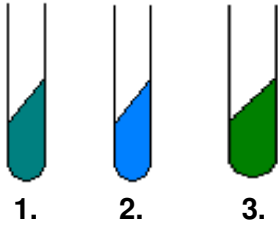
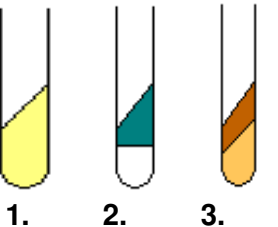
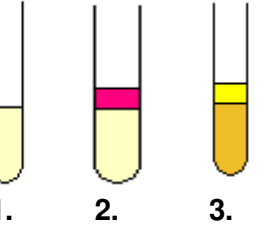

7. Disuelva y sirva las pruebas en los tubos de ensayo con una pipeta, tape, marque y acomode los tubos en una canastilla y esterilice en autoclave.



UNIVERSIDAD DE LA SALLE
Educar para Pensar, Decidir y Servir

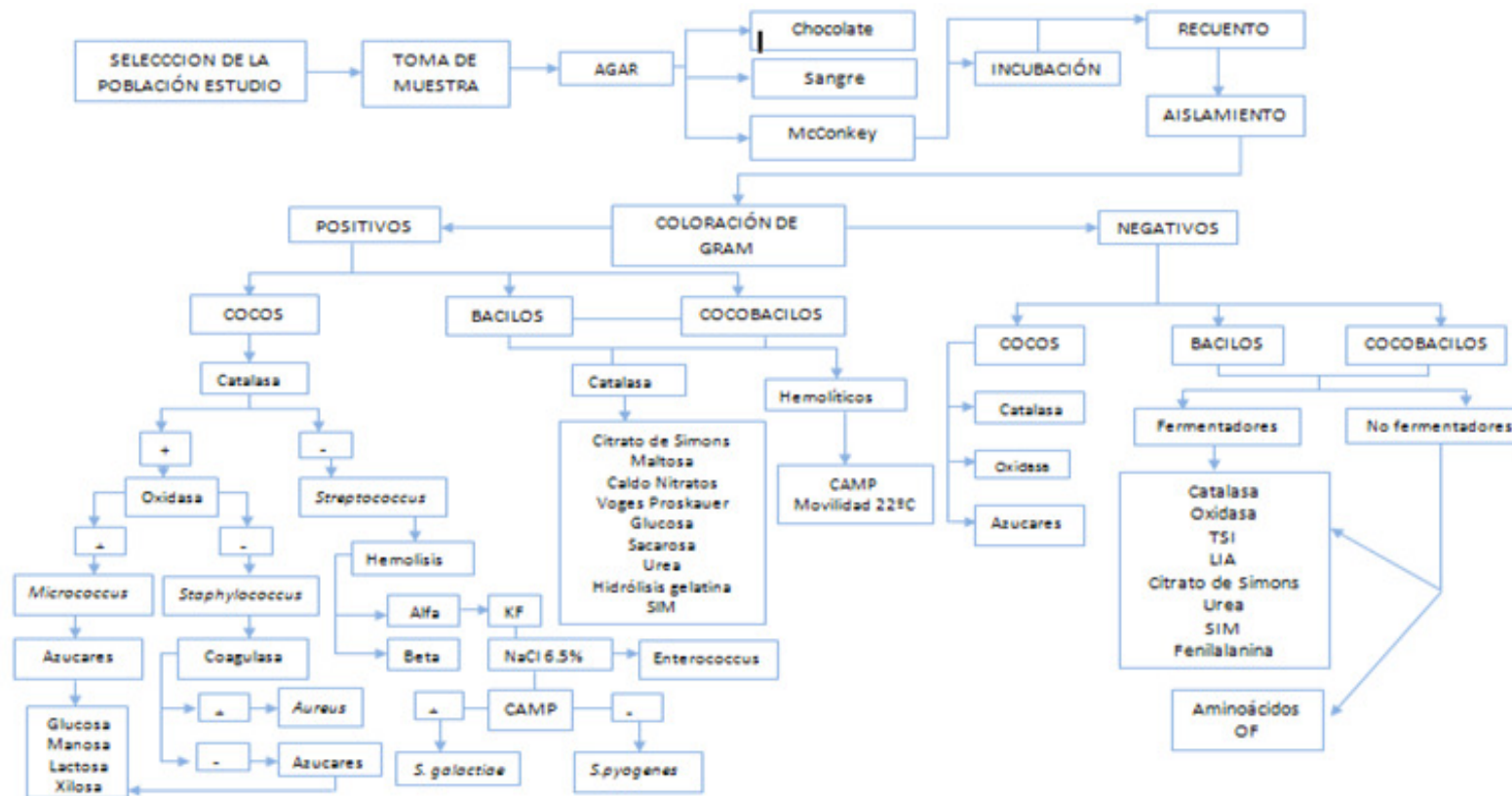
FUENTE:
MANUAL DE BERGEY

PROTOCOLO LECTURA DE LAS PRUEBAS BIOQUIMICAS			
AGAR	SIEMBRA	FUNDAMENTO	INTERPRETACIÓN
TSI	Punción y Estría	<p>Determinar la capacidad de la bacteria de fermentar lactosa, sacarosa y glucosa con la producción de ácido o gas.</p> <p>1. k/k = no fermentador. 2. k/A = Fermenta glucosa, no sacarosa ni lactosa. 3. A/A = Fermenta los tres. 4. k/A = Son SH₂. 5. A/A = con gas.</p>	 <p>No 1. 2. inoculado</p>
			 <p>3. 4. 5.</p>
LIA	Doble Punción y Estría	<p>Lisina descarboxilada hierro, incluye citrato férrico de amonio y tiosulfato. Se puede leer desanimación.</p> <p>1. R/k = Desanimación oxidativa, alcalina. 2. k/A = Alcalino descarboxilación, ácido.</p>	 <p>No 1. 2. Inoculado</p>
UREA	Estría	<p>Determinar la capacidad de un organismo de desdoblar la urea formando dos moléculas de amonio por acción de la enzima ureasa.</p>	 <p>No 1. 2.</p>

<p>CITRATO DE SIMONS</p>	<p>Estría</p>	<p>Determinar si un microorganismo es capaz de utilizar citrato como única fuente de carbono para el metabolismo.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No inoculado. 2. Positivo. 3. Negativo. 	 <p>1. 2. 3.</p>
<p>FENILALANINA</p>	<p>Estría</p>	<p>Determina la capacidad de un organismo de desaminar la fenilalanina en un ácido fenilpirúvico por su actividad enzimática, con la consiguiente acidez resultante.</p> <p>Agregar de 4 a 5 gotas de cloruro férrico al 10%.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No inoculado 2. Positiva 3. Negativa 	 <p>1. 2. 3.</p>
<p>ROJO DE METILO</p>	<p>Líquido</p>	<p>Comprobar la capacidad de organismo de producir y mantener estables los productos terminales ácidos de la fermentación de la glucosa.</p> <p>- Agregar 10 gotas de rojo de metilo para la lectura.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No Inoculado. 2. Positivo. 3. Negativo. 	 <p>1. 2. 3.</p>
 <p>UNIVERSIDAD DE LA SALLE <i>Educar para Pensar, Decidir y Servir</i></p>		<p>FUENTE: MANUAL DE BERGEY.</p>	

Anexo D

PROCEDIMIENTO DE AISLAMIENTO PARA MUESTRA DE AIRE

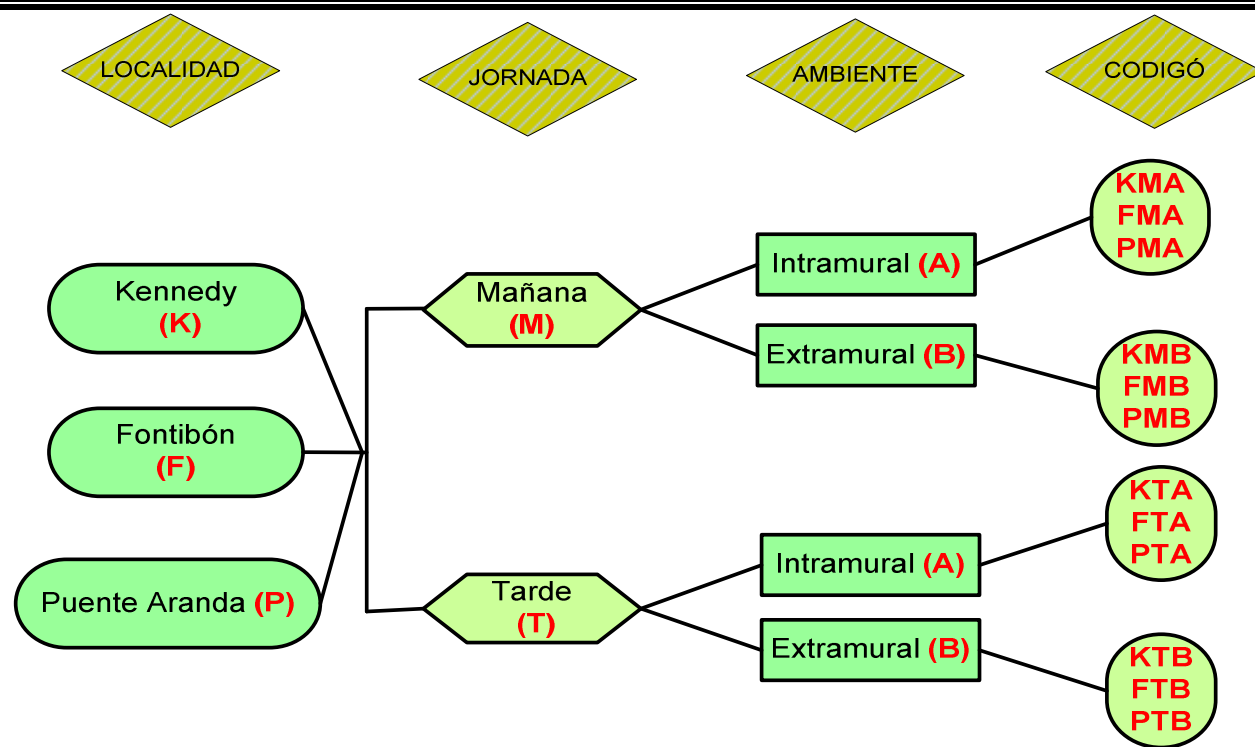


UNIVERSIDAD DE LA SALLE
Educar para Pensar, Decidir y Servir

FUENTE:
MANUAL DE BERGEY

Anexo E

CODIFICACIÓN UTILIZADA PARA LAS DIFERENTES LOCALIDADES DE ESTUDIO.



Anexo F

PROTOCOLO ESTERILIDAD Y EFICIENCIA.

CONTROL DE CALIDAD

Con el fin de determinar si los medios de cultivo preparados, no habían sido contaminados y contaban con los requerimientos nutricionales necesarios para los microorganismos, se realizaron pruebas de esterilidad y eficiencia:

Prueba de Esterilidad

Consistió en tomar el 5% de cada lote de Agar McConkey, Agar Chocolate y Agar Sangre preparado y llevarlo a incubación a una temperatura de 37 °C durante un periodo de 24 horas. Al transcurrir este tiempo se observó si había algún crecimiento de colonias en cada uno de los medios. La ausencia de crecimiento significa que el medio es apto para realizar la toma de muestras.

Prueba de Eficiencia

Esta prueba consistió en sembrar cepas de control ATCC, para Agar Sangre y Agar Chocolate *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), en Agar McConkey *E. coli* (ATCC 25922) y en Agar Saboreaud *Candida albicans*. Después de haber sido sembrado, la caja de petri con el medio de cultivo era llevado a incubación a 37°C durante 24 horas; transcurrido este tiempo se observaba si la cepa había crecido, con lo cual se daba la aprobación para ser utilizado en los muestreos.



UNIVERSIDAD DE LA SALLE
Educar para Pensar, Decidir y Servir

FUENTE:
MANUAL DE BERGEY

Anexo G

TABLA DE FELLER

Positive hole conversion table MAS-100

Merck KGaA, Darmstadt, Germany

r = Number of colony forming units counted on 90 mm Petridish

Pr = Probable statistical total

r	Pr	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	304	301	557	351	836		
2	2	52	56	102	118	152	191	202	281	252	307	302	561	352	844		
3	3	53	57	103	119	153	193	203	283	253	308	303	565	353	853		
4	4	54	58	104	120	154	194	204	285	254	309	304	569	354	861		
5	5	55	59	105	122	155	196	205	287	255	305	305	573	355	870		
6	6	56	60	106	123	156	197	206	289	256	306	306	578	356	879		
7	7	57	61	107	124	157	199	207	291	257	307	307	582	357	888		
8	8	58	63	108	126	158	201	208	293	258	308	308	586	358	897		
9	9	59	64	109	127	159	202	209	295	259	309	309	591	359	907		
10	10	60	65	110	128	160	204	210	297	260	310	310	595	360	917		
11	11	61	66	111	130	161	206	211	299	261	311	311	599	361	927		
12	12	62	67	112	131	162	207	212	301	262	312	312	604	362	937		
13	13	63	68	113	133	163	209	213	304	263	313	313	608	363	947		
14	14	64	70	114	134	164	211	214	306	264	314	314	613	364	955		
15	15	65	71	115	135	165	212	215	308	265	315	315	618	365	969		
16	16	66	72	116	137	166	214	216	310	266	316	316	622	366	981		
17	17	67	73	117	138	167	216	217	312	267	317	317	627	367	992		
18	18	68	74	118	140	168	218	218	314	268	318	318	632	368	1005		
19	19	69	76	119	141	169	219	219	317	269	319	319	637	369	1017		
20	20	70	77	120	142	170	221	220	319	270	320	320	642	370	1030		
21	21	71	78	121	144	171	223	221	321	271	321	321	647	371	1043		
22	22	72	79	122	145	172	224	222	323	272	322	322	652	372	1057		
23	23	73	80	123	147	173	226	223	325	273	323	323	657	373	1071		
24	24	74	82	124	148	174	228	224	328	274	324	324	662	374	1086		
25	25	75	83	125	150	175	230	225	330	275	325	325	667	375	1102		
26	26	76	84	126	151	176	232	226	332	276	326	326	673	376	1118		
27	27	77	85	127	153	177	233	227	335	277	327	327	678	377	1134		
28	28	78	87	128	154	178	235	228	337	278	328	328	684	378	1152		
29	29	79	88	129	156	179	237	229	339	279	329	329	689	379	1170		
30	30	80	89	130	157	180	239	230	342	280	330	330	695	380	1189		
31	31	81	90	131	158	181	241	231	344	281	331	331	701	381	1209		
32	32	82	92	132	160	182	242	232	346	282	332	332	706	382	1230		
33	33	83	93	133	161	183	244	233	349	283	333	333	712	383	1252		
34	34	84	94	134	163	184	246	234	351	284	334	334	718	384	1276		
35	35	85	95	135	164	185	248	235	353	285	335	335	724	385	1301		
36	36	86	97	136	166	186	250	236	356	286	336	336	730	386	1327		
37	37	87	98	137	167	187	252	237	358	287	337	337	737	387	1356		
38	38	88	99	138	169	188	254	238	361	288	338	338	743	388	1387		
39	39	89	101	139	171	189	255	239	363	289	339	339	749	389	1420		
40	40	90	102	140	172	190	257	240	366	290	340	340	756	390	1455		
41	41	91	103	141	174	191	259	241	368	291	341	341	763	391	1496		
42	42	92	104	142	175	192	261	242	371	292	342	342	769	392	1541		
43	43	93	105	143	177	193	263	243	373	293	343	343	776	393	1591		
44	44	94	107	144	178	194	265	244	376	294	344	344	783	394	1648		
45	45	95	108	145	180	195	267	245	378	295	345	345	791	395	1715		
46	46	96	110	146	181	196	269	246	381	296	346	346	798	396	1785		
47	47	97	111	147	183	197	271	247	384	297	347	347	805	397	1865		
48	48	98	112	148	185	198	273	248	386	298	348	348	813	398	1955		
49	49	99	114	149	186	199	275	249	389	299	349	349	820	399	2055		
50	50	100	115	150	188	200	277	250	391	300	350	350	828	400	2165		

Diese Tabelle basiert auf der Wahrscheinlichkeit, dass bei zunehmender Anzahl Mikroorganismen pro Probenahme mehrere Mikroorganismen in das gleiche Loch des Lochdeckels eintreten.

This table is based upon the principles that as the number of viable particles being impinged on a given plate increases, the probability of the next particle going into an "empty hole" decreases.

La méthode de correction statistique se base sur le principe suivant: la probabilité que, par prélèvement, plusieurs micro-organismes entrent dans le même trou du couvercle à trous plus le nombre de micro-organisme croît, augment.

El método de corrección estadística se basa en el siguiente principio: a mayor cantidad de microorganismos en cada toma de muestras, aumenta la probabilidad de que penetren varios microorganismos por el mismo orificio de la tapa.

The values in the table are calculated from the basic formula (Feller, 1950) $Pr = N \{1/N + 1/N-1 + 1/N-2 + \dots + 1/N-r+1\}$
Version: FELL_400_Merck_SW_01_A5



UNIVERSIDAD DE LA SALLE
Educar para Pensar, Decidir y Servir

FUENTE:
PROTOCOLO DE MAS

Anexo H

Anexo I

DATOS METEOROLOGICOS DE LAS TRES LOCALIDADES

LOCALIDAD DE KENNEDY			
Temperatura	Precipitación	Vel. Viento	Humedad
17,5	28,8	2,3	78,94
18	19,9	2,4	76,97
15,7	3,7	2,9	67,95
19	2,9	2,2	64,43
14,7	2,4	1,6	76,06
19	0	2,1	77,03
15	0,2	2,2	75,48
13,9	8,1	2,6	75,25
12,1	0,6	2,8	64,1
14,7	0,5	2,1	69,15
11	0,2	2,2	64,11
12,2	0	2,7	60,68

LOCALIDAD DE FONTIBÓN			
Temperatura	Precipitación	Vel. viento	Humedad
17,1	29,9	2,6	74,83
17	2,9	2,3	70,41
14	1,8	2,5	68,48
19	2,2	2,6	71,78
14,3	0,1	2,3	75,65
18,1	0	2,5	75,74
16	7,7	2,6	75,55
13,8	3,8	2,9	70,76
12	0,5	2,7	67,18
14,7	0,4	2,5	70,27
11	0,1	3,5	59,67
11,2	0	4,1	60,06

LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA			
Temperatura	Precipitación	Vel. Viento	Humedad
20,1	12,9	2,7	72,44
18	8,5	2,3	70,61
15,3	19,5	2,7	66,68
19,6	2,9	2,5	65,63
14,5	0,9	2,1	73,59
16,5	2,8	2,2	73,98
14,1	4,8	2,3	71,25
12,8	0,7	2,6	74,84
12	3	3	65,91
13,8	0	2,3	66,18
12,5	11,6	3,8	59,95
11,9	0	2,2	57,41



UNIVERSIDAD DE LA SALLE
Educar para Pensar, Decidir y Servir

FUENTE:
RM CAB

Anexo J

CONCENTRACIÓN DE UFC/m³ EN LA LOCALIDAD DE KENNEDY.

MUESTREOS	KMItra (UFC/m ³)	KMExtra (UFC/m ³)	KTItra (UFC/m ³)	KTEtra (UFC/m ³)
SEP/24/08	202	148	130	132
SEP/27/08	156	118	116	126
OCT/21/08	266	148	176	156
OCT/24/08	252	158	154	102
NOV/18/08	140	136	114	60
NOV/25/08	154	156	130	96
MAR/30/09	96	34	168	46
ABR/02/09	134	60	82	94
MAY/11/09	36	80	28	88
MAY/15/09	154	146	136	198
MAY/20/09	26	24	24	20
JUN/02/09	12	8	6	14



UNIVERSIDAD DE LA SALLE
Educar para Pensar, Decidir y Servir

FUENTE:
WINDY RUIZ LÓPEZ
DANIELA PINZÓN LÓPEZ

Anexo K

CONCENTRACIÓN DE UFC/m³ EN LA LOCALIDAD DE FONTIBÓN.

MUESTREOS	FMIntra (UFC/m³)	FMExtra (UFC/m³)	FTIntra (UFC/m³)	FTExtra (UFC/m³)
SEP/24/08	206	166	446	206
SEP/27/08	236	118	116	276
OCT/21/08	408	144	164	198
OCT/24/08	270	136	328	180
NOV/18/08	168	66	104	80
NOV/25/08	166	142	164	122
MAR/30/09	174	48	44	40
ABR/02/09	40	144	204	164
MAY/11/09	60	32	104	32
MAY/15/09	74	66	66	80
MAY/20/09	22	14	14	20
JUN/02/09	14	8	8	8



UNIVERSIDAD DE LA SALLE
Educar para Pensar, Decidir y Servir

FUENTE:
WINDY RUIZ LÓPEZ
DANIELA PINZÓN LÓPEZ

CONCENTRACIÓN DE UFC/m³ EN LA LOCALIDAD DE PUENTE ARANDA.

MUESTREOS	PMIntra (UFC/m³)	PMExtra (UFC/m³)	PTIntra (UFC/m³)	PTExtra (UFC/m³)
SEP/24/08	108	130	220	184
SEP/27/08	198	174	196	180
OCT/21/08	152	184	174	238
OCT/24/08	156	176	114	160
NOV/18/08	120	96	104	98
NOV/25/08	152	136	176	100
MAR/30/09	44	98	52	64
ABR/02/09	186	98	158	86
MAY/11/09	152	180	240	130
MAY/15/09	50	60	64	48
MAY/20/09	56	34	94	30
JUN/02/09	14	12	8	12



UNIVERSIDAD DE LA SALLE
Educar para Pensar, Decidir y Servir

FUENTE:
WINDY RUIZ LÓPEZ
DANIELA PINZÓN LÓPEZ

Anexo M

FAMILIA, GENERO Y ESPECIE, ENCONTRADAS EN EL JARDÍN INFANTIL SOLIDARIDAD POR COLOMBIA ANTES Y DEPUES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS HELECHOS (*Nephrolepis*).

INTRAMURAL ANTES		
FAMILIA	GENERO	ESPECIE
Moraxellaceae	<i>Acinetobacter</i>	<i>calcoaceticus</i>
Bacillaceae	<i>Bacillus</i>	<i>alvei</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>circulans</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>laterosporus</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>licheniformis</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>polimyxa</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>sphaericus</i>
Corynebacteriaceae	<i>Corynebacterium</i>	<i>accolens</i>
Enterobacteriaceae	<i>Enterobacter</i>	<i>gergoviae</i>
Micrococcaceae	<i>Staphylococcus</i>	<i>aureus</i>
Neisseriaceae	<i>Neisseria</i>	<i>elongata</i>
Vibrionaceae	<i>Aeromonas</i>	<i>salmonicola</i>

INTRAMURAL DESPUES		
FAMILIA	GENERO	ESPECIE
Bacillaceae	<i>Bacillus</i>	<i>amylolatus</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>firmus</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>lentus</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>megaterium</i>
Corynebacteriaceae	<i>Corynebacterium</i>	<i>accolens</i>
Micrococcaceae	<i>Staphylococcus</i>	<i>arletae</i>
Neisseriaceae	<i>Neisseria</i>	<i>elongata</i>
Vibrionaceae	<i>Aeromonas</i>	<i>salmonicola</i>



UNIVERSIDAD DE LA SALLE
Educar para Pensar, Decidir y Servir

FUENTE:
WINDY RUIZ LÓPEZ
DANIELA PINZÓN LÓPEZ

Anexo N

FAMILIA, GENERO Y ESPECIE, ENCONTRADAS EN EL JARDÍN INFANTIL RAFAEL POMBO ANTES Y DEPUES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS HELECHOS (*Nephrolepis*).

INTRAMURAL ANTES		
FAMILIA	GENERO	ESPECIE
Actinomycetaceae	<i>Actinomices</i>	<i>israelii</i>
Alcaligenaceae	<i>Alcaligenes</i>	<i>fecalis</i>
Bacillaceae	<i>Bacillus</i>	<i>alvei</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>brevis</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>cereus</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>circulans</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>Megaterium</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>sphaericus</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>stearotherophilus</i>
Corynebacteriaceae	<i>Corynebacterium</i>	<i>afementans</i>
	<i>Corynebacterium</i>	<i>argenteratense</i>
	<i>Corynebacterium</i>	<i>flavecense s</i>
	<i>Corynebacterium</i>	<i>haemolyticom</i>
	<i>Corynebacterium</i>	<i>flavecense s</i>
	<i>Corynebacterium</i>	<i>pilosum</i>
Micrococcaceae	<i>Staphylococcus</i>	<i>aureus</i>
Neisseriaceae	<i>Neisseria</i>	<i>elonga</i>

INTRAMURAL DEPUES		
FAMILIA	GENERO	ESPECIE
Actinomycetaceae	<i>Actinomices</i>	<i>israelii</i>
Alcaligenaceae	<i>Alcaligenes</i>	<i>fecalis</i>
Bacillaceae	<i>Bacillus</i>	<i>alvei</i>
Corynebacteriaceae	<i>Corynebacterium</i>	<i>amycolatum</i>
Enterobacteriaceae	<i>Escherichia</i>	<i>coli</i>
Micrococcaceae	<i>Staphylococcus</i>	<i>ardetae</i>
Neisseriaceae	<i>Neisseria</i>	<i>macacae</i>
Vibrionaceas	<i>Aeromona</i>	<i>hidrophyla</i>



UNIVERSIDAD DE LA SALLE
Educar para Pensar, Decidir y Servir

FUENTE:
WINDY RUIZ LÓPEZ
DANIELA PINZÓN LÓPEZ

Anexo Ñ

FAMILIA, GENERO Y ESPECIE, ENCONTRADAS EN EL JARDÍN INFANTIL ANTONIO NARIÑO ANTES Y DEPUES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS HELECHOS (*Nephrolepis*).

INTRAMURAL ANTES		
FAMILIA	E SPECIE	GENERO
Alcaligenaceae	<i>Alcaligenes</i>	<i>adorans</i>
Bacillaceae	<i>Bacillus</i>	<i>alvei</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>circulans</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>laterosporus</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>megaterium</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>polimyxa</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>pumilus</i>
	<i>Bacillus</i>	<i>stearothermophilus</i>
Corynebacteriaceae	<i>Corynebacterium</i>	<i>acolens</i>
Enterobacteriaceae	<i>Flavobacterium</i>	<i>modovorum</i>
Micrococcaceae	<i>Staphylococcus</i>	<i>arletae</i>
Neisseriaceae	<i>Neisseria</i>	<i>cinerea</i>

INTRAMURAL DESPUES		
FAMILIA	GENERO	E SPECIE
Actinomycetaceae	<i>Actinomices</i>	<i>israelii</i>
Alcaligenaceae	<i>Alcaligenes</i>	<i>fecalis</i>
Corynebacteriaceae	<i>Corynebacterium</i>	<i>afementans</i>
Flavobacteriaceae	<i>Flavobacterium</i>	<i>multivarum</i>
Enterobacteriaceae	<i>Hafnia</i>	<i>alvei</i>
Neisseriaceae	<i>Neisseria</i>	<i>kochii</i>
Micrococcaceae	<i>Staphylococcus</i>	<i>arletae</i>



UNIVERSIDAD DE LA SALLE
Educar para Pensar, Decidir y Servir

FUENTE:
WINDY RUIZ LÓPEZ
DANIELA PINZÓN LÓPEZ

