

**EVALUACION DE LAS PARTÍCULAS VIABLES BIOLÓGICAS EMITIDAS  
DESDE EL RELLENO SANITARIO PALANGANA DEL DISTRITO DE SANTA  
MARTA, COLOMBIA**



**ANDRES MAURICIO VELEZ PEREIRA**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
SANTA MARTA, D.T.C.H.  
2008**

**EVALUACION DE LAS PARTÍCULAS VIABLES BIOLÓGICAS EMITIDAS  
DESDE EL RELLENO SANITARIO PALANGANA DEL DISTRITO DE SANTA  
MARTA, COLOMBIA**

**ANDRES MAURICIO VELEZ PEREIRA**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de:**

**INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO**

**Director de Tesis**

**YINIVA CAMARGO CAICEDO**

**Ingeniero Químico, MsC.**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
SANTA MARTA, D.T.C.H.  
2008**

**Nota de aceptación**



---

---

---

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Santa Marta, 23 de mayo de 2009**

A Luis Eduardo Velez Tovar, Beatriz Elena Pereíra Robles

Mís Padres

Por ser los forjadores de mí vida, por enseñarme con sus  
valiosos consejos y sabiduría a ser la persona que hoy soy,  
Gracias de todo Corazón

A Luis E Velez Pereíra, Adriana M Velez Pereíra

Mís Hermanos

Por ser mí amigos, compañeros y confidentes

Oronte Pereíra Barranco

Q.E.P.D.

Siempre tendrá un lugar en mí corazón.

Andrés Mauricio Velez Pereíra

## AGRADECIMIENTOS

Yiniva Camargo Caicedo por su oportunidad, la confianza, enseñanzas y apoyo brindado en las labores de investigación.

Fondo Interno de Investigación de la Universidad del Magdalena – FONCIENCIAS 2007.

Ingeniero Luis Manjarres, por su respaldo como Vicerrector de Investigación.

INTERASEO S.A., brindarnos sus instalaciones como escenario de este proyecto de investigación.

Ingeniería Leda Mendoza, por su colaboración en taxonomía fungí.

Lineth Cantillo, por su colaboración como Coordinadora del Laboratorio de Microbiología.

Isaac Romero, por su apoyo logístico en el desarrollo de la propuesta.

Sandra Balaguera Rincones, Luis Vélez Pereira, Tatiana Guerreo Vélez, Luis Carlos Guerrero Vélez y Diego Peñaloza Ruiz, por su apoyo incondicional en las labores de campo y la ejecución del proyecto.

Luz Parodi y Marisela Mendoza practicantes de microbiología de la UPC, quienes fueron pieza clave en el análisis de laboratorio.

Ingeniería Eliana Vergara Vázquez por su apoyo incondicional en las labores administrativas de este proyecto.

Ingeniero Francisco García, Ingeniero Jorge Mazonett y el Ingeniero Gerardo Angulo cuentas por sus valiosos aportes para el desarrollo de esta tesis.

Doctor Miguel Ángel Sánchez-Monedero del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España (CEBAS-CSIC), por sus contribuciones para la construcción de este documento.

Katuska Ariza Campo, por su asesoría.

Ingeniera Irma Quintero y Kira Nuñez por la colaboración prestada en la consecución del equipo necesario para el desarrollo de esta propuesta

TABLA DE CONTENIDO

<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.</b>	<b>xvi</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b>	<b>xxi</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>22</b>
<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>24</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>27</b>
2.1. Identificación del Problema	27
2.2. Justificación	32
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	<b>35</b>
3.1 Microorganismos en el Aire	37
3.2 Microorganismos asociados a Rellenos Sanitarios	42
3.3 Aerodinámica de Partículas Viables Biológicas	46
<b>4. OBJETIVOS.</b>	<b>52</b>
4.1. OBJETIVO GENERAL	52
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	52
<b>5. METODOLOGIA</b>	<b>53</b>
5.1.2 Características generales del área de estudio	54
5.1.2.1 <i>Climatología</i>	54
5.1.2.1.1 <i>Temperatura</i>	54
5.1.2.1.2 <i>Humedad</i>	55
5.1.2.1.3 <i>Velocidad y Dirección de Vientos</i>	56
5.1.2.1.4 <i>Precipitación</i>	58
5.1.2.2 <i>Topografía</i>	59
5.2 Muestreo en la zona de estudio.	60
5.2.1 Estaciones de Muestreo	60
5.2.2 Equipos	67
5.2.3 Toma de la Muestra	70
5.2.3.1 <i>Codificación de las muestras</i>	71

5.3	Cuantificación del material e identificación de organismos	72
5.3.1	Cuantificación del Material	72
5.3.2	Determinación de la Concentración	73
5.3.2.1	<i>Determinación de la concentración por ensayo</i>	73
5.3.2.2	<i>Determinación de la concentración por etapa</i>	74
5.3.2.3	<i>Determinación de la concentración por jornada</i>	74
5.3.2.4	<i>Determinación de la Concentración Promedio</i>	74
5.4	Procesamiento y Análisis de los resultados	74
5.4.1	Tabulación de la información	74
5.4.2	Representación de los resultados	74
5.4.2.1	<i>Representación de descriptivas de los resultados</i>	74
5.4.2.2	<i>Distribución espacio-temporal</i>	75
5.1.1.	Análisis de los Resultados	75
5.1.1.1.	<i>Análisis estadístico.</i>	75
6.	<b>DATOS</b>	76
6.1.	Unidades formadoras de colonias	76
6.2.	Datos Meteorológicos	76
7.	<b>RESULTADOS</b>	77
7.1.	Representación de Descriptivas de las concentraciones.	77
7.1.1.	Concentración de Bioaerosoles.	77
7.1.1.1.	<i>Resultado de la concentración en las diferentes muestras.</i>	77
7.1.2.	Promedio de la concentración por Etapa.	85
7.1.2.1.	<i>Tablas de Promedio de la Concentración por Etapa.</i>	85
7.1.2.2.	<i>Figuras de las concentraciones por etapa</i>	89
7.1.3.	Promedios por Jornada	93
7.1.3.1.	<i>Tabla de promedio por Jornada</i>	93
7.1.3.2.	<i>Figuras de promedio por Jornada</i>	94
7.1.4.	Promedio geométrico de las concentraciones	98
7.1.4.1.	<i>Tablas de la concentración geométrica por estación</i>	98
7.1.4.2.	<i>Figura del promedio geométrico</i>	99

7.1.5.	Distribución de Microorganismos por tipo o medio de cultivo.	100
7.1.5.1.	<i>Tabla de distribución de microorganismos por tipo o medio de cultivo</i>	100
7.1.5.2.	<i>Figuras de distribución de microorganismos por tipo o medio de cultivo</i>	101
7.1.6.	Distribución de microorganismo por tamaño	102
7.1.6.1.	<i>Tabla de Distribución de microorganismos por tamaño</i>	102
7.1.6.2.	<i>Figuras de distribución de microorganismos por tamaño.</i>	103
7.1.7.	Distribución de Heterotróficos por Morfología y Gram	104
7.1.7.1.	<i>Tabla de Distribución de Heterotróficos por Morfología y Gram</i>	104
7.1.7.2.	<i>Figuras de Distribución de Heterotróficos por Morfología y Gram</i>	104
7.1.8.	Distribución de Hongos por Genero	105
7.1.8.1.	<i>Tabla de Distribución de Hongos por Genero</i>	105
7.1.8.2.	<i>Figuras de Distribución de Hongos por Género</i>	106
7.2.	Distribución Espacio-temporal.	108
7.2.1.	Distribución Espacio Temporal de las concentraciones por Etapa (Promedio de la Concentración por medio y jornada).	108
7.2.1.1.	<i>Distribución espacio Temporal de las Concentraciones en el Muestreo 1.</i>	108
7.2.1.2.	<i>Distribución espacio Temporal de las Concentraciones en el Muestreo 2.</i>	111
7.2.1.3.	<i>Distribución espacio Temporal de las Concentraciones en el Muestreo 3.</i>	114
7.2.1.4.	<i>Distribución espacio Temporal de las Concentraciones en el Muestreo 4.</i>	117
7.2.1.5.	<i>Distribución espacio Temporal de las Concentraciones en el Muestreo 5.</i>	120

<b>7.2.1.6.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal de las Concentraciones en el Muestreo 6.</i></b>	<b>123</b>
<b>7.2.2.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal del Promedio Geométrico de la Concentración.</i></b>	<b>127</b>
7.2.2.1.	<i>Distribución espacio Temporal Promedio Geométrico de la Concentración de Staphylococcus.</i>	127
<b>7.2.2.2.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal Promedio Geométrico de la Concentración de Hongo.</i></b>	<b>128</b>
<b>7.2.2.3.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal Promedio Geométrico de la Concentración de Heterotróficos (Mesofilos).</i></b>	<b>129</b>
<b>7.2.3.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal de las morfologías de las Bacterias Heterotróficas (Mesofilas).</i></b>	<b>131</b>
7.2.3.1.	<i>Distribución espacio Temporal de Bacilos.</i>	131
7.2.3.2.	<i>Distribución espacio Temporal de Bacilos Esporulados.</i>	132
7.2.3.3.	<i>Distribución espacio Temporal de Cocos.</i>	133
7.2.3.4.	<i>Distribución espacio Temporal de Cocobacilos.</i>	134
<b>7.2.3.5.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal de Diplococos.</i></b>	<b>135</b>
<b>7.2.4.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal de los géneros de Hongos.</i></b>	<b>136</b>
<b>7.2.4.1.</b>	<b><i>Distribución de géneros de hongo Parte 1. (Acremonium, alternaria, Blastomyces, Chordium, Curvularia, Fusarium).</i></b>	<b>136</b>
<b>7.2.4.2.</b>	<b><i>Distribución de de hongo Parte 2. (Geotrichum, Gonatobotrys, Hormicium, Mucor, Oidium, Penicillium).</i></b>	<b>137</b>
<b>7.2.4.3.</b>	<b><i>Distribución de Genero de hongo Parte 3. (Petronellacea, Pullularia, Rhizopus, Sporobolomyces, Streptomyces, Verticillium)</i></b>	<b>138</b>
<b>7.2.4.4.</b>	<b><i>Distribución de Genero de de hongo Parte 4. (Genero Aspergillus y las especies reportadas A. Flavus, A. Fugimatus, A. Niger, A. Terrus).</i></b>	<b>139</b>
<b>7.2.5.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal del Promedio Geométrico de la Concentración en el relleno sanitario</i></b>	<b>140</b>
<b>7.2.5.1.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal Promedio Geométrico de la Concentración de Staphylococcus en el relleno sanitario.</i></b>	<b>141</b>



<b>7.2.5.2.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal Promedio Geométrico de la Concentración de Hongo en el relleno sanitario.</i></b>	<b>142</b>
<b>7.2.5.3.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal Promedio Geométrico de la Concentración de Heterotróficas (Mesofilas) en el relleno sanitario.</i></b>	<b>143</b>
<b>7.2.6.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal de los Morfotipos de bacterias Heterotróficas (Mesofilas) en el relleno sanitario</i></b>	<b>144</b>
<b>7.2.6.1.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal de Bacilos en el relleno sanitario.</i></b>	<b>144</b>
<b>7.2.6.2.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal de Bacilos Esporulados en el relleno sanitario.</i></b>	<b>146</b>
<b>7.2.6.3.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal de Cocos en el relleno sanitario.</i></b>	<b>147</b>
<b>7.2.6.4.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal Cocobacilos en el relleno sanitario.</i></b>	<b>148</b>
<b>7.2.6.5.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal de Diplococo en el relleno sanitario.</i></b>	<b>149</b>
<b>7.2.7.</b>	<b><i>Distribución espacio Temporal de los genero y especies de hongo en el relleno sanitario</i></b>	<b>151</b>
<b>7.2.7.1.</b>	<b><i>Distribución de géneros de hongo en el Relleno Sanitario Parte 1. (Acremonium, alternaria, Blastomyces, Choridium, Curvularia, Fusarium).</i></b>	<b>151</b>
<b>7.2.7.2.</b>	<b><i>Distribución de de hongo en el Relleno Sanitario Parte 2. (Geotrichum, Gonatobotrys, Hormicium, Mucor, Oidium, Penicillium).</i></b>	<b>152</b>
<b>7.2.7.3.</b>	<b><i>Distribución de Genero de hongo en el Relleno Sanitario Parte 3. (Petronellacea, Pullularia, Rhizopus, Sporobolomyces, Streptomyces, Verticillium)</i></b>	<b>153</b>
<b>7.2.7.4.</b>	<b><i>Distribución de Genero de de hongo Parte 4. en el Relleno Sanitario (Genero Aspergillus y las especies reportadas A. Flavus, A. Fugimatus, A. Niger, A. Terrus).</i></b>	<b>154</b>
<b>8.</b>	<b><i>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</i></b>	<b>156</b>
<b>8.1.</b>	<b><i>Análisis Estadístico de los Resultados.</i></b>	<b>156</b>

<b>8.1.1.</b>	<i>Análisis de Varianza por tipo de microorganismo en función de la jornada.</i>	<u>156</u>
<b>8.1.1.1.</b>	<i>Análisis de Varianza para Staphylococcus en la Mañana</i>	<u>156</u>
<b>8.1.1.2.</b>	<i>Análisis de Varianza para Staphylococcus en la Tarde</i>	<u>159</u>
<b>8.1.1.3.</b>	<i>Análisis de Varianza para Hongos en la Mañana</i>	<u>161</u>
<b>8.1.1.4.</b>	<i>Análisis de Varianza para Hongo en la Tarde</i>	<u>163</u>
<b>8.1.1.5.</b>	<i>Análisis de Varianza para Bacterias Heterotróficas en la Mañana</i>	<u>165</u>
<b>8.1.1.6.</b>	<i>Análisis de Varianza para Bacterias Heterotróficas en la Tarde</i>	<u>167</u>
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<u>170</u>
<b>9.1.</b>	<b>Caracterización de los microorganismos presentes</b>	<u>170</u>
<b>9.2.</b>	<b>Cuantificación de los aportes de microorganismo emitidos desde el Relleno Sanitaria Palangana.</b>	<u>172</u>
<b>9.3.</b>	<b>Distribución Espacio-temporal de los microorganismo presentes</b>	<u>173</u>
<b>9.4.</b>	<b>Establecimiento del comportamiento aerodinámico de las partículas</b>	<u>174</u>
<b>10.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<u>176</u>
<b>11.</b>	<b>ANEXOS</b>	<u>196</u>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes Naturales y Antropogénicas que aportan bacterias a la atmósfera	39
Tabla 2. Fracción celular en los aerosoles atmosféricos en número	40
Tabla 3. Coordenadas de los puntos de muestreo	64
Tabla 4 Unidades formadoras de colonias en la Celda Activa CA.	78
Tabla 5 Unidades formadoras de colonias en la Celda Pasiva CP.	79
Tabla 6 Unidades formadoras de colonias en la Piscina de Lixiviado PL.	80
Tabla 7 Unidades formadoras de colonias en Altos de Bahía Concha AB.	81
Tabla 8 Unidades formadoras de colonias en Fundadores F.	82
Tabla 9 Unidades formadoras de colonias en Bastidas EB.	83
Tabla 10 Unidades formadoras de colonias en el Blanco B.	84
Tabla 11 Promedio de la concentración de microorganismo en función de las condiciones de muestreo (Estación, Medio, Etapa, Jornada)	85
Tabla 12 Promedio de microorganismo por estación en función del medio	93
Tabla 13 Distribución de microorganismo por tipo o medio de cultivo	98
Tabla 14 Distribución de microorganismo por tipo o medio de cultivo	100
Tabla 15 Distribución de la partícula por tamaño	102
Tabla 16 Distribución de Heterotróficos por Morfología y Gram	104
Tabla 17 Distribución de Hongos por Genero	106
Tabla 18 Análisis de Varianza para Concentracion - Suma de Cuadrados Tipo III	156
Tabla 19 Prueba de rangos múltiples con Método: 95% LSD, aplicada a la concentración de Staphylococcus en la mañana.	157
Tabla 20 Diferencias significativas entre las estaciones	158
Tabla 21 Análisis de Varianza de las concentraciones en las diversas estaciones	159
Tabla 22 Prueba de rangos múltiples con Método: 95% LSD, aplicada a la concentración de Staphylococcus en la mañana.	159
Tabla 23 Diferencias significativas entre las estaciones	160

Tabla 24 Análisis de Varianza de las concentraciones en las diversas estaciones	161
Tabla 35 Prueba de rangos múltiples con Método: 95% LSD, aplicada a la concentración de hongo en la mañana.	161
Tabla 36 Diferencias significativas entre las estaciones	162
Tabla 27 Análisis de Varianza de las concentraciones en las diversas estaciones	163
Tabla 28 Prueba de rangos múltiples con Método: 95% LSD, aplicada a la concentración de Staphylococcus en la mañana.	163
Tabla 29 Diferencias significativas entre las estaciones	164
Tabla 40 Análisis de Varianza de las concentraciones en las diversas estaciones	165
Tabla 31 Prueba de rangos múltiples con Método: 95% LSD, aplicada a la concentración de Bacterias Heterotróficas en la mañana.	165
Tabla 32 Diferencias significativas entre las estaciones	166
Tabla 33 Análisis de Varianza de las concentraciones en las diversas estaciones	167
Tabla 34 Prueba de rangos múltiples con Método: 95% LSD, aplicada a la concentración de Bacterias Heterotróficas en la mañana.	167
Tabla 35 Diferencias significativas entre las estaciones	168
Tabla 36 Unidades formadoras de colonias en la Celda Activa CA	201
Tabla 37 Unidades formadoras de colonias en la Celda Pasiva CP	202
Tabla 38 Unidades formadoras de colonias en la Piscina de Lixiviado PL	203
Tabla 39 Unidades formadoras de colonias en Altos de Bahía Concha AB	204
Tabla 40 Unidades formadoras de colonias en Fundadores F	205
Tabla 41 Unidades formadoras de colonias en Bastidas EB	206
Tabla 44 Unidades formadoras de colonias en el Blanco B	207
Tabla 43 Parámetros Meteorológicos en el muestreo 4.	209
Tabla 44 Parámetros Meteorológicos en el muestreo 5	210
Tabla 45 Parámetros Meteorológicos en el muestreo 6	211
Tabla 46 Fundamento del Agar Standard Plate Count (SPC)	213

Tabla 47 Fundamento del Agar Baird Parker_____	213
Tabla 48 Fundamento del Agar Sabouraud Dextrosa 2%_____	213

## LISTA DE FIGURAS.

Figura 1 Distribución por tamaño de Partículas Viables Biológicas _____	36
Figura 2 Ubicación de la zona de estudio _____	53
Figura 3. Plano de ubicación de la zona de estudio _____	54
Figura 4. Variación espacial de la media anual de la Temperatura en el Magdalena _____	55
Figura 5. Variación Anual de la Temperatura en Santa Marta _____	55
Figura 6. Variación Anual de la Temperatura en Santa Marta _____	56
Figura 7. Distribución espacial de la velocidad de los vientos en el Magdalena _	57
Figura 8. Rosa de vientos en Santa Marta _____	58
Figura 9. Distribución espacial de la velocidad de la precipitación en el Magdalena _____	59
Figura 10. Variación Anual de la Precipitación en Santa Marta _____	59
Figura 11. Perspectiva de la Orografía en el Área de Estudio _____	60
Figura 12. Estación Celda Activa _____	62
Figura 13. Estación Celda Pasiva _____	63
Figura 14. Estación Piscinas de Lixiviado _____	63
Figura 15. Estación Altos de Bahía Concha _____	64
Figura 16. Estación Bastidas _____	64
Figura 17. Plano de Ubicación de las Estaciones dentro del Relleno _____	66
Figura 18. Plano de Ubicación de las Estaciones en las comunidades _____	66
Figura 19. Impactador de Cascada Marca Tisch Environmental de 2 etapas ____	67
Figura 20. Etapas del impactador de Cascada _____	68
Figura 21. Distribución de los tamaños de las partículas según las etapas y su comparación con el sistema respiratorio humano. _____	69
Figura 22. Anemómetro Kestler 4000. _____	70
Figura 23 Concentración en la Celda Activa _____	89
Figura 24 Concentración en la Celda Pasiva _____	89
Figura 25 Concentración en la Piscina de Lixiviado _____	90
Figura 26 Concentración de Staphylococcus en Altos de Bahía Concha _____	90
Figura 27 Concentración en Fundadores _____	91

Figura 28 Concentración en Bastidas _____	91
Figura 29. Concentración de Staphylococcus en el Blanco _____	92
Figura 30. Concentración en la Celda Activa _____	94
Figura 31. Concentración de en la Celda Pasiva _____	95
Figura 32. Concentración en la Piscina de Lixiviado _____	95
Figura 33. Concentración en Altos de Bahía Concha _____	96
Figura 34. Concentración en Fundadores _____	96
Figura 35. Concentración en Bastidas _____	97
Figura 36. Concentración en el Blanco _____	97
Figura 37 Concentración de Promedio de la concentración. _____	99
Figura 38. Distribución por tipo de microorganismos por tipo o medio de cultivo	101
Figura 39 Distribución por tamaño de la partícula en la Celda Activa _____	103
Figura 40. Distribución de Heterotróficos por Morfología y Gram. _____	105
Figura 41. Distribución de Hongos por Género de hongos. _____	107
Figura 42. Distribución espacial de Staphylococcus muestreo 1 _____	108
Figura 43. Distribución espacial de hongos muestreo 1 _____	109
Figura 44 Distribución espacial de Heterotróficos (Mesofilos) muestreo 1 _____	110
Figura 45. Distribución espacial de Staphylococcus muestreo 2 _____	111
Figura 46. Distribución espacial de hongos muestreo 2 _____	112
Figura 47. Distribución espacial de Heterotróficos (Mesofilos) muestreo 2 _____	113
Figura 48. Distribución espacial de Staphylococcus muestreo 3 _____	114
Figura 49. Distribución espacial de hongos muestreo 3 _____	115
Figura 50. Distribución espacial de Heterotróficos (Mesofilos) muestreo 3 _____	116
Figura 51. Distribución espacial de Staphylococcus muestreo 4 _____	117
Figura 52 Distribución espacial de hongos muestreo 4 _____	118
Figura 53. Distribución espacial de Heterotróficos (Mesofilos) muestreo 4 _____	119
Figura 54. Distribución espacial de Staphylococcus muestreo 5 _____	120
Figura 55. Distribución espacial de hongos muestreo 5 _____	121
Figura 56. Distribución espacial de Heterotróficos (Mesofilos) muestreo 5 _____	122
Figura 57. Distribución espacial de Staphylococcus muestreo 6 _____	123
Figura 58 Distribución espacial de hongos muestreo 6 _____	124

Figura 59. Distribución espacial de Heterotróficos (Mesofilos) muestreo 6	125
Figura 60. Distribución espacial del promedio geométrico de la concentración de Staphylococcus	127
Figura 61. Distribución espacial del promedio geométrico de la concentración de Hongos	128
Figura 62. Distribución espacial del promedio geométrico de la concentración de Heterotróficos (Mesofilos)	129
Figura 63. Distribución espacial de Bacilos	131
Figura 64. Distribución espacial de Bacilos Esporulados	132
Figura 65. Distribución espacial de Cocos	133
Figura 66. Distribución espacial Cocobacilos	134
Figura 67. Distribución espacial de Diplococos	135
Figura 68. Distribución espacial de Géneros de Hongos (Parte 1)	136
Figura 69. Distribución espacial de Géneros de Hongos (Parte 2)	137
Figura 70. Distribución espacial de Géneros de Hongos (Parte 3)	138
Figura 71. Distribución espacial de Géneros de Hongos (Parte 4 Aspergillus y Sus Especies)	139
Figura 72. Distribución espacial del promedio geométrico de la concentración de Staphylococcus en el Relleno Sanitario	141
Figura 73. Distribución espacial del promedio geométrico de la concentración de Hongos en el Relleno Sanitario	142
Figura 74. Distribución espacial del promedio geométrico de la concentración de Heterotróficos (Mesofilos) en el Relleno Sanitario.	143
Figura 75. Distribución espacial de Bacilos en el Relleno Sanitario	145
Figura 76. Distribución espacial de Bacilos Esporulados en el Relleno Sanitario.	146
Figura 77. Distribución espacial de Cocos en el Relleno Sanitario	147
Figura 78. Distribución espacial de Cocobacilos en el Relleno Sanitario	148
Figura 79. Distribución espacial de Diplococos en el Relleno Sanitario.	149
Figura 80. Distribución espacial de Géneros de Hongos en el Relleno Sanitario (Parte 1)	151

Figura 81. Distribución espacial de Géneros de Hongos en el Relleno Sanitario (Parte 2)	152
Figura 82. Distribución espacial de Géneros de Hongos en el Relleno Sanitario (Parte 3)	153
Figura 83. Distribución espacial de Géneros de Hongos en el Relleno Sanitario (Parte 4 Aspergillus y Sus Especies)	154
Figura 84. sinopsis de las medias de Staphylococcus en la Mañana por estación.	157
Figura 85. sinopsis de las medias de Staphylococcus en la tarde por estación.	160
Figura 86. Sinopsis de las medias de Hongo en la Mañana por estación.	162
Figura 87. Sinopsis de las medias de hongos en la tarde por estación.	164
Figura 88. sinopsis de las medias de Bacterias Heterotróficas en la Mañana por estación.	166
Figura 59. Sinopsis de las medias de Bacterias Heterotróficas en la tarde por estación.	168
Figura 90. Bacilos Gram +	215
Figura 91. Bacilos Gram -	215
Figura 92. Bacilos Esporulados Gram+	215
Figura 93. Cocos Gram -	215
Figura 94. Cocos Gram +	215
Figura 95. Mucor	217
Figura 96. Curvularia	217
Figura 97. Peyronellacea	217
Figura 98. Fusarium	217
Figura 99. Aspergillus Terrus	217
Figura 100. Aspergillus Niger	217
Figura 101. Aspergillus Flavus	218
Figura 102. Penicillum	218
Figura 103. Pullularia	218
Figura 104. Monillia	218
Figura 105. Hormicium	218

Figura 106. Geotrichum	218
Figura 107. Rhizopus	219
Figura 108. Blastomyces	219
Figura 109. Alternaria	219
Figura 110. Verticillium	219
Figura 111. Streptomyces	219
Figura 112. Sporobolomyces	219

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de recuento y caracterización de Heterotróficos Mesofilos y Staphylococcus _____	196
Anexo 2. Formato de recuento y caracterización de Hongos _____	198
Anexo 3. Unidades Formadora de Colonias obtenidas en las diferentes estaciones de muestreo. _____	200
Anexo 4. Datos Meteorológicos. _____	208
Anexo 5. Fundamentos de los medios de cultivo. _____	212
Anexo 6. Figuras Microscópicas de las Bacterias Heterotróficas _____	214
Anexo 7. Figuras Microscópicas de los géneros de Hongos. _____	216



## RESUMEN

Los sistemas de disposición y tratamiento de residuos sólidos pueden contribuir a la presencia y dispersión de Partículas Viables Biológicas en las diversas etapas del proceso, convirtiéndose en una potencial fuente de riesgo para la salud de los trabajadores de estos sitios y de la población residente en las zonas aledañas. Como consecuencia se realizó este estudio cuyo objetivo consistió en realizar la evaluación de las partículas de origen biológico emitidas desde el Relleno Sanitario Palangana del Distrito de Santa Marta, mediante la cuantificación, clasificación y distribución espacio-temporal de los microorganismos patógenos presentes en el área de estudio.

Se seleccionaron (6) seis estaciones de monitoreo ubicadas en el área de influencia del Relleno Sanitario Palangana y sobre un eje imaginario trazado en la dirección del viento: Laguna de lixiviados (1), Celda Activa del Relleno Sanitario (1), Celda Pasiva del Relleno Sanitario (1) y Comunidad de Fundadores (1), Altos de Bahía Concha (1) y Bastidas (1), y una estación de control (blanco) aislada de la influencia directa de las emisiones del relleno sanitario. En estos puntos se realizaron (6) seis muestreos en jornadas mañana y tarde, utilizando para la recolección de muestras un impactador de cascada de dos etapas, a un flujo constante de 28.3 l/min y ubicado a una altura de 1.5 m. El impactador de cascada fue provisto de cajas petri con medios de cultivo selectivos para la cuantificación e identificación de microorganismos patógenos específicos: Agar Saboureaud con dextrosa al 2% para el conteo de hongos, Agar Standard Plate Count para mesófilos y Agar Baird Parker para *Staphylococcus*.

Las muestras recolectadas luego de un periodo de incubación de cinco días para hongos y de 24 a 48 horas para bacterias y su conteo e identificación, reportaron que el género más predominante de hongos corresponde al *Aspergillus spp* con 45.50%, siendo la especie más predominante *Aspergillus Terrus* (41,80%); en el caso de las bacterias, la morfología con más predominancia corresponde a los

bacilos con 77.58% en las muestras colectadas. El mayor número de partículas colectadas se reportaron en la etapa seis del impactador de cascada que colecta material de diámetro respirable entre 0.65 y 2.10  $\mu\text{m}$ ; a pesar de esto se registran concentraciones de microorganismos inferiores a los reportados en estudios semejantes en otros países, pero se recomienda monitoreo periódico de emisiones de partículas para evaluar el nivel de riesgo para los trabajadores expuestos.

**Palabras clave:** Rellenos Sanitarios, Partículas Viables Biológicas, Residuos Sólidos, Impactador de Cascada

## 1. INTRODUCCION

Recientes estudios sobre contaminación del aire y salud en América Latina y el Caribe establecen una asociación entre morbilidad y mortalidad con el deterioro de la calidad del aire en los principales centros urbanos, convirtiéndose esta situación en motivo de preocupación desde el punto de vista de salud pública. Dentro de las actividades antropogénicas generadoras de emisiones atmosféricas, se puede citar la gestión integral de residuos sólidos, que se encuentra asociada al riesgo biológico como resultado de la exposición poco controlada a diferentes clases de microorganismos, responsables de infecciones, alergias o toxicidad; es así, como se han reportado resultados de investigaciones que demuestran que los sistemas de manejo de residuos pueden contribuir a la dispersión de microorganismos, considerándose una fuente de riesgo para la salud de los trabajadores del lugar y los habitantes de la comunidad aledaña.

Estas emisiones de origen biológico producto de las actividades anteriormente expuestas se encuentran constituidas por virus, bacterias, esporas, polen y en general cualquier resto de microorganismos con un diámetro aerodinámico comprendido entre 0.5 y 100  $\mu\text{m}$  (Cox & Wathes, 1995) y suelen denominarse Partículas Viables Biológicas, registrando mayor importancia las de diámetro inferior a 5  $\mu\text{m}$ , que pueden ser inhaladas y depositadas en los alvéolos pulmonares, causando infecciones o reacciones alérgicas, que se encuentran muy bien documentadas.

El comportamiento aerodinámico de estas partículas se encuentra gobernado por sus propiedades físicas, las condiciones ambientales y la exposición a distintos tipos de estrés ambiental que dan lugar a su inactivación; durante el tiempo que permanece suspendidas en el aire, el material viable puede ser transportado por la acción del viento convirtiéndose en uno de los principales problemas en las plantas de tratamiento de residuos orgánicos que puede afectar tanto a los trabajadores de la planta, que están en contacto directo con los focos donde se

generan, como a los habitantes de las zonas colindantes (Sánchez-Monedero et al., 2006). Siendo el origen exacto y el número de microorganismos presentes en cada etapa del proceso, dependiente de la naturaleza del material a descomponerse y de los organismos presentes en el mismo (Crawford, 1985).

El Relleno Sanitario del Distrito de Santa Marta localizado en el sector denominado Palangana del cual recibe su nombre, cuenta con un área de 53 Ha; se encuentra ubicado aproximadamente a un 1 Km del Barrio Fundadores - costado derecho de la carretera que conduce a Bahía Concha (Ingeambiente Ltda., 2004). Su proximidad a la Urbanización Altos de Bahía Concha y los Barrios Fundadores y Bastidas, crea una preocupación que centra su origen en el conocimiento que se tiene de los sistemas de disposición final de residuos sólidos y su relación con la generación de contaminantes atmosféricos diversos, como es el caso de las emisiones de Partículas Viables Biológicas; estas emisiones determinadas por sus características físicas y las condiciones ambientales de la zona de estudio, están asociadas a enfermedades respiratorias y afecciones dermatológicas por la presencia de microorganismos patógenos.

Los resultados de esta investigación permitirán evaluar las partículas viables emitidas desde el Relleno Sanitario Palangana del Distrito de Santa Marta, a partir de la cuantificación, caracterización y distribución espacio-temporal de los microorganismos patógenos presentes en el área de estudio; para ello se utilizó un modelo cuasi-experimental que permitió la implementación de una metodología basada en las elaboradas a nivel internacional por Jensen, 1998; NIOSH, 1998; Gilbert & Ward, 1999; EPA, 2003.

En una primera etapa, se obtuvo el inventario de microorganismos presentes en las Partículas Viables Biológicas utilizando un impactador de cascada de dos etapas, a un flujo constante de 28.3 l/min y a una altura de 1.5 m, en seis (6) estaciones de monitoreo ubicadas en el área de influencia del Relleno Sanitario Palangana y sobre un eje imaginario trazado en la dirección del viento: Laguna de

lixiviados (1), Celda Activa del Relleno Sanitario (1), Celda Pasiva del Relleno Sanitario (1) y Comunidad de Fundadores (1), Altos de Bahía Concha (1) y Bastidas (1), y una estación de control (blanco) aislada de la influencia directa de las emisiones del relleno sanitario. En estos puntos se realizaron seis muestreos en jornadas mañana y tarde, siendo el impactador provisto de cajas petri con medios de cultivo selectivos para la cuantificación e identificación de microorganismos patógenos específicos: Agar Saboureaud con dextrosa al 2% para el conteo de hongos, Agar Standard Plate Count para mesófilos y Agar Baird Parker para *Staphylococcus*. Las muestras recolectadas fueron incubadas durante cinco (5) días para hongos y de 24 a 48 horas para bacterias, para garantizar el crecimiento de colonias y el conteo en UFC/m<sup>3</sup>, además de la identificación de microorganismos formados mediante la aplicación de un panel de pruebas bioquímicas específicas de las colonias formadas y aisladas en los diversos medios de cultivo.

En una segunda etapa a partir de los resultados obtenidos en el laboratorio, referidos a la identificación y conteo de hongos y bacterias, se representaron las seis campañas de monitoreo en cada jornada y para cada etapa del impactador, con la distribución espacio-temporal de los microorganismos encontrados en el área de estudio; esta información permite establecer correlaciones con los datos meteorológicos, a partir de los datos reportados y realizar una evaluación aproximada de la distribución de las Partículas Viables Biológicas emitidas del Relleno Sanitario Palangana del Distrito de Santa Marta.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1. Identificación del Problema**

En muchas ciudades de América Latina y el Caribe la contaminación del aire se ha convertido en una de las principales preocupaciones de salud pública. La exposición a los diferentes tipos y concentraciones de contaminantes, que a menudo se encuentran en las áreas urbanas, se ha relacionado de manera científica con un mayor riesgo de mortalidad y morbilidad debido a las enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Galvão, 2005).

De la Rosa et al, 2002 han afirmado que gran número de infecciones humanas y animales se transmiten por el aire y causan enfermedad, principalmente, en el aparato respiratorio. También consideran que las enfermedades respiratorias tienen una gran importancia socio económica ya que se transmiten fácilmente a través de las actividades normales del hombre, son las más frecuentes en la comunidad y el motivo más importante de absentismo laboral y escolar.

Sin embargo, el control de estas enfermedades es difícil porque los individuos que las padecen suelen seguir realizando sus actividades cotidianas y además, en algunas de ellas, no se dispone de agentes terapéuticos ni vacunas eficaces, de acuerdo con lo expuesto por De la Rosa et al., 2002. Es así como la presencia de bacterias en el aire es el resultado de actividades antropogénicas generadoras de Partículas Viables Biológicas, que se constituyen en vehículos transmisores de patógenos de humanos y de animales en el aire; sobresalen actividades como el tráfico vehicular, las plantas de tratamiento de aguas residuales, los centros de manejo de residuos sólidos, el movimiento de animales en suelos expuestos, las prácticas agrícolas y la manipulación de compost, entre otros, que liberan una gran cantidad de bacterias a la atmósfera, produciendo la contaminación de las áreas circundantes (Hughes, K. A. 2003; Laine, M. M., et al., 1999; Rosas, I., et al., 1996; Stenzenbach, L. D., 2002).

Dentro de las numerosas actividades antropogénicas que consideran el origen de Partículas Viables Biológicas en los ambientes exteriores, se han reportado en diversas investigaciones la presencia de bacterias y virus producto del tratamiento de aguas residuales (Fannin, K. F., Vana S.C. & Jakubowski, W. 1985; Lundholm, I. M., 1982; Randall, C. W. & Ledbetter J.O., 1966) y operaciones en rellenos sanitarios donde se registra la presencia de Actinomicetos, Bacterias como Coliformes Totales y Streptococcus Fecal y Hongos Termofílicos y Mesofílicos (Rahkonen, P., Ettala M. & Loikkanen I., 1987).

Los sistemas de disposición de residuos pueden contribuir de forma significativa a la dispersión de microorganismos patógenos debido a la presencia de material viable emitido desde estos sitios (Rodríguez, et al., 2005); este material contiene organismos vivos como bacterias, virus, hongos, polen e incluso insectos muy pequeños o sus desechos, que pueden variar en tamaño desde los virus de menos de 0.1 micrómetro de diámetro, hasta las esporas de hongos de más de 100 micrómetros de diámetro (Canup, 2000; Huang, et al., 2002).

Sánchez- Monedero et al., 2006, afirma que el hecho de que estas partículas puedan permanecer en suspensión, sean viables y fácilmente transportables por el viento, las convierte en responsables de problemas que afectan la salud pública; ante esta situación se puede establecer que las partículas viables biológicas constituyen una fuente potencial de emisión que sin un buen manejo, representan un riesgo para la salud de las personas que se encuentran ubicadas en el área de influencia de los sistemas de disposición de residuos sólidos. Además, el problema no sólo se relaciona con la comunidad ubicada en el perímetro de influencia de rellenos sanitarios y que se encuentra expuesta a la emisión de partículas viables biológicas, sino con el personal que trabajan en las empresas de recolección, manejo y disposición de residuos sólidos, y de las plantas de compostaje, que se encuentran a menudo expuestos a altas concentraciones de microorganismos (Van Tongeren *et al.*, 1997; Douwes *et al.*, 2000), presentando una alta prevalencia de síntomas respiratorios y la inflamación de las vías

respiratorias (Sigsgaard *et al.*, 1994; Poulsen *et al.*, 1995a; Thorn & Rylander, 1998; Douwes *et al.*, 2000; Wouters *et al.*, 2002).

En el año 2004 se construyó e inició su operación en el Distrito de Santa Marta, el Relleno Sanitario Palangana con el inconveniente de encontrarse localizado próximo a Bahía Concha-Parque Natural Tayrona y a zonas urbanizadas de la ciudad, constituyendo desde entonces un motivo de preocupación, por el conocimiento que se tiene sobre la relación entre la disposición final de residuos sólidos en rellenos sanitarios y la dispersión de microorganismos, que de acuerdo con Clark *et al.*, 1984; Malmros *et al.*, 1992; Sigsgaard *et al.*, 1990 y Huang *et al.*, 2002 en su etapa de desarrollo pueden ser dispersados como Partículas Viables Biológicas y causar infecciones, reacciones alérgicas, asma, neumonía, rinitis, sinusitis e incluso intoxicaciones, estableciendo un riesgo potencial para la salud tanto de los operarios de la planta como de los residentes en zonas próximas.

Esta situación además de generar un posible problema de salud que afecta a la comunidad que reside en las proximidades de rellenos sanitarios, potencialmente expuesta a la emisión de partículas viables, favorece las condiciones para que los habitantes de esta comunidad pueden transformarse en vectores creando nuevos focos epidemiológicos en lugares donde los impactos son muy bajos, convirtiéndose en un serio problema de salud pública (Driver, *et al.*, 1994; Van den Ende, *et al.*, 1998; Lewis *et al.*, 2002; Sánchez y Stentiford, 2003).

A nivel mundial, se considera que la generación de residuos sólidos municipales en los centros poblacionales constituye uno de los focos de contaminación del aire, suelo y agua, más preocupantes por su acelerado aumento, como resultado del crecimiento de la zona urbana (Rodríguez G.S. *et al.*, 2005). Un porcentaje importante de los residuos sólidos municipales se considerada putrescible y por lo tanto, de fácil colonización para las bacterias y hongos; es así como Beffa *et al.*, 1998 ha identificado tres fuentes de contaminación originada por residuos sólidos municipales: Patógenos primarios de origen intestinal (bacterias, virus, huevos y

quistes de parásitos, etc.); formas patogénicas y alergénicas secundarias y oportunistas, principalmente hongos desarrollados durante el proceso de almacenamiento y Bacterias y hongos alérgenos, así como toxinas.

Los residuos orgánicos en su mayoría se encuentran colonizados por una abundante y variada flora microbiana patógena para el hombre, éstos al ser dispuestos en sistemas de tratamiento de residuos, diseñados para favorecer el crecimiento microbiano se convierten en potenciales focos emisores de microorganismos; si se evalúan las operaciones efectuadas durante el manejo de residuos, aquellas que implican agitación o movimiento del material como el transporte, la descarga y la trituración, van a originar la liberación de parte de estos microorganismos al aire, de forma individual o como agregados de residuos. Millner et al, 1994; Poulsen et al, 1995b; Swan et al, 2003 han realizado revisiones bibliográficas de Partículas Viables Biológicas asociados al manejo de residuos orgánicos, donde se identifica la presencia de actinomicetos, bacterias, hongos, artrópodos o incluso compuestos de origen microbiano tales como endotoxinas,  $\beta$ -1,3-glucanos o micotoxinas. Aparte de su patogenicidad, el impacto potencial de las partículas viables sobre la salud ha sido ampliamente discutido desde el punto de vista alergénico y toxicológico según Fischer et al., 2000. Investigaciones realizadas han revelado que una exposición elevada a polvo contaminado con toxinas podría causar cáncer o micotoxinas del pulmón (Ghio y Roggli, 1995), siendo su origen las esporas de hongos vivas o muertas y/o el polvo.

El viento y las corrientes turbulentas de aire tienen enorme influencia sobre la distancia que recorren las Partículas Viables Biológicas después de ser liberadas. Di Giorgio, C., et al., 1996 en un estudio realizado en la ciudad de Marsella, demostró que el número de bacterias se incrementaba con la temperatura y la velocidad del viento; mediante la identificación de las bacterias logró conocer que la localización geográfica tenía influencia cualitativa y cuantitativa sobre la biota del aire, observando un incremento global de los microorganismos, en particular de las bacterias Gram negativas, sobre todo en el área urbana. Dependiendo de los vientos y la época del año, las nubes de polvo pueden llegar al norte de

Europa, América del Norte, Sudamérica, América Central y el Caribe. Aunque durante mucho tiempo se consideró que la transmisión de microorganismos patógenos por esta vía era poco factible, principalmente por el tiempo que tienen que permanecer expuestos a la luz ultravioleta durante el viaje (5-7 días para cruzar el Atlántico y 7-9 días para el Pacífico), se ha demostrado que diferentes microorganismos, incluidos algunos patógenos para humanos, pueden realizar este recorrido y sobrevivir (Griffin, D. et al., 2001).

Los efectos ambientales y la afectación en la salud humana originados por estas partículas constituyen otro aspecto que ha reanudado el interés en una amplia variedad de microorganismos. El principal efecto en humanos (desde el punto de vista económico y por el número de personas afectadas) atribuido a los aerosoles de ambientes exteriores, lo constituyen los problemas de hipersensibilidad, en particular la rinitis alérgica, el asma, así como algunas infecciones. Un caso particular lo registra la Legionelosis, padecimiento cuyo agente etiológico es *Legionella pneumophila*, cuyo principal mecanismo de infección es la transmisión directa del medio ambiente por la inhalación de gotas de agua aerosolizadas o partículas que contienen *Legionella* viable; que posteriormente se deposita en los alvéolos pulmonares ocasionando enfermedad respiratoria severa (Rosas I. et al., 2004). Igualmente, los hongos aerotransportables han sido el foco de mucha preocupación debido a su habilidad para causar graves infecciones respiratorias y reacciones alérgicas; generalmente, la exposición a hongos puede originar efectos adversos a la salud en la ausencia de infección, por actuar como aeroalérgenos, resultando en exacerbación de asma, rinitis alérgica y afección respiratoria (Banaszak, E. F., 1974; Gravesen, S. 1979; Lacey, J., & B. Crook. 1988).

Diversos estudios epidemiológicos como los de Schwartz, J., et al., 1993; Borja-Aburto, V., et al., 1997 & Samet, J. M., et al., 2000 han demostrado que el incremento de aeropartículas menores a 10  $\mu\text{m}$ , consideradas como partículas inhalables, afecta la salud de niños y adultos. Esta situación se ve reflejada en un aumento en las ausencias escolares por infecciones respiratorias como la bronquitis, la exacerbación asmática, etc., un incremento de las visitas a

hospitales e incluso un aumento de la tasa de mortalidad. Las evidencias epidemiológicas antes mencionadas sólo comprometen el tamaño y la concentración de las partículas; sin embargo, la composición de las mismas tiene un papel muy importante en el tipo de respuesta desarrollada. Alfaro-Moreno *et al.* 2002 demuestran que las partículas ambientales de origen industrial con concentraciones elevadas de metales de transición, colectadas en la zona norte de la Ciudad de México, son capaces de inducir apoptosis y daño al ADN en macrófagos y fibroblastos. En cambio, partículas colectadas en la zona centro, un área donde se combina el tráfico vehicular y la contaminación biológica, son responsables de una respuesta inflamatoria más significativa (Rosas I. et al., 2004).

## **2.2. Justificación**

Las estrategias de control, prevención y las investigaciones realizadas en temáticas asociadas con la Calidad del Aire, se han limitado a evaluar concentraciones de material particulado y gases como lo comprueban los estudios de Bogner et al., 1995 y Eklund et al., 1998, entre otros que se han orientado sólo a contaminantes químicos en el aire, cuando en su mayoría los responsables de las enfermedades e infecciones suelen ser los microorganismos.

La presencia de microorganismos en la atmósfera ha sido investigada, como consecuencia de su potencial patógeno en plantas, animales y el hombre, partiendo de la consideración que las estructuras aéreas vegetales y el tracto respiratorio se consideran sistemas abiertos y en continuo intercambio con la atmósfera, además de los registros de concentración de Partículas Viables Biológicas en ambientes exteriores mayor que en ambientes interiores de acuerdo con los estudios de Burge, H. A., 1994.

Actualmente existen tres grandes grupos de enfermedades relacionadas a la exposición de Partículas Viables Biológicas, las enfermedades infecciosas, las

enfermedades respiratorias y el cáncer. Las enfermedades Infecciosas y las enfermedades respiratorias son más comunes (Douwes et al, 2003). Además de estos grandes grupos de enfermedades, han sido descritos otros efectos perjudiciales para la salud por ejemplo, la dermatitis de látex en los trabajadores expuestos (Turjanmaa, 1987; Charous et al., 1994) o los abortos presentados por las mujeres que trabajan en las granjas expuestas a las micotoxinas inmunotóxicas, con efectos similares a las hormonas (Kristensen et al., 2000). Sin embargo, hasta la fecha estos efectos no se han estudiado ampliamente y, por tanto, sólo se dispone de información limitada sobre estas cuestiones.

Aparte de su patogenicidad, el impacto potencial de las Partículas Viables sobre la salud ha sido ampliamente discutido desde el punto de vista alergénico y toxicológico (Fischer et al., 2000). Investigaciones realizadas han revelado que una exposición elevada a polvo contaminado con toxinas podría causar cáncer o micotoxinas del pulmón (Ghio y Roggli, 1995). Las micotoxinas pueden encontrarse en esporas de hongos vivas o en esporas muertas y/o en el polvo.

Es claro que la disposición de residuos sólidos lleva asociado un riesgo biológico como consecuencia de la exposición poco controlada a diversos tipos de microorganismos, susceptibles a causar algún tipo de infección, alergia o toxicidad; en este sentido, resulta fundamental realizar estudios orientados a identificar las principales Partículas Viables Biológicas emitidas desde rellenos sanitarios, su comportamiento aerodinámico y dispersión para ser utilizados como criterios para el diseño y planificación de nuevas instalaciones, dado que el estudio de estas partículas ha sido escasamente evaluado en Colombia, encontrándose como referente más recientes el publicado por García, F., 2002 sobre la Determinación del Material Viable emitido desde el Relleno Sanitario Curva de Rodas de la ciudad de Medellín.

A partir de la relación de microorganismos patógenos presentes en el aire con la disposición de residuos sólidos y las posibles afectaciones a la salud, resulta

fundamental realizar estudios orientados a identificar las principales Partículas Viables Biológicas emitidas desde rellenos sanitarios, su comportamiento aerodinámico y dispersión para ser utilizados como criterios en el diseño y planificación de nuevas instalaciones, además del uso de resultados como insumo a las autoridades ambientales locales para establecer condiciones mínimas en la elaboración de planes de monitoreo, seguimiento y control de estas partículas emitidas desde rellenos sanitarios, además del diseño de planes de mitigación de los posibles impactos generados en la zona de estudio y la reducción del impacto potencial que puedan llegar a generar las emisiones sobre las comunidades aledañas y la aprobación de una normativa encaminada a la medición obligatoria de estas partículas en sistemas de disposición y tratamiento de residuos sólidos.

A nivel nacional se cuenta como referencia la Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios, 2002 del Ministerio de Medio Ambiente, donde se sugiere que en el plan de monitoreo se lleve a cabo el seguimiento a las emisiones de partículas viables biológicas; sin embargo, por la carencia de obligatoriedad de la guía ambiental, las empresas prestadoras del servicio de disposición y tratamiento de residuos sólidos omiten el desarrollo de actividades de control relacionadas con la medición de partículas viables.

En este sentido, se puede afirmar que se carece de información referente a la identidad y cantidad de Partículas Viables Biológicas generadas desde rellenos sanitarios y sobre la manera como se dispersan hacia el área de influencia, considerando pertinente realizar una evaluación de la presencia de estas partículas, así como la descripción del comportamiento aerodinámico del material aerotransportable en la actualidad; de esta manera, se obtendrá un inventario de microorganismos y la representación espacial y temporal de la concentración de partículas, que constituirán el insumo para estudios posteriores encaminados a la evaluación de riesgos asociados con aerotransportables y los posibles efectos que puedan producir en las comunidades aledañas a las instalaciones de sitios de tratamiento y disposición final de residuos sólidos.

### 3. MARCO TEÓRICO

Generalmente, la presencia de microorganismos en el aire se presenta como consecuencia de las Partículas Viables Biológicas emitidas desde las plantas de tratamiento de aguas residuales así como también en los rellenos sanitarios y fábricas de compostaje (Galvão, 2005).

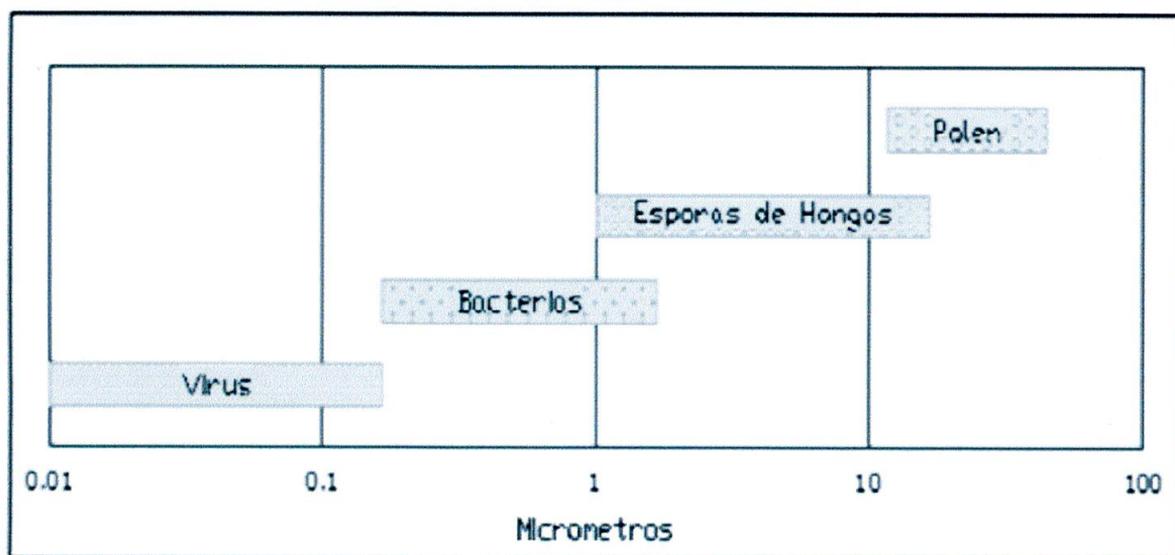
Los Partículas Viables Biológicas, se definen como partículas que se encuentran suspendidas en el aire y que contienen organismos viables y no viables tales como bacterias, virus, hongos, polen e incluso insectos muy pequeños y los desechos de estos mismos (Huang, et al., 2002; Toivola *et al.*, 2002; Douwes *et al.*, 2003; Rengasamy *et al.*, 2004; Sergey and Reponen, 2004; Peccia and Hernandez, 2006; Sánchez-Monedero et al., 2006), que por sus características puedan afectar a los seres vivos causándoles algún tipo de alergia, toxicidad o infección (Madelin, 1994; Cox & Wathes, 1995; Verhoeff & Burges, 1997; Martinez, 1999; Burges & Roger, 2000; Douwes *et al.*, 2003; Institute of Medicine (IOM), 2004; Rengasamy *et al.*, 2004; O'Hara & Rubin, 2005).

Estas partículas se encuentran conformadas por microorganismos que cambian su localización geográfica durante su ciclo de vida, y lo hacen a través de la atmósfera, sin que la misma sea considerada un hábitat, ya que sólo algunos son capaces de reproducirse en ésta (Dimmick *et al.*, 1979; De la Rosa *et al.*, 2002); por tal motivo, existe una gran diversidad de microorganismos en los ambientes aéreos (Shaffer & Lighthart, 1997; Alwis *et al.*, 1999; Shelton *et al.*, 2002), aunque su número y viabilidad cambien con las horas del día, las condiciones del tiempo, las estaciones del año y la ubicación geográfica (Lighthart & Schaffer, 1995; Rosas *et al.*, 2005).

En cuanto a su tamaño, las partículas viables pueden variar notoriamente dentro en un rango de 0.01 – 100  $\mu\text{m}$ , como se observa en la Figura 1 (Cox & Whates, 1995; Canup, 2000; Gibney, 2000; Kirkhorn, 2000), que muestra en el caso del



polen de las plantas anemofilias con diámetros típicos entre 17–58  $\mu\text{m}$  (Stanley & Linskins, 1974), las esporas de los hongos entre 1–30  $\mu\text{m}$  de diámetro (Gregory, 1973; Reponen *et al.*, 2001), en cuanto a las bacterias se informaron que los tamaños normalmente encontradas en los ambientes naturales pueden ir de 0.3 a 3  $\mu\text{m}$  (Thompson, 1981; Koch, 1996; Reponen *et al.*, 2001), mientras los virus tienen diámetros que están típicamente por debajo de 0.3  $\mu\text{m}$  (Taylor, 1988). Dentro de esta gran variedad de tamaños se considera de mayor importancia desde la perspectiva sanitaria los que poseen un tamaño inferior a 5  $\mu\text{m}$ , ya que por su tamaño tan pequeño pueden ser inhalados y alcanzar fácilmente los alvéolos pulmonares, donde pueden depositarse y causar infecciones o reacciones alérgicas (Burge & Christine, 2000; Stetzenbach, 2002, Douwes *et al.*, 2003).



**Figura 1 Distribución por tamaño de Partículas Viables Biológicas**

El hecho de que estas partículas puedan permanecer en suspensión, sean viables y fácilmente transportables por el viento, las convierte en uno de los principales problemas en las plantas de tratamiento de residuos orgánicos y a una preocupación pública debido a los contaminantes derivados tales como compuestos orgánicos volátiles (Allen *et al.*, 1997; Ma *et al.*, 1996), metales pesados (Kyoung *et al.*, 1997; Ham, 1993) y microorganismos (Deportes *et al.*,

1995; Fischer et al., 1998; Rahkonen et al., 1990; Reinthaler et al., 1999). El riesgo biológico asociado a la inhalación de las partículas viables puede afectar tanto a los trabajadores de la planta, que están en contacto directo con los focos donde se generan, como a los habitantes de las zonas colindantes (Sánchez-Monedero et al., 2006). Siendo el origen exacto y el número de microorganismos presentes en cada etapa del proceso, dependiente de la naturaleza del material a descomponerse y de los organismos presentes en el mismo (Crawford, 1985).

Los microorganismos aerotransportables han sido identificados y enumerados utilizando una variedad de métodos de muestreo aerobiológicos; sin embargo, se presentan dificultades con la metodología de muestreo y la interpretación de los datos experimentales originando la escasa comprensión del impacto de los microorganismos aerotransportables en la calidad del aire y la salud humana (Buttner, M.P. & Stetzenbach, L.D., 1993).

### **3.1 Microorganismos en el Aire**

La atmósfera se considera como una mezcla de gases, compuesta principalmente por nitrógeno y oxígeno, que sustenta la vida en la tierra, siendo posible que una gran variedad de organismos utilicen la atmósfera como su medio de transporte, cambiando su localización geográfica durante su ciclo de vida. En razón a lo anterior, las partículas biológicas están siempre presentes en la atmósfera, aunque su número y viabilidad varíen con las condiciones propias de la localidad (Heinke, 1999; Rosas et al., 2005).

Los procesos atmosféricos como el movimiento del aire y el intercambio de calor, permiten el rápido transporte de los microorganismos en forma de material viable biológico a través de grandes distancias, representando el movimiento del aire el mejor camino para su dispersión; los microorganismos han creado adaptaciones especializadas que favorecen su supervivencia y su dispersión en la troposfera. La mayoría de estos microorganismos realizan su diseminación en la atmósfera

utilizando las 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 como su vehículo de transporte (Fulton, 1966a; Wright et al., 1969; Imshenetsky et al., 1978; Tong et al., 1993; Lighthart & Mohr, 1994; Lighthart & Shafer, 1994; Lighthart & Shafer, 1995; Martínez et al., 1996; De la Rosa et al., 2002; Rosas et al., 2005; Nava et al., 2006; Morris et al., 2008).

Las características más relevantes de la atmósfera que desfavorecen la supervivencia de microorganismos en ella son la temperatura, la radiación UV y la humedad relativa (Harrison & Jones, 2003) además de la presencia de gran intensidad de luz, Oxígeno, concentraciones bajas de materia orgánica y de agua por lo que generalmente es un medio hostil para las poblaciones alóctonas (Atlas, 1984; Madrioli et al., 1998; Heinke, 1999; De la Rosa et al., 2002; Douwes et al., 2003; Flores et al., 2007).

La principal fuente de microorganismos que entran a la atmósfera provienen de fuentes naturales como la vegetación, el suelo y los cuerpos de agua por acciones como combustión, erupción de un volcán, tormentas de polvo, lluvias y vientos (Blanchard & Syzdek, 1970; Perkins, 1974; Lidemann, 1985; Liu, 2002; Rosas et al., 2005); y en menor proporción de las actividades antropogénicas (Mohr, 2002; Toivola et al., 2002; Rosas et al., 2005); sin embargo en las zonas urbanas existe un aumento considerable de las partículas biológicas en donde se ha registrado la introducción alta de microorganismos a la atmósfera asociada principalmente a la turbulencia vehicular y a la gran densidad poblacional, entre otras actividades como la agricultura, la disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios, plantas de compostaje, botaderos y plantas de tratamiento de aguas residuales (Perkins, 1974; Harrison, 1980; Abdel Hameed, 1996; Rosas et al., 1996; Van Tongeren et al., 1997; Laine et al., 1999; Di-Giorgio et al., 1996; Reinthaler et al., 1999; Tong & Lighthart, 2000; Cullinan et al., 2001; Douwes et al., 2002; Hughes, 2003; Oppliger et al., 2005), los cuales liberan una gran cantidad de

microorganismos a la atmósfera, produciendo la contaminación de las áreas circundantes, como se presenta en la Tabla 1 (Rosas et al., 2005).

**Tabla 1. Fuentes Naturales y Antropogénicas que aportan bacterias a la atmósfera**

Fuente	Sitio	Concentración (UFC m <sup>-3</sup> )
Natural	Costa	ND – 560
	Bosques	385 – 1.2 x 10 <sup>3</sup>
	Pastizales	127 – 587
	Matorral desértico	2 – 283
Antropogénicas	Zona urbana	539 – 7.2 x 10 <sup>3</sup>
	Calles transitadas	100 - 13 x 10 <sup>3</sup>
	Parques	100 – 2.5 x 10 <sup>3</sup>
	Estación de transferencia de basura	350 - 14 x 10 <sup>3</sup>
	Planta recicladora de basura	1.1 x 10 <sup>3</sup> – 2.8 x 10 <sup>7</sup>
	Planta de composteo	1 x 10 <sup>3</sup> - 11 x 10 <sup>6</sup>
	Planta de tratamiento de aguas residuales	1 x 10 <sup>2</sup> - 2 x 10 <sup>5</sup>
	Zona rural	202 – 3.4 x 10 <sup>3</sup>
	Campo agrícola	46 - 6.5 x 10 <sup>3</sup>
Empacadora de algodón	3.3 x 10 <sup>6</sup> - 19 x 10 <sup>6</sup>	

[UFC: unidades formadoras de colonias; ND: no detectable]

Fuente: Rosas et al., 2005.

La presencia de microorganismos en la atmósfera ha sido demostrada por su crecimiento en medios de cultivo, denominándose microorganismos cultivables; no obstante, se considera que esto representa sólo una pequeña fracción de la población que llega a la atmósfera, de forma tal que la mayoría podría estar muerta o encontrarse en forma viable no cultivable (Amann *et al.*, 1995; Pace, 1997; Rosas et al 2005). Matthais-Maser et al. (2000) estiman la proporción por el volumen del total en el aire de partículas biológicas en áreas continentales remotas -sin influencia antropogénica-, áreas urbanas y áreas marítimas corresponden a 28%, 22% y 10% respectivamente.

De acuerdo con los recientes trabajos de Jaenicke, 2005 se estableció que el 25% de las partículas suspendidas en el aire, en masa o número, son principalmente partículas de aerosoles biológicos. Esta estimación se basa en numerosas observaciones, principalmente a través de métodos de tinción para distinguir las proteínas individuales que contienen partículas de otros. Por otro lado en la Amazonia, no es de extrañar que el 74% del volumen de aerosoles (o masa) se compongan de partículas biológicas. Sin embargo, la presencia de alrededor de 20% en todo el mundo es sorprendente. El dato resumido expuesto en la Tabla 2 no incluye las regiones polares.

**Tabla 2. Fracción celular en los aerosoles atmosféricos en número<sup>1</sup>**

Localización	Número de Fracción celular, $r > 0,2 \mu\text{m}$	Referencia
Helgoland	15,3 %	Gruber et al., 1999
Mar del Norte (3000 m de altitud)	15%	Gruber et al., 1999
Mainz, Alemania	23,7%	Matthias-Maser et al., 1995
Océano Atlántico del Sur	16,7%	Matthias-Maser et al., 1995
Baikal, Siberia	20%	Personal de comunicación, T. Khodzer. Russia Academy of Sci., Irkutsk
Jungfrauoch, Suiza (3500 m de altitud)	13,1 %	Matthias-Maser et al., 2000
Mace Head, Irlanda	30% Continente 40% Marino	Jennings et al., 1999
Balbina, Amazonas	74% (Volumen)	Graham et al., 2003

Tomado de Morris et al., 2008

La concentración de las partículas biológicas en las diversas capas atmosféricas suele variar significativamente, siendo la mayor concentración de las partículas registrada en las cercanías de lo que se conoce como atmósfera humana o

<sup>1</sup> La fracción en masa es aproximadamente igual a la fracción numérica

troposfera, ya que ésta es la que presenta las condiciones menos desfavorables para su transporte y viabilidad.

Las variables físicas de la atmósfera no favorecen el crecimiento microbiano, como es el caso de la temperatura y la presión, que disminuye con el aumento de la altura, encontrándose la temperatura por debajo de la de crecimiento de muchos microorganismos, al igual que la presión que al disminuir reporta bajas concentraciones de oxígeno, necesarias para la microbiota (Atlas & Bartha, 2002). Por esta razón, se puede afirmar que la presencia de la microbiota más allá de la troposfera no se ha podido establecer con mucha precisión (Rosas et al., 2005).

En la atmósfera baja encontraremos diversas capas asociadas a las condiciones del tiempo, como noches claras, días nublados o soleados. Así la capa límite laminar podrá tener una altura que va de pocos centímetros hasta alcanzar varios metros; una vez que las partículas biológicas entran a la capa de los remolinos locales y a la capa turbulenta, podrán llegar a zonas cuyas barreras geográficas no lo permiten (Rosas et al., 2005).

Por tanto la dispersión partículas biológicas se encuentran en una compleja dinámica establecida entre la atmósfera, el suelo, los cuerpos de agua y el dosel que forman los edificios o los diferentes tipos de vegetación, influenciada por procesos de depositación húmeda y seca, vientos y corrientes de convección (Rosas et al., 2005); su viabilidad estará en función de las condiciones atmosféricas.

Es importante considerar que las dimensiones y la dinámica en cada capa atmosférica dependerán en parte de la orografía, del tipo de suelo y dosel del lugar; es por ello que se habla del contraste entre el comportamiento de una atmósfera urbana respecto de una rural (Rosas et al, 2005).

La distribución espacial de las partículas viables depende de los flujos y la modulación meteorológica. El flujo es definido como el número de microorganismos que pasan a través de una unidad de área por una unidad de tiempo ( $\text{UFC}/\text{m}^2\text{s}^1$ ) y esto a su vez, está determinado por la dinámica atmosférica; sin embargo se tienen pocos datos al respecto (Rosas et al., 2005). Dentro de la modulación meteorológica a la que se encuentran sometidas las partículas en la troposfera, se consideran importantes la velocidad y dirección de los vientos, la radiación UV y la humedad, las cuales están relacionadas con la turbulencia y estabilidad atmosférica y la topografía del terreno.

### **3.2 Microorganismos asociados a Rellenos Sanitarios**

En los últimos años se ha aumentado el interés por conocer el riesgo biológico que supone para la salud la exposición a partículas aerotransportables, generadas durante el manejo de los residuos (Sánchez-Monedero et al., 2006). Destacando dentro de los estudios sobre bacterias del aire asociados a los residuos sólidos los realizados en Inglaterra por Collins & Kennedy, 1992, en México por Rosas et al., 1996 y en Polonia por Lis et al., 2004, limitados por las dificultades para el monitoreo de este tipo de microorganismos, y observando un gran número de estudios llevados a cabo en hongos, sobresaliendo el del Relleno Sanitario "San Nicolás" en Aguascalientes (México) por Flores et al., 1997 y el de hongos miceliales termotolerantes y termofílicos en el Vertedero de Lajas, Puerto Rico por Padilla L., 2004, que sirvieron como antecedente mientras que los de Lis et al., 2004 y Stepalska & Wolek, 2005 sirvieron como referencia.

La expansión del conocimiento acerca de la diversidad de hongos aerotransportables, además de incrementar la preocupación acerca de los microorganismos potencialmente alergénicos y la búsqueda de nuevos indicadores de contaminación ambiental ha sido la principal razón para la existencia de diversos estudios de hongos aerotransportables en Brasil; estas investigaciones han establecido que parámetros como la presión atmosférica, el

viento, la temperatura y la humedad pueden influir en la concentración de esporas de hongos en el aire o en la diversidad de hongos aerotransportables (Schoenlein-Crusius, I.H. et al., 2001).

Collins & Kennedy, 1992 en sus estudios han reportado patógenos oportunistas como *Klebsiella pneumoniae*, agente causal de la neumonía y de infecciones del tracto urinario, *Yersenia enterocolítica*, causante de diarreas, *Escherichia coli* cuyas cepas virulentas contienen enterotoxinas y causan diarreas o infecciones urinarias, *Pantoea sp.*, las especies de *Enterobacter* y de *Aeromonas* que pueden también causar infecciones del aparato digestivo. Las especies *Cedecea lapagei*, *Ewingella americana*, *Leclercia adecarboxylata*, *Ochrobacterium anthropi* y *Rahnella aquatilis* provienen, generalmente, de especímenes clínicos humanos y representan al igual que las especies antes mencionadas, cierto riesgo para la salud, particularmente para las personas que se encuentran laborando en el área del relleno sanitario (Flores et al., 2007).

Se han registrado intervalos de concentración de Partículas Viables Biológicas encontrados en diferentes sitios de la cadena de tratamiento de residuos orgánicos reportando un recuento total de bacterias mesófilas entre 1330 y 2070 UFC/m<sup>3</sup> (Millner et al., 1994; Sánchez-Monedero & Stentiford, 2003; Sánchez-Monedero et al., 2005). Se ha comprobado en el caso de las vías respiratorias, que el 99.8% de los microorganismos contenidos en el aire quedan retenidos en las mucosas del sistema, lo que no implica una disminución total del riesgo a la salud, ya que estas mucosas pueden funcionar como puntos de concentración microbiana, que en caso de aquellos altamente patógenos, representan un riesgo importante a la salud; este riesgo que involucra el número de unidades formadoras de colonias en unidad de volumen (UFC/m<sup>3</sup>) presentes en el sistema respiratorio, dependerá del tipo de bacteria, el tiempo de exposición y la vía de entrada al organismo (Piatkin, 1981).

Dentro de las Partículas Aerotransportables Viables que se generan en los sitios de disposición de residuos, el hongo *Aspergillus fumigatus* es el más estudiado y el que ha despertado mayor interés tanto por su abundancia en las plantas de tratamiento como por sus posibles efectos negativos sobre la salud (Olver, 1994). *Aspergillus fumigatus* es un hongo patógeno oportunista y alérgeno, que ha sido caracterizado como flora normal e integral en el proceso de tratamiento de residuos sólidos y que participa con otros organismos en la descomposición final de los desperdicios (Boutin & Moline, 1987). El principal objetivo del estudio de Sánchez-Monedero & Stentiford, 2003, fue realizar la medición de los microorganismos aerotransportables en siete sistemas de operación distintos con rangos de tratamiento de residuos orgánicos diferentes, siendo *Aspergillus fumigatus* y las bacterias mesofílicas, utilizadas como principales parámetros de monitoreo obteniendo niveles de ambos microorganismos entre  $10^3$  y  $10^5$  UFC/m<sup>3</sup> en el área de operación, por lo que se sugirió el uso de máscara protectora al personal que labora en la planta.

En la actualidad se carecen de límites legales que regulen la exposición a agentes biológicos en lugares de trabajo, por lo que resulta difícil establecer los riesgos que suponen para los trabajadores. La dificultad en establecer unos límites máximos de exposición se debe a diversos motivos tales como la complejidad de los componentes de las Partículas Viables Biológicas (bacterias, hongos, restos de microorganismos, su viabilidad, sustancias excretadas por ellos, etc.), la falta de información sobre las dosis infectivas de muchos de los agentes biológicos y las distintas respuesta de los individuos a un mismo agente biológico (INSHT, 1996). Sin embargo, aunque no existen guías o estándares establecidos, algunos expertos y agencias de control ambiental y de la salud tienen diversas opiniones de lo que debe ser un nivel aceptable de aerotransportables viables en el aire. Según un documento publicado por la agencia *Wonder Makers Environmental Inc., 2001*, la *American Industrial Hygienist Association (AIHA)*, reportó que no existe un nivel aceptable de esporas de hongos cuando se refiere a un organismo patógeno. En este documento se reporta también que la agencia *Air Sampling Instruments*

for Evaluation of Atmospheric Contaminants (ASIEAC) consideraba que niveles mayores de 1000 UFC/m<sup>3</sup> no eran aceptables. Además, Godish T., 2001 argumenta que concentraciones mayores de 1000 UFC/m<sup>3</sup> y mayores de 10000 esporas (viables y no viables)/m<sup>3</sup> indicaban contaminación (Wonder Makers Environmental Inc., 2001).

La Directiva Europea de Rellenos Sanitarios (EC, 1999) estimula el tratamiento de residuos municipales biodegradables fuera de rellenos sanitarios y con otra alternativa de tratamiento, tal como el compostaje, que asegura el reciclaje y recuperación de energía de residuos orgánicos. Actualmente, la Agencia Ambiental está tratando de regular los impactos de Partículas Aerotransportables Viables y ha propuesto tomar medidas para su control; únicamente, en el caso de las plantas de compostaje que tratan residuos vegetales al aire libre, la Agencia de Medioambiente del Reino Unido está elaborando una recomendación por la que todas las plantas de compostaje deberían asegurar que las concentraciones de *Aspergillus fumigatus* a las que esté expuesto un posible receptor en un área de 200 m alrededor de la planta no debe superar el límite de 1000 UFC/m<sup>3</sup> (Environmental Agency, 2001).

La Asociación de Compostaje del Reino Unido (UK Composting Association) publicó en 1999 un protocolo estandarizado para el muestreo de partículas aerotransportables viables y dispersión de las plantas de compostaje; el uso de este método está muy extendido en todo el Reino Unido y sirve como referencia para distintos grupos de investigación europeos. Esta metodología se basa en el monitoreo de dos grandes grupos, *Aspergillus fumigatus* y bacterias mesofílicas totales, en diferentes ubicaciones de la planta en la dirección del viento; los niveles de *Aspergillus fumigatus* son buenos indicadores de las operaciones donde se manejan residuos orgánicos, en primer lugar porque la cantidad presente en los residuos es muy alta y, además, niveles muy bajos de este hongo son indicadores evidentes de la existencia de algún tipo de operación en la que se están

manejando residuos o restos vegetales, con lo que la posibilidad de interferencias es baja (Gilbert & Ward, 1999).

### **3.3 Aerodinámica de Partículas Viables Biológicas**

Las Partículas Viables pueden estar constituidas por virus, bacterias, esporas, polen y en general cualquier resto de microorganismos con un diámetro aerodinámico comprendido entre 0.5 y 100  $\mu\text{m}$  (Cox & Wathes, 1995). Dentro del amplio intervalo de tamaños, las partículas viables de mayor importancia, desde el punto de vista sanitario, son las que tienen un diámetro inferior a 5  $\mu\text{m}$ , ya que por su pequeño tamaño pueden ser inhaladas y alcanzar fácilmente los alvéolos pulmonares, donde pueden depositarse y causar infecciones o reacciones alérgicas, tales como asma, neumonía, rinitis, sinusitis alérgica, hipersensibilidad y fatiga (Stetzenbach L.D., 2002; Huang et al., 2002).

La característica más relevante de las Partículas Viables Biológicas la constituye el comportamiento aerodinámico que presentan cuando son emitidas al aire; una vez en suspensión, su comportamiento se encuentra gobernado por sus propiedades físicas (forma, tamaño y densidad), las condiciones medioambientales (corrientes de aire, humedad y temperatura) y la exposición a distintos tipos de estrés ambiental que dan lugar a su inactivación, conociendo que estas partículas podrían permanecer suspendidas en el aire durante varios minutos antes de ser depositadas en el suelo o en cualquier otra superficie. Durante el tiempo que permanecen suspendidas en el aire, el material viable podría ser transportado por la acción del viento a distancias que pueden variar desde unos pocos metros hasta varios kilómetros.

La aerodinámica que presentan las partículas viables en la atmósfera se considerada como una de las principales características que influyen en la dispersión de los microorganismos emitidos al aire. Una vez que se encuentran en suspensión, su comportamiento aerodinámico va a estar regido por sus

propiedades físicas y las condiciones medioambientales (Sanchez-Monedero et al., 2006; Gregory, 1973; Lighthart & Mhor, 1987; Crowe et al., 1990; Lighthart et al., 1991; Pedgly, 1991; Israeli et al., 1993; Lighthart & Scharffer, 1994; Maier et al., 2000; Pillai, 2007). Para ello se hace necesario destacar que algunos microorganismos suspendidos en el aire, generalmente se encuentran asociados a partículas de otro tipo (partículas de suelo, fragmento de hojas, gotas de agua, piel o fibras de ropas (De la Rosa et al., 2002); un ejemplo de ellos es el transporte que realizan las aerobacterias en fragmentos de hojas, material particulado o polvo, o en un complejo biótico conformado por varios tipos de microorganismos (De la Rosa et al., 2002; Rosas et al., 2005; Campell, 2005; Nava et al., 2006)

Estas partículas poseen una propiedad aerodinámica similar a las del material particulado, sujetas a las mismas leyes, además de estar bajo la influencia de otras leyes que se le infieren debido a sus propiedades biológicas especiales, tales como las cargas eléctricas, la transparencia u opacidad de la partículas, así como las adaptaciones específicas que han desarrollado algunas partículas para su transporte (Rengasamy et al., 2004; Cox & Wathes, 1995; De la Rosas et al., 2002; Qian, 2000). Dentro de las propiedades físicas resultan de gran importancia, los movimientos brownianos, las fuerzas gravitacionales, las fuerzas eléctricas y los gradientes térmicos, los cuales están relacionados con el diámetro aerodinámico de las partículas (Hind, 1999).

Los movimientos brownianos a los cuales están sujetas las partículas viables biológicas, corresponden al movimiento de micro-partículas en un camino irregular (Cutnell & Johnson, 1995), y están definidos por la Ecuación de Einstein (Ecuación 1), que plantea el desplazamiento de la partícula inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su diámetro (Cox & Whathes, 1995).

$$\bar{X} = 5 \times 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{t}{r}} \quad (1)$$

donde:

- $\bar{X}$  Desplazamiento, cm  
 t tiempo, s  
 r Radio de partícula, cm

Las dos fuerzas gravitacionales opuestas a las que están sujetas las partículas viables corresponden primero, a la sedimentación, como resultado de la masa de la partícula y la segunda, a la viscosidad del fluido, quedando la velocidad terminal de las partículas definida por la Ecuación 2 (Cox & Whatthes, 1995; Gnanasekharen, 1995).

$$v = \frac{\rho \cdot d^2 \cdot g \cdot C}{18 \cdot \eta} \quad (2)$$

donde:

- $\rho$  Densidad de partícula, g/cm<sup>3</sup>  
 d Diámetro de partícula, cm  
 g Aceleración gravitacional, cm/s<sup>2</sup>  
 $\eta$  Viscosidad del aire, g/cm s<sup>-1</sup>  
 C Coeficiente de corrección

Según la ecuación anterior y conforme a las condiciones ambientales ideales (Condiciones de referencia de los gases: Temperatura 25 °C, Presión 1 atm, Constante universal de los gases 8,3145 J/mol-K y Número de Avogadro 6.023 x10<sup>23</sup> partículas/mol) se obtiene la Ecuación 3 correspondiente a la velocidad terminal de las PB en condiciones ambientales ideales.

$$v = 3.2 \times 10^5 \cdot \rho \cdot \eta \quad (3)$$

Ahora bien, C se podría obtener con un 1% de exactitud en condiciones tales que la partícula tenga un diámetro de 10 µm, una unidad de densidad y una velocidad terminal de aproximadamente 0.32 cm/s, siendo posible calcular el factor de correlación mediante la Ecuación 4, en la cual se pone en manifiesto, cuanto

menor sea el diámetro de la partícula; el grado de exactitud de este factor será menor, por la disminución de la media de moléculas aéreas  $\lambda$  (Cox & Whathes, 1995) siendo  $\lambda$  calculada por la Ecuación 5 (Nave, 2000).

$$C = 1 + \frac{2 \cdot A \cdot \lambda}{d} \quad (4)$$

donde:

donde:

$\lambda$  Media de moléculas aéreas

A Constante (a condiciones ambientales ideales,  $6.5 \times 10^{-6}$ ).

$$\lambda = \frac{R \cdot T}{\sqrt{2} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot N_A \cdot P} \quad (5)$$

donde:

T Temperatura, K

P Presión, kPa

R Constante Universal de los Gases, 8.314 J/mol K

$N_A$  Número de Avogadro,  $6.023 \times 10^{23}$ .

Las partículas con un diámetro aerodinámico superior a 10  $\mu\text{m}$  tienden rápidamente a sedimentar por la acción de las fuerzas gravitacionales, mientras que las partículas inferiores a 0.1  $\mu\text{m}$  son transportadas por movimientos brownianos y presentan un comportamiento similar a un gas, permaneciendo así en suspensión. Sin embargo, las partículas con un diámetro aerodinámico entre 0.1 y 10  $\mu\text{m}$  presentan un comportamiento intermedio, ya que su movimiento está afectado en mayor o menor medida por ambos tipos de fuerzas (Sanchez-Monedero et al., 2006; Cox & Whathes, 1995).

En el documento Bioaerosols and Bioaerosol Dynamics (año de la publicación desconocido), publicado por The Pennsylvania State University, se plantea que el decaimiento físico o sedimentabilidad se debe al régimen gravitatorio el cual se

aproxima a un proceso de decaimiento, cuya representación es expresada por una ecuación de primer orden (Ecuación 6).

$$N_t = N_0 \cdot e^{-k \cdot t} \quad (6)$$

donde:

$N_0$  Número de partículas inicial para  $t = 0$

$N_t$  Número de partículas en  $t \neq 0$

$k$  Constante de decaimiento de primer orden

Partiendo de la Ecuación 6, se obtiene la ecuación que describe la cinética de la sedimentación de las partículas (Ecuación 7):

$$\ln\left(\frac{N_t}{N_0}\right) = -kt \quad (7)$$

Sánchez-Monedero et al., 2006 afirman que la velocidad de sedimentación teórica de las partículas con tamaños entre 0.1 y 1  $\mu\text{m}$  es aproximadamente de 0.01 cm/s (Figura 2), lo que supone que estas partículas necesitarían más de 5 horas antes de sedimentar en el suelo desde una altura de 2 metros; este cálculo teórico está fundamentado en el movimiento de una partícula en el aire sujeto a las fuerzas de gravedad y de rozamiento de la Ley de Stokes. Estas condiciones ideales no se pueden extrapolar cuando las partículas se encuentran al aire libre expuestas a distintas condiciones ambientales, donde factores tales como turbulencias atmosféricas, temperatura y humedad, pueden aumentar la velocidad de sedimentación hasta 1 cm/s; incluso en estos casos, las partículas podrían permanecer suspendidos en el aire durante varios minutos antes de ser depositados en el suelo o en cualquier otra superficie.

Las últimas dos fuerzas que interactúan en las PB son las fuerzas eléctricas y los gradientes térmicos, en donde las pendientes termales (influidas por los gradientes

térmicos) pueden inducir los movimientos a las partículas, de tal forma que pueden pasar de las altas temperaturas a las bajas temperaturas (Keller, 1998). Un ejemplo claro de esto corresponde a las PB transparentes, que se desplazarán de una zona de menor temperatura a una de mayor temperatura, siendo el caso contrario el de las partículas opacas, que entran en una dirección opuesta pasando de una zona de mayor temperatura a una de menor. En cuanto al comportamiento de las PB con las fuerzas electromagnéticas, éstas actúan recíprocamente con la primera radiación electromagnética a través de la reflexión, la refracción, la absorción y esparcimiento, la magnitud de esta fuerza estará en función de la carga de la partícula inferida por las características biológicas del microorganismo específico. Estos últimos dos fenómenos que influyen en la aerodinámica de las partículas son conocidos como termofóresis para las pendientes termales, ejercidas por los gradientes térmicos y fotoforesis para la radiación originada por las fuerzas electromagnéticas (The Pennsylvania State University).

## **4. OBJETIVOS.**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el comportamiento de las Partículas Viables Biológicas emitidas desde el Relleno Sanitario Palangana del Distrito de Santa Marta, Colombia.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

**4.2.1.** Cuantificar la presencia de microorganismos patógenos específicos en las Partículas Viables Biológicas emitidas desde el Relleno Sanitario Palangana.

**4.2.2.** Identificar los tipos de microorganismos cuantificados en las Partículas Viables Biológicas emitidas desde el Relleno Sanitario Palangana.

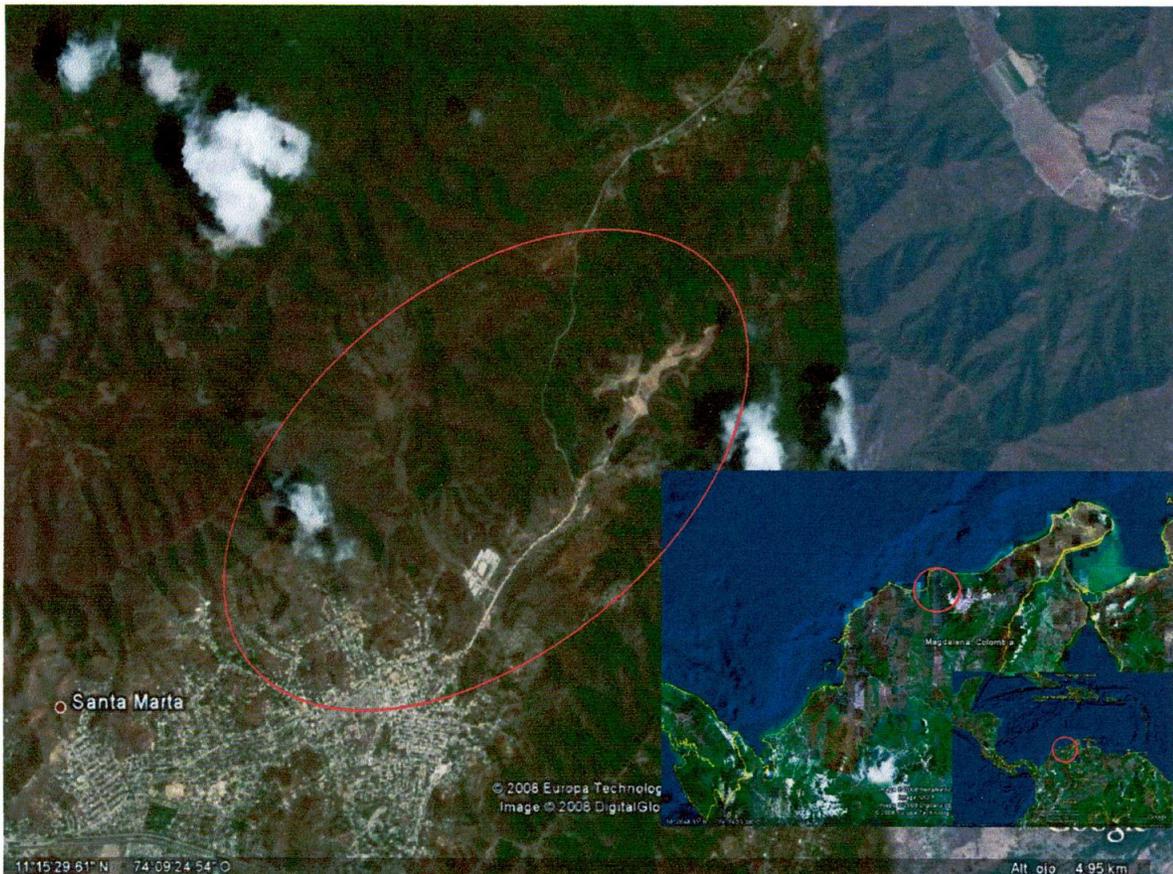
**4.2.3.** Determinar la distribución espacio-temporal de los microorganismos específicos presentes en las Partículas Viables Biológicas emitidas desde el Relleno Sanitario Palangana.

## 5. METODOLOGIA

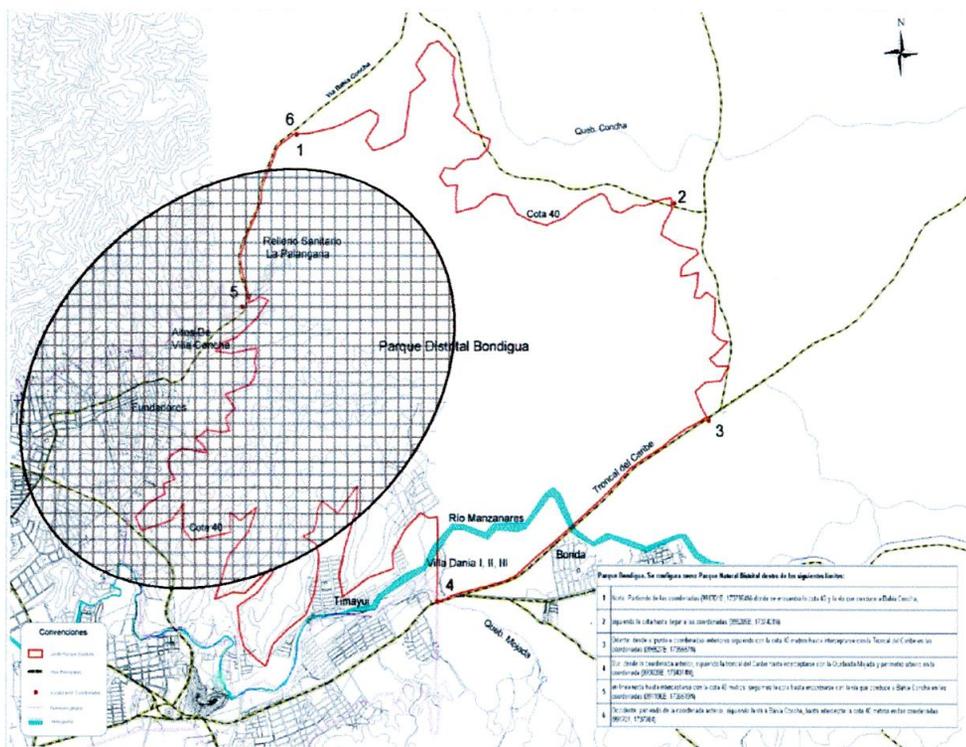
### 5.1 Área De Estudio

#### 5.1.1 Localización General

El área de estudio está conformada por el sitio de disposición final de residuos sólidos del Distrito de Santa Marta y su comunidad colindante (Barrios Altos de Bahía Concha, Fundadores y Bastidas), que se encuentra ubicado en Parque Distrital Bondigua, sobre la vía que conduce a Bahía Concha.



**Figura 2 Ubicación de la zona de estudio**  
**Fuente: Google Earth**



**Figura 3. Plano de ubicación de la zona de estudio**

## 5.1.2 Características generales del área de estudio

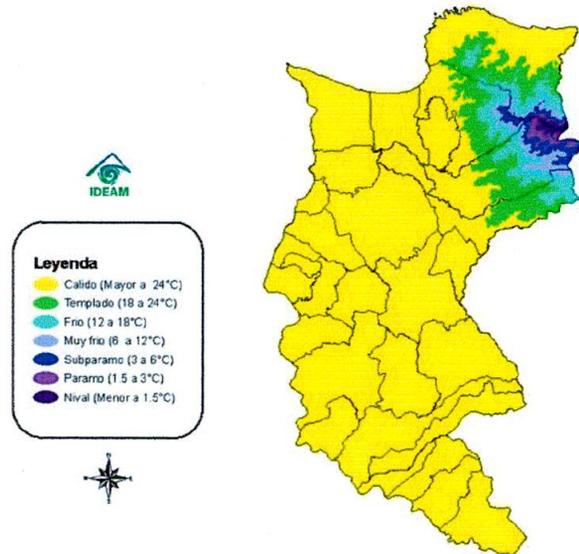
### 5.1.2.1 Climatología

Las condiciones climatológicas del área de estudio corresponden a las condiciones locales del Distrito de Santa Marta; a continuación será presentaran el comportamiento de los parámetros de interés para este estudio y que denotan gran interés para el establecimiento de las condiciones de transporte.

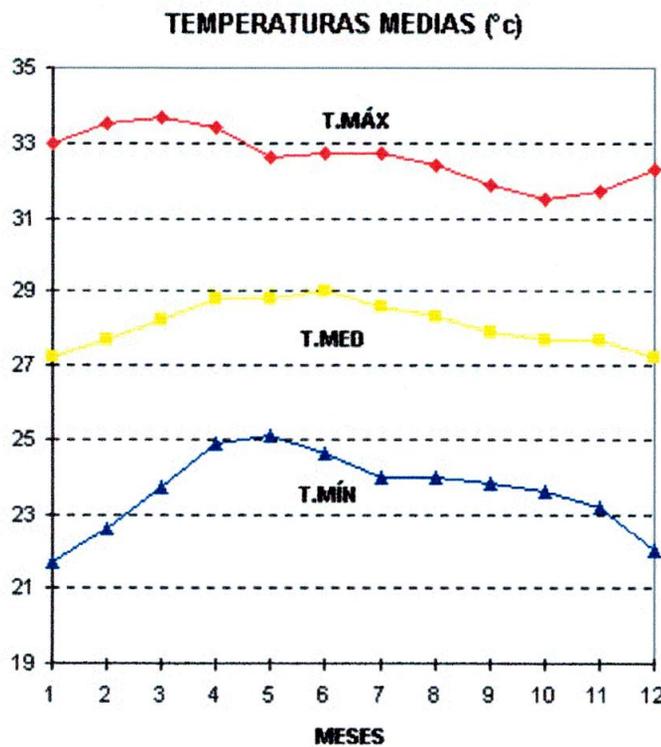
#### 5.1.2.1.1 Temperatura

La temperatura es la medida de atmosférica es el indicador de la cantidad de energía calorífica acumulada en el aire presente en la atmosfera, esta variable influye los procesos de transporte en las partículas viables biológicas disminuyendo su supervivencia a la atmosfera por procesos de desecación de las membranas celulares; además está ligada a los procesos de atmosféricos de dispersión de contaminantes. La temperatura del Distrito de Santa Marta se

caracteriza por tener temperaturas entre los 22 °C y los 34 °C con promedio de 28 °C; esta temperatura se encuentra entre los rangos típicos a la zonas templadas.



**Figura 4. Variación espacial de la media anual de la Temperatura en el Magdalena**  
Fuente: IDEAM

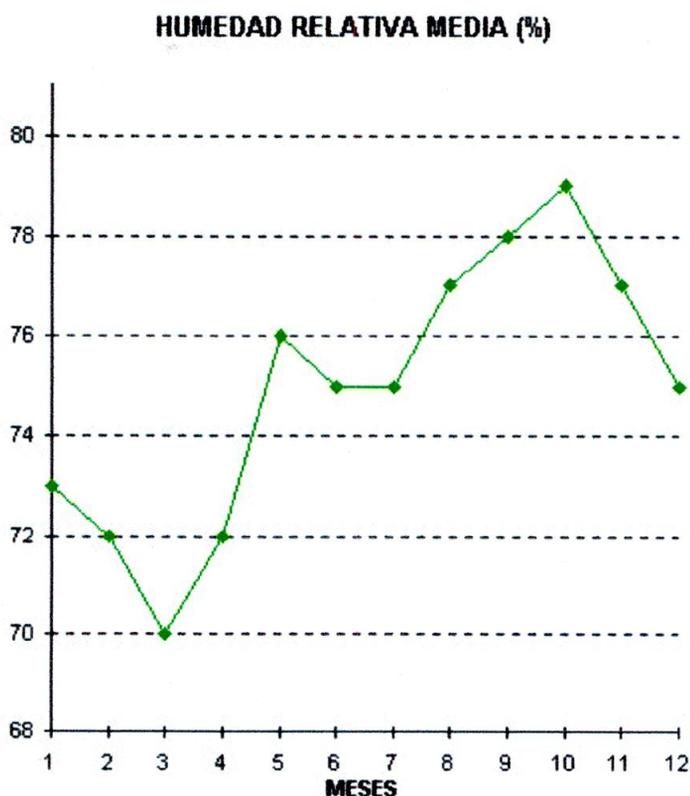


**Figura 5. Variación Anual de la Temperatura en Santa Marta**  
Fuente: IDEAM

**5.1.2.1.2 Humedad**

La humedad del aire indica la cantidad de vapor de agua presente en él. Depende, en parte, de la temperatura, ya que el aire caliente contiene más humedad que el frío. Esta variable influye en la supervivencia de los microorganismos que son dispersados en el aire ya que permiten a estos defenderse de los procesos de desecación a los cuales son sometidos en el proceso de transporte atmosférico.

La humedad relativa de la Ciudad de Santa Marta es bastante elevada y se registra en un rango que va desde el 70% hasta el 79% con un promedio de 75%.



**Figura 6. Variación Anual de la Temperatura en Santa Marta**

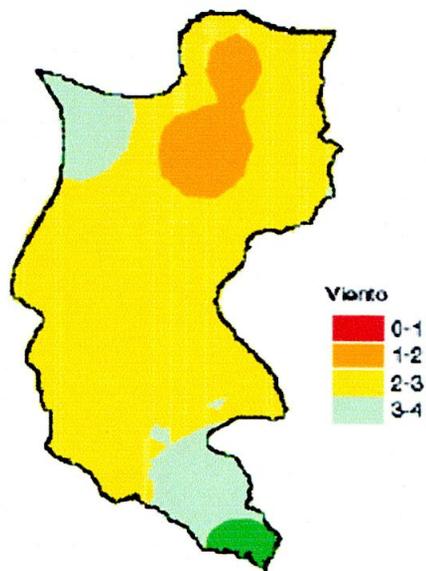
**Fuente: IDEAM**

### **5.1.2.1.3 Velocidad y Dirección de Vientos**

La velocidad y dirección de los vientos es una variable altamente influyente en los procesos de transporte y dispersión de contaminantes atmosféricos, ya que esta definirá en gran parte la trayectos y dilución de las concentraciones de los agentes contaminantes. Para el presente estudio esta es una de las variables más

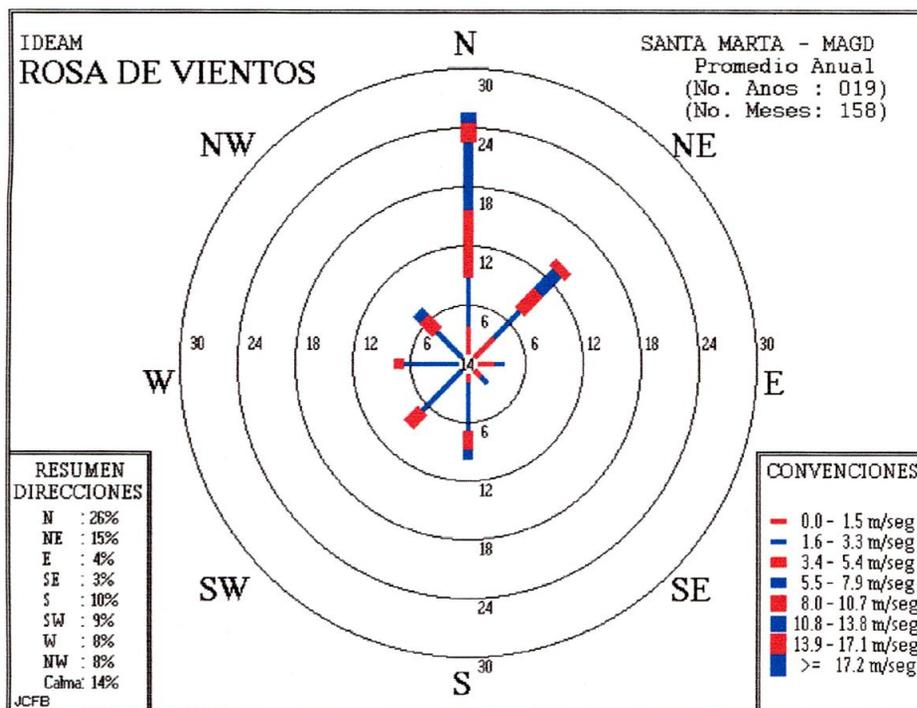
importantes para el establecimiento del comportamiento aerodinámico de las partículas viables, debido a que a partir de la interacción de esta variable, el diámetro de las partículas y la dinámica atmosférica se estimó el comportamiento.

La velocidad promedio de Santa Marta es 3.0 m/s en dirección Norte.



**Figura 7. Distribución espacial de la velocidad de los vientos en el Magdalena**

**Fuente: IDEAM**

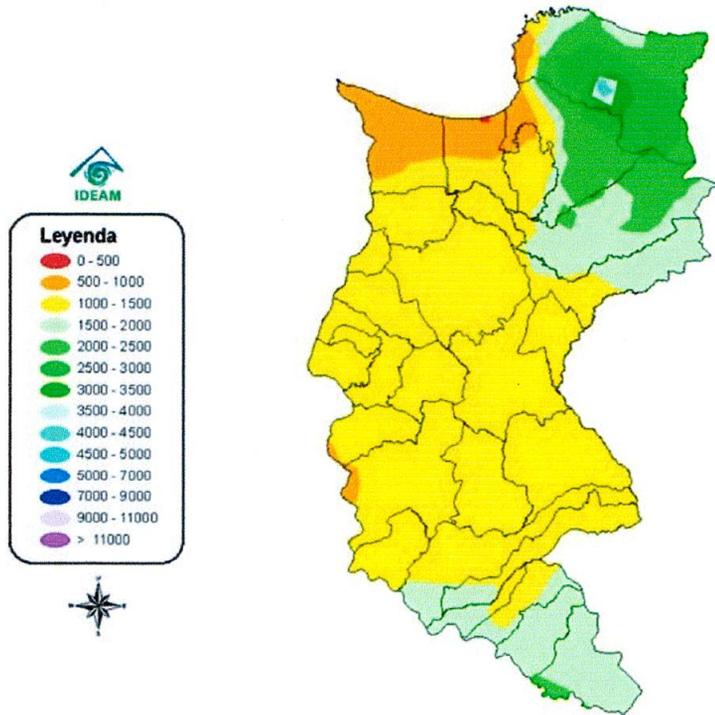


**Figura 8. Rosa de vientos en Santa Marta**

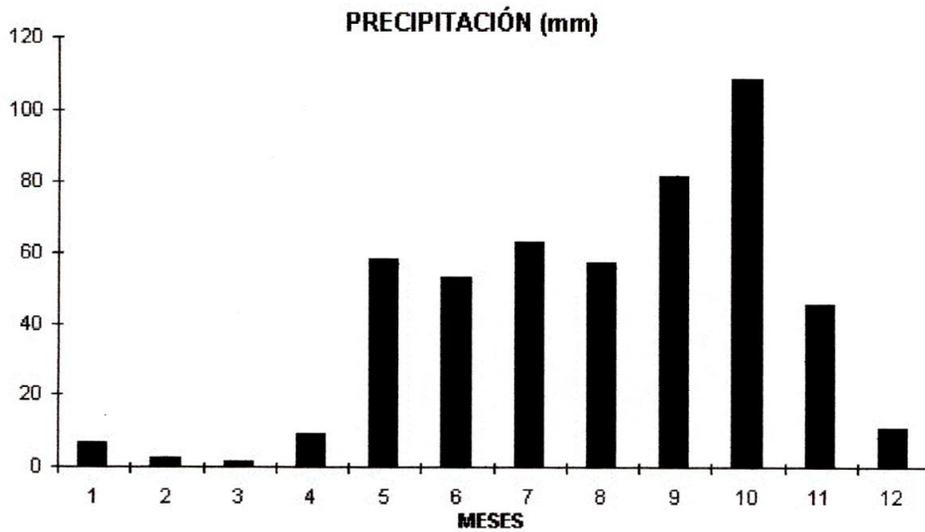
**Fuente: IDEAM**

#### **5.1.2.1.4 Precipitación**

La precipitación es una variable secundaria del presente estudio, esta permitirá en menor medida conocer las condiciones previas a la toma de las muestras; fundamentado en el hecho de que una precipitación permite el lavado de muchos contaminantes presentes en la atmosfera. La precipitación promedio del Distrito de Santa Marta es de 1500 a 2000 mm



**Figura 9. Distribución espacial de la velocidad de la precipitación en el Magdalena**  
**Fuente: IDEAM**



**Figura 10. Variación Anual de la Precipitación en Santa Marta**  
**Fuente: IDEAM**

**5.1.2.2 Topografía**

Dado a que el área de estudio se encuentra ubicado en las estribaciones Noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta presentan grandes variaciones altitudinales, con alturas 94 metros sobre el nivel del mar.



**Figura 11. Perspectiva de la Orografía en el Área de Estudio**

## **5.2 Muestreo en la zona de estudio.**

### **5.2.1 Estaciones de Muestreo**

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se ubicaron seis (6) estaciones de monitoreo, tres (3) de estas estaciones en las instalaciones del Relleno Sanitario Palangana y las tres (3) restantes en el área de influencia directa de las emisiones del relleno sanitario.

La selección de las estaciones obedece a su ubicación en el área previamente determinada sobre un eje imaginario trazado en la dirección del viento: las estaciones dentro del relleno se distribuyeron sobre el eje de acuerdo con las diferentes etapas del proceso de tratamiento de los residuos sólidos en las que posiblemente encontraremos fuentes generadoras de aerotransportables y de acuerdo con las características del área de influencia. De este modo las

estaciones quedaron repartidas de la siguiente manera: una estación en la Celda Activa ubicada a unos 10 metros del frente de trabajo o celda diaria de disposición, una en la celda pasiva determinada por la terraza con chimeneas activas, y una última estación entre las dos (2) piscinas de lixiviado.

La ubicación de las estaciones en las comunidades se orientó a las comunidades más cercanas al sitio de disposición final: Altos de Bahía Concha, Fundadores y Bastidas. Las condiciones de selección de estos puntos en las comunidades fueron:

1. Áreas despejadas, libres de cualquier interferencia física, Vegetación y/o edificaciones.
2. Un punto central y representativo de la comunidad en estudio, debido a que las comunidades se encuentran en mayor medida en las faldas de los cerros del área de amortiguamiento de la Sierra Nevada de Santa Marta; la distribución de las comunidades se realiza a partir del eje central sobre la dirección de los vientos en el área de estudio.

Adicional a las estaciones de muestreo en el área de estudio se ubicó una séptima estación, que corresponde a la estación de control o blanco con la que se puede determinar la concentración de partículas viables biológicas en un área sin influencia por parte del Relleno Sanitario Palangana.

Las estaciones previamente definidas por estos criterios fueron sometidas a consideración a través del desarrollo de un premuestreo, arrojando resultados favorables. Es de anotar que las estaciones se georeferenciaron utilizando un GPS Garmin MAP 60CSX.

A continuación se detallan las condiciones de cada estación de muestreo así como la ubicación en un plano del área de estudio y sus respectivas coordenadas geográficas

**Celda Activa:** Esta celda se encuentra ubicada aproximadamente a 5 metros del frente de trabajo en la dirección del viento. Dada estas condiciones durante el desarrollo de la fase experimental esta estación es la única que cambia su posición según el plan de trabajo del relleno sanitario.



**Figura 12. Estación Celda Activa**

**Celda Pasiva<sup>2</sup>:** Esta celda está ubicada en una terraza (Encima de una Celda de Disposición Cerrada) con chimeneas activas,

---

<sup>2</sup> Esta estación sólo se monitoreó en cuatro de los seis muestreos debido al avance de la celda activa sobre el punto de muestreo.



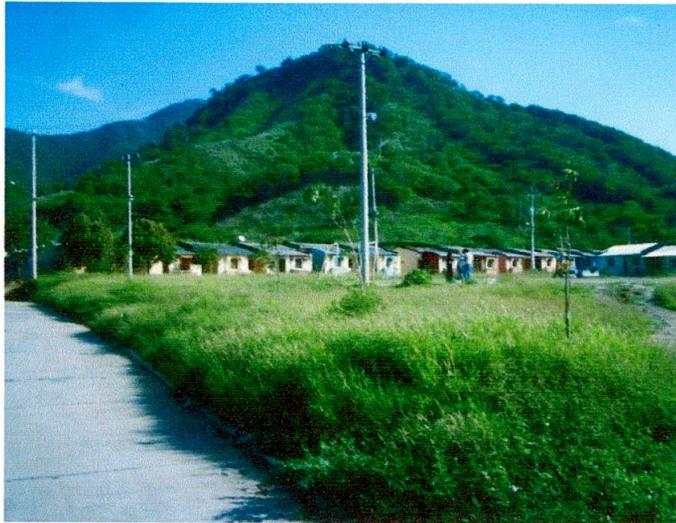
**Figura 13. Estación Celda Pasiva**

**Piscina de Lixiviado:** esta estación se encuentra ubicada en medio de las dos piscinas de lixiviados del Relleno Sanitario Palangana



**Figura 14. Estación Piscinas de Lixiviado**

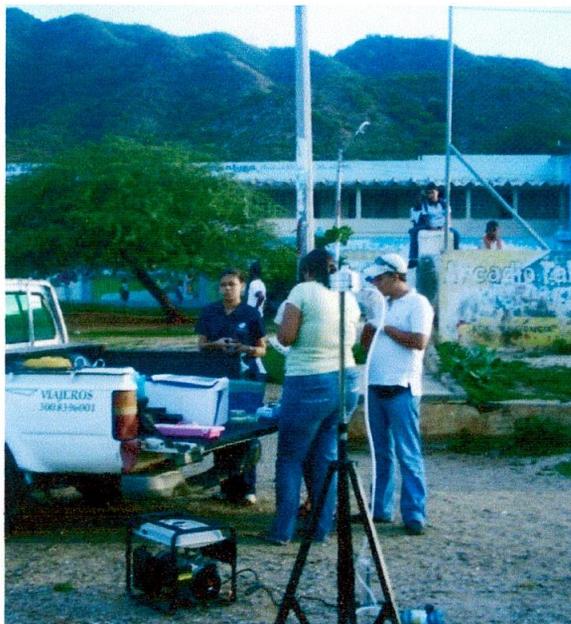
**Altos de Bahía Concha:** Corresponde a la primera comunidad más cercana al Relleno Sanitaria Palangana. Se encuentra ubicada aproximadamente a 0.5 kilómetros del eje central del relleno, esta estación se encuentra ubicada en la cancha de la urbanización la cual está en el centro de la comunidad.



**Figura 15. Estación Altos de Bahía Concha**

**Fundadores:** Esta se encuentra ubicada sobre el eje de la vía y es la siguiente comunidad en el área de estudio.

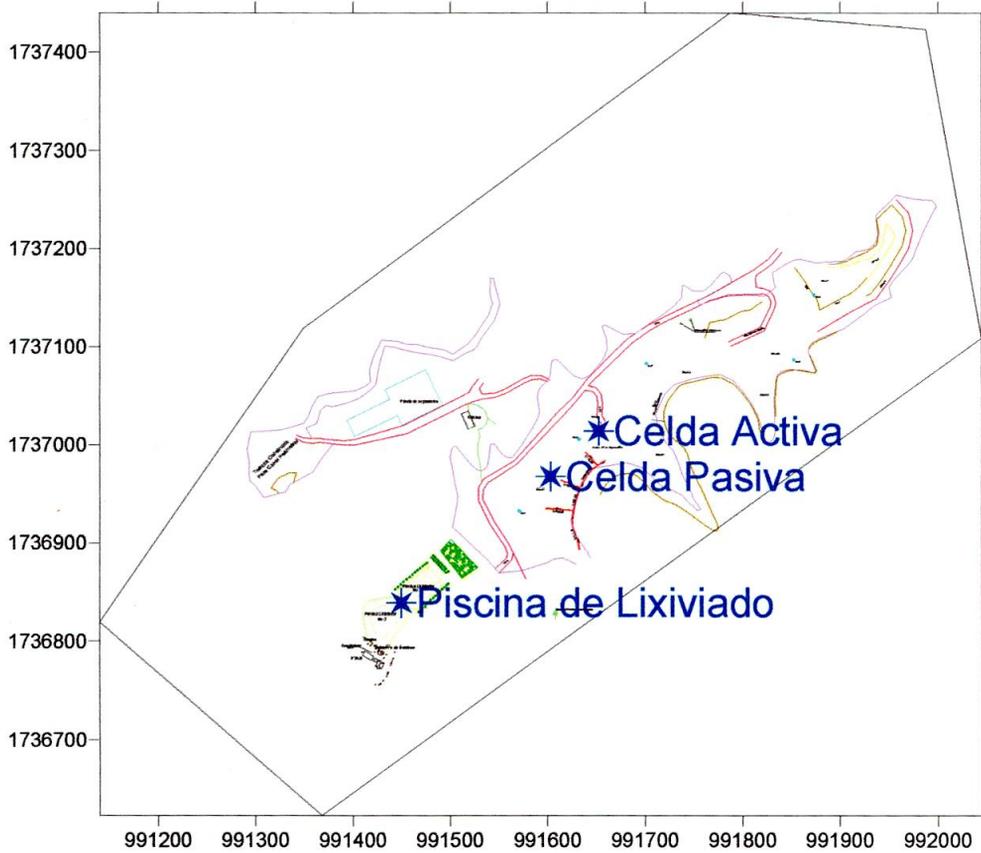
**Bastidas:** Esta es la última comunidad de estudio, la estación se encuentra ubicada en la entrada a la comunidad de bastidas.



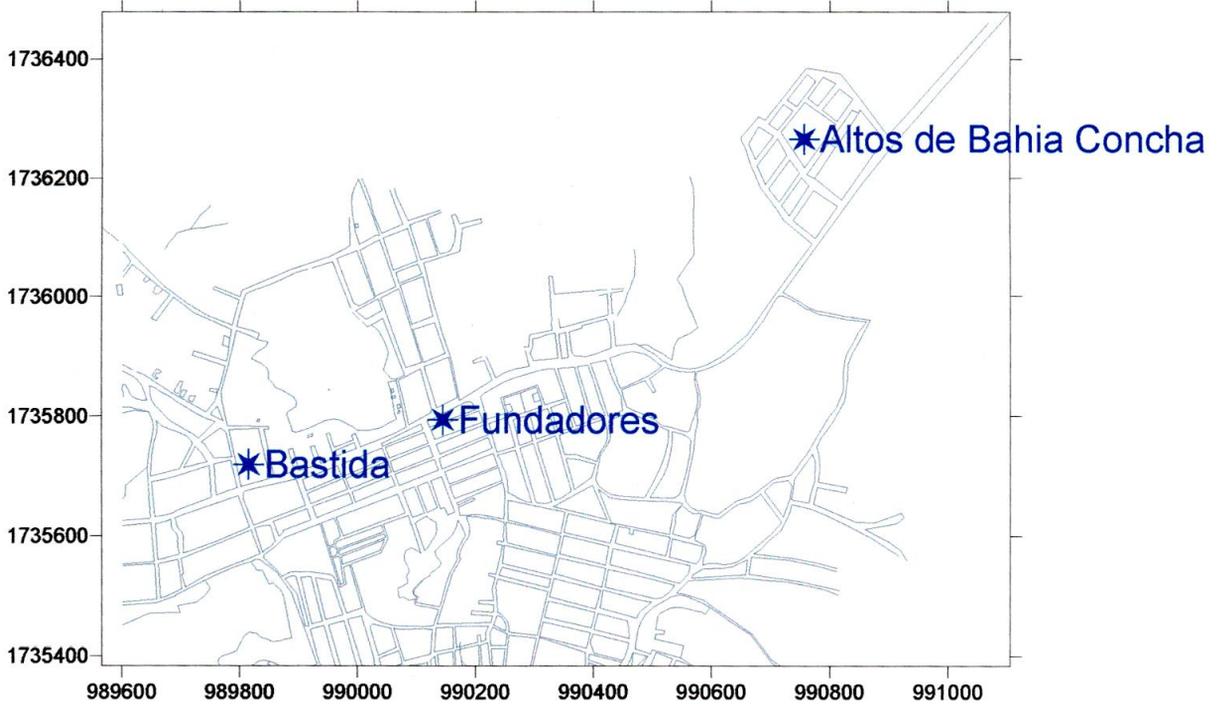
**Figura 16. Estación Bastidas**

**Tabla 3. Coordenadas de los puntos de muestreo**

Estación	Y			X		
	Grado	Minutos	Segundos	Grado	Minutos	Segundos
Celda Pasiva	11	15	35.11	74	9	15.7
Piscina de Lixiviado	11	15	30.9	74	9	20.5
Altos de Bahía Concha	11	15	11.8	74	9	44.1
Fundadores	11	14	57.3	74	9	3.2
Bastidas	11	14	54.2	74	9	14.8
Blanco	11	13	31.7	74	9	13
Celda Activa Muestreo 1	11	15	37.5	74	9	13.6
Celda Activa Muestreo 2	11	15	36.9	74	9	14.1
Celda Activa Muestreo 3	11	15	36.3	74	9	14.5
Celda Activa Muestreo 4	11	15	35.4	74	9	15.5
Celda Activa Muestreo 5	11	15	34.8	74	9	15.9
Celda Activa Muestreo 6	11	15	34.3	74	9	16.4



**Figura 17. Plano de Ubicación de las Estaciones dentro del Relleno**



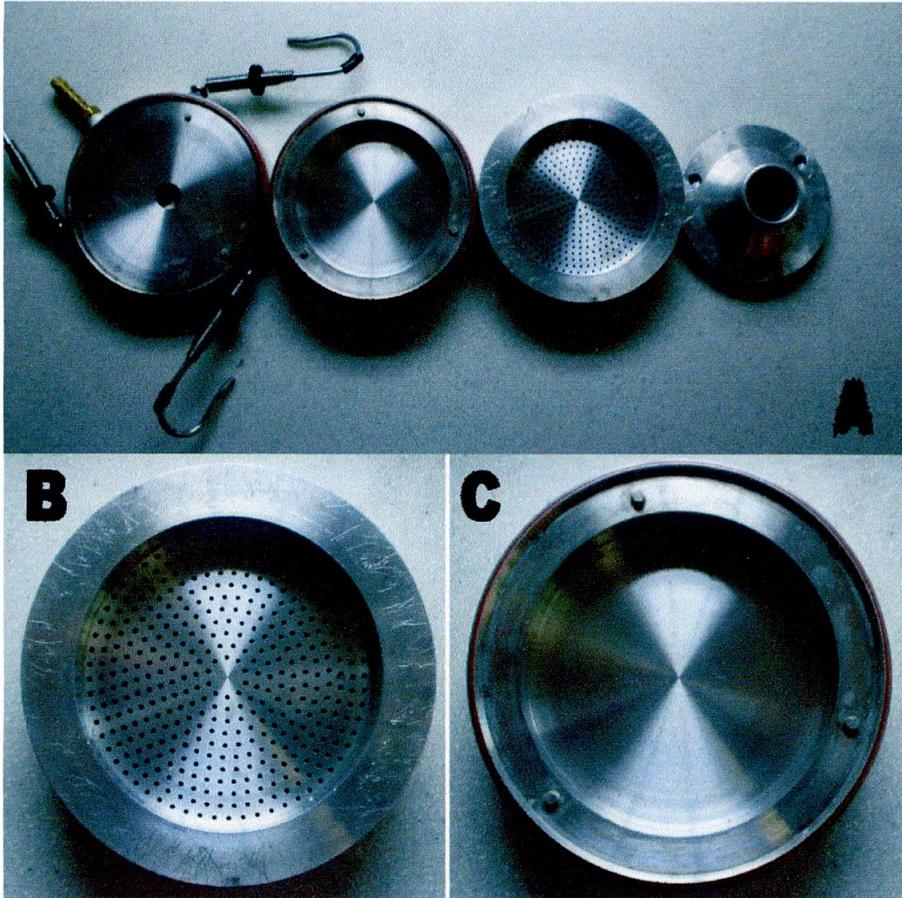
**Figura 18. Plano de Ubicación de las Estaciones en las comunidades**

## 5.2.2 Equipos

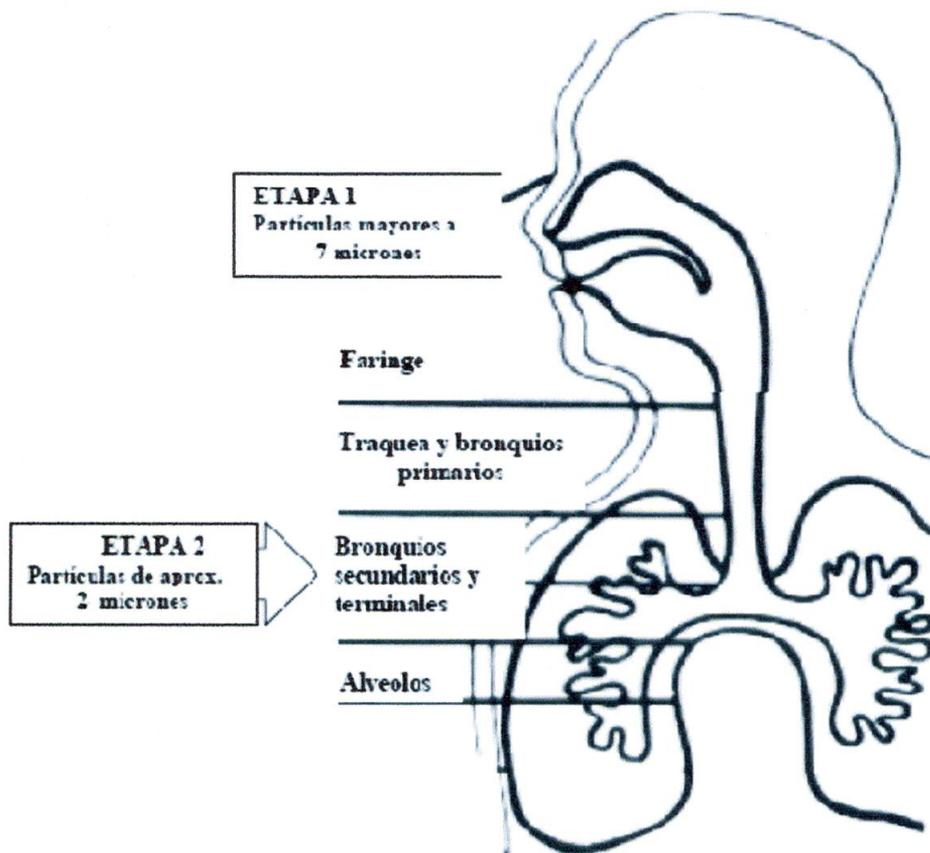
Para la toma de las muestras en campo se utilizó un impactador de cascada marca Tisch Environmental de dos etapas; este equipo está diseñado para simular el aparato respiratorio humano y cuenta con 2 platos o etapas (etapa 1 y 6) las que permiten coleccionar las partículas que son sedimentables en la etapa 1 y las respirables en la etapa 6.



**Figura 19. Impactador de Cascada Marca Tisch Environmental de 2 etapas**



**Figura 20. Etapas del impactador de Cascada**  
**A. Platos que componen el impactador. B. Etapa 1 C. Etapa 6**



**Figura 21. Distribución de los tamaños de las partículas según las etapas y su comparación con el sistema respiratorio humano.**

Para simular la respiración humana en el equipo se utilizó un sistema de bombeo a través de una bomba de vacío que operaba a un caudal de 28,3 l/min verificados por un rotámetro acoplado al sistema.

En el desarrollo de la toma de muestras se utilizaron un GPS marca Garmin MAP 60CSX, una planta eléctrica Bauker como fuente de energía y un anemómetro Kestler 4000 para la toma de la información meteorológica en las condiciones de muestreo.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Este equipo sólo se utilizó en el desarrollo de los tres últimos muestreo debido a su reciente adquisición en la institución



Figura 22. Anemómetro Kestler 4000.

### 5.2.3 Toma de la Muestra

La metodología implementada para el desarrollo de este proyecto se basa en las que han sido propuestas a nivel nacional en distintos países y utilizadas por grupos de investigación (Jensen, 1998; NIOSH, 1998; Gilbert & Ward, 1999; EPA, 2003).

La recolección de la muestra se realizó por espacio de tres minutos por ensayo, a un caudal estable de 28,3 l/min simulando la respiración humana y a una altura de 1,5 metros, de modo que se capturarán las partículas a nivel respirable (García F., 2002).

Las muestras fueron tomadas por duplicado en cada uno de los medios de cultivos específicos para los diversos tipos de microorganismos en estudio. Los medios de cultivo utilizados para el desarrollo de esta investigación Agar Saboreaud con dextrosa al 2% (**SD**) para el conteo de hongos, Agar Standar Plate Count (**SPC**) para Heterótrofos y Agar Baird Parker (**BP**) para Staphylococcus.

### 5.2.3.1 Codificación de las muestras

La codificación de las muestras obedecerá al siguiente lenguaje

La primera combinación corresponderá al lugar de muestreo:

CA	Celda Activa
CP	Celda Pasiva
PL	Piscina de Lixiviado
AB	Altos de Bahía Concha
F	Fundadores
EB	Bastidas
B	Blanco

La segunda combinación correspondiente al medio de cultivo:

BP	Agar Baird Parker
SD	Agar Sabouraud con Dextrosa al 2 %
SPC	Standar Plate Count

La tercera combinación corresponderá a la respectiva etapa:

1	Etapa 1
6	Etapa 6

La cuarta se refiere a la muestra:

O	Original
R	Réplica

Y la última a la jornada de muestreo

M            Mañana  
T            Tarde

Para el entendimiento se presenta un ejemplo de este código

CA-BP-1-O-M

Esta codificación corresponderá a la estación Celda Activa del relleno sanitario, al medio de cultivo selectivo para *Staphylococcus*, ubicado en la etapa uno y a la primera toma de la muestra (original) en la jornada de la mañana.

### **5.3    Cuantificación del material e identificación de organismos**

#### **5.3.1    Cuantificación del Material**

Luego de la recolección de la muestra se procede a incubar las muestras a una temperatura de 28 grados centígrado (temperatura ambiente de la zona de estudio); las muestras son selladas con cinta parafilm (compuesta con parafina) las cuales permiten el paso de la humedad y el aire pero disminuyen en una gran porcentajes las posibilidades con contaminación por cepas en la incubadora.

Para el caso de las bacterias y el *Staphylococcus* se incubaran las muestras por un periodo igual a 48 horas después del muestreo; luego de este periodo se realiza el recuento de las unidades formadoras de colonia presentes en la cajas petri, posterior al recuento se realiza coloración diferencial de Gram a las diversas colonias obtenidas en el SPC, de igual manera para el caso de las bacterias recolectada en SPC se realiza un recuento detallando las diferentes colonias lo cual permitirá establecer la morfología y Gram predominante (Anexos 1. Formato de Recuento de Formato de recuento y caracterización de Mesofilos heterotróficos y *Staphylococcus*).

Para las muestras recolectadas en SD serán incubadas durante un periodo de 5 días periodo en el cual se realiza una recuento detallado a través del formato de recuento de hongos, anotando las características macroscópicas de las diferentes colonias (Anexo 2 Formato de recuento y caracterización de Hongos), seguido al recuento de unidades formadoras de colonias recolectadas en el plato se procede a la identificación microscópica de las cepas de hongos por coloración simple con azul de lactofenol, en el cual se observaran las estructuras reproductiva y el micelio de la morfología. Para la identificación del género se utilizaron las claves taxonómicas de Barnett, 1960 (Illustrated genera of imperfect fungi), y para la identificación de las especies de aspergillus se utilizaron las claves taxonómicas Raper K. B. and D. J. Fennell, 1997.

### 5.3.2 Determinación de la Concentración

#### 5.3.2.1 Determinación de la concentración por ensayo

Para el establecimiento de la concentración se realiza la relación existente entre las unidades formadoras de colonias y el volumen de aire muestreado. El cálculo se realiza por la siguiente expresión matemática

$$\frac{UFC}{m^3} = \frac{\text{Unidades Formadoras de Colonia}}{\text{Volumen de Muestra}}$$

Donde el Volumen de muestra ser calculado por dos variables conocidas el el caudal de bombeo y el tiempo de muestreo

$$v = \frac{Q_b}{t_b}$$

Donde:

$Q_b$  Caudal de bombeo (28,3 l/mim)

$t_b$  Tiempo de bombeo (3 min)

$v$  Volumen de muestreo (9.43 l o 0,00943 m<sup>3</sup>)

### **5.3.2.2 Determinación de la concentración por etapa**

Para la determinación de la concentración en cada una de las etapas, medio y cultivos se realiza un promedio geométrico de la muestra original (O) y la Replica.

### **5.3.2.3 Determinación de la concentración por jornada**

Para la obtención de la concentración de partículas viables biológicas presente en cada uno de los medios y estaciones en las diversas jornadas de muestreo se procede a sumar las concentraciones promedios (obtenidas según el cálculo presentado en el ítem 1.3.2.2.) y se suman.

### **5.3.2.4 Determinación de la Concentración Promedio**

Para el cálculo de la concentración promedio representativa del periodo de muestreo se realiza un promedio geométrico a las concentraciones obtenidas en cada una de las campañas.

## **5.4 Procesamiento y Análisis de los resultados**

### **5.4.1 Tabulación de la información**

Para la tabulación de la información obtenida en la fase de campo se utilizó el programa de Microsoft Excel el cual permitió el análisis de a través de tablas dinámicas realizar los cálculos de las concentraciones antes mencionadas.

### **5.4.2 Representación de los resultados**

#### **5.4.2.1 Representación de descriptivas de los resultados**

Se representarán mediante diagramas de barras de las concentraciones de partículas viables biológicas en las diversas etapas, jornadas, medio y estación. De igual manera se presentaran los porcentajes de distribución de los diversos

tamaños (etapa), morfología y Gram (para Mesofilos heterotróficos), y género y especie (para el caso de Hongos) de las muestras colectadas, dentro de este amplio grupo de Figuras a presentar, las concentraciones siempre serán expresadas como mínimo en función de la jornada, medio y estación.

#### **5.4.2.2 Distribución espacio-temporal**

Para la representación espacial de las concentraciones se representaran en espacial plot a través de programa Golden Surfer V 8.0, que utilizará el método de interpolación Kriging, en este mismo programa se representarán la distribución de la morfología y Gram más predominantes, al igual que el género de hongo más predominantes.

En todos los casos anteriores la representación de la distribución espacial está en función de las jornadas (mañana y tarde) con lo que se permite analizar la distribución temporal.

#### **5.1.1. Análisis de los Resultados**

##### **5.1.1.1. Análisis estadístico.**

Para el Análisis estadísticos de los datos se utilizara el diseño experimental StatAdvisor del software Startgraphics; Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de los factores del estudio (Microorganismo y Jornada). Este método construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de la concentración para los 7 diferentes niveles de la población (Estaciones). La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

## **6. DATOS**

### **6.1. Unidades formadoras de colonias**

Ver Anexo 3

### **6.2. Datos Meteorológicos**

Ver Anexo 4

## 7. RESULTADOS

### 7.1. Representación de Descriptivas de las concentraciones.

#### 7.1.1. Concentración de Bioaerosoles.

Para el cálculo de la concentración de bioaerosoles se define la relación existente entre las unidades formadoras de colonias por metro cubico de aire muestreado.

$$\frac{\text{UFC}}{\text{m}^3} = \frac{\text{Unidades Formadoras de Colonia}}{\text{Volumen de Muestra}}$$

Donde el Volumen de muestra ser calculado por dos variables conocidas el caudal de bombeo y el tiempo de muestreo

$$v = Q_b t_b$$

Donde:

$Q_b$  Caudal de bombeo (28,3 l/min)

$t_b$  Tiempo de bombeo (3 min)

$v$  Volumen de muestreo (84.9l o 0,0849 m<sup>3</sup>)

#### 7.1.1.1. Resultado de la concentración en las diferentes muestras.

**Tabla 4 Unidades formadoras de colonias en la Celda Activa CA.**

MEDIO	ESTACION	ETAPA	MUESTRA	JORNADA	UFC / M3					
					M1	M2	M3	M4	M5	M6
BP	CA	1	O	M	3286.22	3851.59	0.00	47.11	129.56	0.00
BP	CA	6	O	M	2650.18	2249.71	0.00	11.78	3333.33	353.36
BP	CA	1	R	M	3533.57	447.59	0.00	0.00	0.00	23.56
BP	CA	6	R	M	1908.13	694.94	0.00	0.00	35.34	353.36
BP	CA	1	O	T	3533.57	282.69	0.00	11.78	0.00	0.00
BP	CA	6	O	T	3533.57	117.79	0.00	11.78	0.00	0.00
BP	CA	1	R	T	3533.57	965.84	0.00	188.46	200.24	0.00
BP	CA	6	R	T	3533.57	694.94	0.00	164.90	94.23	0.00
SD	CA	1	O	M	47.11	35.34	35.34	259.13	47.11	35.34
SD	CA	6	O	M	294.46	11.78	235.57	82.45	365.14	506.48
SD	CA	1	R	M	58.89	58.89	11.78	23.56	23.56	47.11
SD	CA	6	R	M	176.68	94.23	247.35	188.46	282.69	164.90
SD	CA	1	O	T	35.34	70.67	70.67	11.78	294.46	0.00
SD	CA	6	O	T	259.13	47.11	223.79	306.24	70.67	0.00
SD	CA	1	R	T	11.78	0.00	23.56	58.89	376.91	0.00
SD	CA	6	R	T	153.12	0.00	176.68	388.69	35.34	0.00
SPC	CA	1	O	M	530.04	706.71	11.78	129.56	11.78	35.34
SPC	CA	6	O	M	82.45	58.89	70.67	23.56	11.78	47.11
SPC	CA	1	R	M	765.61	424.03	188.46	223.79	0.00	11.78
SPC	CA	6	R	M	1295.64	70.67	212.01	294.46	11.78	0.00
SPC	CA	1	O	T	341.58	2179.03	0.00	730.27	58.89	0.00
SPC	CA	6	O	T	1260.31	1224.97	23.56	636.04	94.23	0.00
SPC	CA	1	R	T	106.01	2237.93	82.45	412.25	58.89	0.00
SPC	CA	6	R	T	883.39	1448.76	11.78	506.48	412.25	0.00

**Tabla 5 Unidades formadoras de colonias en la Celda Pasiva CP.**

MEDIO	ESTACION	ETAPA	MUESTRA	JORNADA	UFC / M3					
					M1	M2	M3	M4	M5	M6
BP	CP	1	O	M	3133.10	188.46	0.00	0.00	0.00	0.00
BP	CP	6	O	M	3439.34	47.11	0.00	47.11	0.00	0.00
BP	CP	1	R	M	2673.73	577.15	0.00	0.00	0.00	0.00
BP	CP	6	R	M	2449.94	106.01	0.00	0.00	0.00	0.00
BP	CP	1	O	T	3533.57	0.00	0.00	47.11	0.00	0.00
BP	CP	6	O	T	3533.57	0.00	0.00	47.11	0.00	0.00
BP	CP	1	R	T	3533.57	176.68	0.00	35.34	0.00	0.00
BP	CP	6	R	T	3533.57	70.67	0.00	94.23	0.00	0.00
SD	CP	1	O	M	35.34	35.34	47.11	47.11	0.00	0.00
SD	CP	6	O	M	482.92	117.79	235.57	247.35	0.00	0.00
SD	CP	1	R	M	35.34	82.45	23.56	35.34	0.00	0.00
SD	CP	6	R	M	482.92	176.68	259.13	129.56	0.00	0.00
SD	CP	1	O	T	329.80	47.11	23.56	23.56	0.00	0.00
SD	CP	6	O	T	259.13	35.34	106.01	117.79	0.00	0.00
SD	CP	1	R	T	23.56	106.01	106.01	0.00	0.00	0.00
SD	CP	6	R	T	270.91	176.68	94.23	164.90	0.00	0.00
SPC	CP	1	O	M	129.56	94.23	23.56	11.78	0.00	0.00
SPC	CP	6	O	M	518.26	1236.75	23.56	1413.43	0.00	0.00
SPC	CP	1	R	M	235.57	164.90	35.34	23.56	0.00	0.00
SPC	CP	6	R	M	565.37	600.71	11.78	58.89	0.00	0.00
SPC	CP	1	O	T	282.69	176.68	412.25	1012.96	0.00	0.00
SPC	CP	6	O	T	412.25	494.70	188.46	836.28	0.00	0.00
SPC	CP	1	R	T	1189.63	82.45	106.01	47.11	0.00	0.00
SPC	CP	6	R	T	1166.08	70.67	400.47	106.01	0.00	0.00

**Tabla 6 Unidades formadoras de colonias en la Piscina de Lixiviado PL.**

MEDIO	ESTACION	ETAPA	MUESTRA	JORNADA	UFC / M3					
					M1	M2	M3	M4	M5	M6
BP	PL	1	O	M	3439.34	82.45	0.00	23.56	11.78	23.56
BP	PL	6	O	M	2296.82	11.78	0.00	11.78	0.00	47.11
BP	PL	1	R	M	3533.57	35.34	0.00	35.34	23.56	70.67
BP	PL	6	R	M	3533.57	235.57	0.00	0.00	0.00	588.93
BP	PL	1	O	T	0.00	35.34	0.00	35.34	58.89	0.00
BP	PL	6	O	T	0.00	730.27	0.00	0.00	188.46	0.00
BP	PL	1	R	T	0.00	0.00	0.00	11.78	82.45	0.00
BP	PL	6	R	T	0.00	0.00	0.00	200.24	223.79	0.00
SD	PL	1	O	M	35.34	11.78	11.78	117.79	153.12	47.11
SD	PL	6	O	M	259.13	94.23	223.79	153.12	200.24	683.16
SD	PL	1	R	M	58.89	11.78	23.56	106.01	94.23	365.14
SD	PL	6	R	M	353.36	94.23	577.15	306.24	188.46	247.35
SD	PL	1	O	T	47.11	0.00	23.56	188.46	153.12	0.00
SD	PL	6	O	T	259.13	164.90	129.56	35.34	683.16	0.00
SD	PL	1	R	T	47.11	0.00	47.11	106.01	141.34	0.00
SD	PL	6	R	T	153.12	47.11	106.01	188.46	424.03	0.00
SPC	PL	1	O	M	365.14	235.57	11.78	141.34	294.46	35.34
SPC	PL	6	O	M	636.04	2685.51	223.79	318.02	1248.53	11.78
SPC	PL	1	R	M	94.23	94.23	0.00	0.00	2414.61	94.23
SPC	PL	6	R	M	895.17	388.69	94.23	94.23	683.16	23.56
SPC	PL	1	O	T	176.68	70.67	47.11	424.03	306.24	0.00
SPC	PL	6	O	T	883.39	259.13	106.01	1484.10	659.60	0.00
SPC	PL	1	R	T	106.01	117.79	11.78	259.13	212.01	0.00
SPC	PL	6	R	T	494.70	212.01	94.23	388.69	82.45	0.00

**Tabla 7 Unidades formadoras de colonias en Altos de Bahía Concha AB.**

MEDIO	ESTACION	ETAPA	MUESTRA	JORNADA	UFC / M3					
					M1	M2	M3	M4	M5	M6
BP	AB	1	O	M	0.00	0.00	0.00	1955.24	58.89	47.11
BP	AB	6	O	M	3533.57	58.89	0.00	1978.80	23.56	329.80
BP	AB	1	R	M	2214.37	23.56	0.00	0.00	0.00	23.56
BP	AB	6	R	M	3533.57	1189.63	0.00	0.00	35.34	188.46
BP	AB	1	O	T	0.00	0.00	0.00	0.00	11.78	0.00
BP	AB	6	O	T	11.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BP	AB	1	R	T	0.00	23.56	0.00	0.00	0.00	0.00
BP	AB	6	R	T	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SD	AB	1	O	M	70.67	141.34	129.56	164.90	153.12	153.12
SD	AB	6	O	M	223.79	47.11	518.26	388.69	435.81	530.04
SD	AB	1	R	M	47.11	23.56	282.69	153.12	188.46	188.46
SD	AB	6	R	M	353.36	200.24	518.26	141.34	353.36	0.00
SD	AB	1	O	T	11.78	11.78	35.34	35.34	94.23	0.00
SD	AB	6	O	T	188.46	153.12	94.23	247.35	765.61	0.00
SD	AB	1	R	T	47.11	141.34	58.89	35.34	35.34	0.00
SD	AB	6	R	T	223.79	11.78	353.36	129.56	706.71	0.00
SPC	AB	1	O	M	70.67	117.79	0.00	836.28	23.56	94.23
SPC	AB	6	O	M	812.72	11.78	11.78	1095.41	294.46	1095.41
SPC	AB	1	R	M	23.56	188.46	23.56	1413.43	35.34	1743.23
SPC	AB	6	R	M	553.59	94.23	47.11	376.91	106.01	341.58
SPC	AB	1	O	T	212.01	23.56	23.56	0.00	23.56	0.00
SPC	AB	6	O	T	247.35	94.23	11.78	0.00	35.34	0.00
SPC	AB	1	R	T	259.13	117.79	0.00	11.78	270.91	0.00
SPC	AB	6	R	T	153.12	117.79	35.34	0.00	200.24	0.00

**Tabla 8 Unidades formadoras de colonias en Fundadores F.**

MEDIO	ESTACION	ETAPA	MUESTRA	JORNADA	UFC / M3					
					M1	M2	M3	M4	M5	M6
BP	F	1	O	M	2756.18	94.23	0.00	47.11	294.46	58.89
BP	F	6	O	M	3062.43	58.89	0.00	223.79	247.35	329.80
BP	F	1	R	M	1684.33	35.34	0.00	624.26	106.01	58.89
BP	F	6	R	M	2909.31	164.90	0.00	247.35	129.56	376.91
BP	F	1	O	T	0.00	0.00	0.00	58.89	11.78	0.00
BP	F	6	O	T	0.00	412.25	0.00	117.79	0.00	0.00
BP	F	1	R	T	11.78	58.89	0.00	106.01	0.00	0.00
BP	F	6	R	T	0.00	23.56	0.00	58.89	0.00	0.00
SD	F	1	O	M	70.67	58.89	94.23	0.00	70.67	153.12
SD	F	6	O	M	141.34	153.12	141.34	153.12	565.37	447.59
SD	F	1	R	M	82.45	70.67	117.79	141.34	94.23	58.89
SD	F	6	R	M	176.68	188.46	117.79	70.67	435.81	329.80
SD	F	1	O	T	11.78	35.34	35.34	153.12	106.01	0.00
SD	F	6	O	T	247.35	164.90	129.56	388.69	694.94	0.00
SD	F	1	R	T	35.34	11.78	47.11	58.89	117.79	0.00
SD	F	6	R	T	23.56	164.90	176.68	212.01	765.61	0.00
SPC	F	1	O	M	376.91	577.15	318.02	0.00	1071.85	270.91
SPC	F	6	O	M	1260.31	1660.78	58.89	1696.11	671.38	23.56
SPC	F	1	R	M	588.93	459.36	0.00	659.60	388.69	141.34
SPC	F	6	R	M	930.51	11.78	82.45	0.00	94.23	129.56
SPC	F	1	O	T	777.39	376.91	942.29	11.78	223.79	0.00
SPC	F	6	O	T	494.70	188.46	1166.08	294.46	742.05	0.00
SPC	F	1	R	T	659.60	376.91	742.05	11.78	153.12	0.00
SPC	F	6	R	T	1024.73	765.61	1861.01	11.78	58.89	0.00



**Tabla 9 Unidades formadoras de colonias en Bastidas EB.**

MEDIO	ESTACION	ETAPA	MUESTRA	JORNADA	M1	M2	M3	M4	M5	M6
BP	EB	1	O	M	2756.18	2108.36	11.78	70.67	200.24	35.34
BP	EB	6	O	M	2367.49	47.11	0.00	494.70	742.05	318.02
BP	EB	1	R	M	1908.13	23.56	0.00	2237.93	35.34	11.78
BP	EB	6	R	M	2603.06	23.56	0.00	2037.69	106.01	306.24
BP	EB	1	O	T	23.56	1024.73	0.00	0.00	23.56	0.00
BP	EB	6	O	T	47.11	1189.63	0.00	11.78	47.11	0.00
BP	EB	1	R	T	0.00	789.16	0.00	70.67	58.89	0.00
BP	EB	6	R	T	0.00	1071.85	0.00	0.00	117.79	0.00
SD	EB	1	O	M	482.92	141.34	141.34	247.35	259.13	141.34
SD	EB	6	O	M	106.01	294.46	212.01	282.69	471.14	353.36
SD	EB	1	R	M	164.90	35.34	270.91	282.69	329.80	11.78
SD	EB	6	R	M	306.24	82.45	447.59	200.24	471.14	400.47
SD	EB	1	O	T	47.11	259.13	23.56	82.45	11.78	0.00
SD	EB	6	O	T	306.24	23.56	282.69	94.23	482.92	0.00
SD	EB	1	R	T	11.78	47.11	35.34	47.11	329.80	0.00
SD	EB	6	R	T	247.35	129.56	247.35	270.91	0.00	0.00
SPC	EB	1	O	M	11.78	35.34	11.78	1460.54	989.40	1295.64
SPC	EB	6	O	M	1319.20	212.01	0.00	23.56	424.03	1048.29
SPC	EB	1	R	M	106.01	153.12	0.00	1118.96	1366.31	94.23
SPC	EB	6	R	M	659.60	106.01	341.58	353.36	223.79	70.67
SPC	EB	1	O	T	318.02	153.12	94.23	565.37	777.39	0.00
SPC	EB	6	O	T	588.93	270.91	282.69	553.59	659.60	0.00
SPC	EB	1	R	T	306.24	565.37	117.79	600.71	329.80	0.00
SPC	EB	6	R	T	459.36	141.34	0.00	565.37	318.02	0.00

**Tabla 10 Unidades formadoras de colonias en el Blanco B.**

MEDIO	ESTACION	ETAPA	MUESTRA	JORNADA	UFC / M3					
					M1	M2	M3	M4	M5	M6
BP	B	1	O	M	3533.57	471.14	0.00	0.00	82.45	0.00
BP	B	6	O	M	3533.57	400.47	0.00	11.78	0.00	47.11
BP	B	1	R	M	3533.57	494.70	0.00	11.78	23.56	58.89
BP	B	6	R	M	3533.57	624.26	0.00	11.78	0.00	11.78
BP	B	1	O	T	0.00	0.00	0.00	0.00	47.11	0.00
BP	B	6	O	T	0.00	0.00	0.00	0.00	11.78	0.00
BP	B	1	R	T	0.00	0.00	0.00	0.00	11.78	0.00
BP	B	6	R	T	3533.57	235.57	0.00	0.00	47.11	0.00
SD	B	1	O	M	23.56	35.34	70.67	94.23	0.00	11.78
SD	B	6	O	M	270.91	223.79	0.00	365.14	212.01	329.80
SD	B	1	R	M	47.11	58.89	270.91	70.67	94.23	270.91
SD	B	6	R	M	235.57	530.04	0.00	117.79	294.46	58.89
SD	B	1	O	T	58.89	223.79	270.91	235.57	188.46	0.00
SD	B	6	O	T	176.68	47.11	259.13	247.35	341.58	0.00
SD	B	1	R	T	35.34	188.46	11.78	188.46	200.24	0.00
SD	B	6	R	T	11.78	35.34	188.46	141.34	365.14	0.00
SPC	B	1	O	M	82.45	70.67	129.56	235.57	129.56	200.24
SPC	B	6	O	M	730.27	294.46	164.90	400.47	200.24	341.58
SPC	B	1	R	M	70.67	23.56	11.78	11.78	624.26	188.46
SPC	B	6	R	M	329.80	58.89	188.46	106.01	94.23	282.69
SPC	B	1	O	T	176.68	129.56	47.11	0.00	683.16	0.00
SPC	B	6	O	T	624.26	35.34	259.13	1554.77	683.16	0.00
SPC	B	1	R	T	35.34	58.89	58.89	11.78	47.11	0.00
SPC	B	6	R	T	376.91	82.45	200.24	577.15	565.37	0.00

## 7.1.2. Promedio de la concentración por Etapa.

### 7.1.2.1. Tablas de Promedio de la Concentración por Etapa.

Tabla 11 Promedio de la concentración de microorganismo en función de las condiciones de muestreo (Estación, Medio, Etapa, Jornada)

ESTACION	MEDIO	ETAPA	JORNADA	Muestreo_1	Muestreo_2	Muestreo_3	Muestreo_4	Muestreo_5	Muestreo_6
AB	BP	1	M	1107.18	11.78	0	1955.24	29.45	70.67
			T	0	11.78	0	0	5.89	0
		6	M	3533.57	624.26	0	1978.8	29.45	518.26
			T	5.89	0	0	0	0	0
	SD	1	M	58.89	82.45	412.25	318.02	170.79	341.58
			T	29.45	76.56	94.23	70.67	64.78	0
		6	M	288.57	123.67	1036.51	530.04	394.58	530.04
			T	206.12	82.45	447.59	376.91	736.16	0
	SPC	1	M	47.11	153.12	23.56	2249.71	29.45	1837.46
			T	235.57	70.67	23.56	11.78	147.23	0
		6	M	683.16	53	58.89	1472.32	200.24	1436.98
			T	200.24	106.01	47.11	0	117.79	0
B	BP	1	M	3533.57	482.92	0	11.78	53	58.89
			T	0	0	0	0	29.45	0
		6	M	3533.57	512.37	0	23.56	0	58.89
			T	1766.78	117.79	0	0	29.45	0
	SD	1	M	35.34	47.11	341.58	164.9	47.11	282.69
			T	47.11	206.12	282.69	424.03	194.35	0
		6	M	253.24	376.91	0	482.92	253.24	388.69
			T	94.23	41.22	447.59	388.69	353.36	0
	SPC	1	M	76.56	47.11	141.34	247.35	376.91	388.69

			T	106.01	94.23	106.01	11.78	365.14	0
		6	M	530.04	176.68	353.36	506.48	147.23	624.26
			T	500.59	58.89	459.36	2131.92	624.26	0
CA	BP	1	M	3409.89	2149.59	0	47.11	64.78	23.56
			T	3533.57	624.26	0	200.24	100.12	0
		6	M	2279.15	1472.32	0	11.78	1684.33	706.71
			T	3533.57	406.36	0	176.68	47.11	0
	SD	1	M	53	47.11	47.11	282.69	35.34	82.45
			T	23.56	35.34	94.23	70.67	335.69	0
		6	M	235.57	53	482.92	270.91	323.91	671.38
			T	206.12	23.56	400.47	694.94	53	0
	SPC	1	M	647.82	565.37	200.24	353.36	5.89	47.11
			T	223.79	2208.48	82.45	1142.52	58.89	0
		6	M	689.05	64.78	282.69	318.02	11.78	47.11
			T	1071.85	1336.87	35.34	1142.52	253.24	0
CP	BP	1	M	2903.42	382.8	0	0	0	0
			T	3533.57	88.34	0	82.45	0	0
		6	M	2944.64	76.56	0	47.11	0	0
			T	3533.57	35.34	0	141.34	0	0
	SD	1	M	35.34	58.89	70.67	82.45	0	0
			T	176.68	76.56	129.56	23.56	0	0
		6	M	482.92	147.23	494.7	376.91	0	0
			T	265.02	106.01	200.24	282.69	0	0
	SPC	1	M	182.57	129.56	58.89	35.34	0	0
			T	736.16	129.56	518.26	1060.07	0	0
		6	M	541.81	918.73	35.34	1472.32	0	0
			T	789.16	282.69	588.93	942.29	0	0
EB	BP	1	M	2332.16	1065.96	11.78	2308.6	117.79	47.11
			T	11.78	906.95	0	70.67	41.22	0

	SD	6	M	2485.28	35.34	0	2532.39	424.03	624.26	
			T	23.56	1130.74	0	11.78	82.45	0	
		1	M	323.91	88.34	412.25	530.04	294.46	153.12	
			T	29.45	153.12	58.89	129.56	170.79	0	
		6	M	206.12	188.46	659.6	482.92	471.14	753.83	
			T	276.8	76.56	530.04	365.14	241.46	0	
	SPC	1	M	58.89	94.23	11.78	2579.51	1177.86	1389.87	
			T	312.13	359.25	212.01	1166.08	553.59	0	
		6	M	989.4	159.01	341.58	376.91	323.91	1118.96	
			T	524.15	206.12	282.69	1118.96	488.81	0	
	F	BP	1	M	2220.26	64.78	0	671.38	200.24	117.79
				T	5.89	29.45	0	164.9	5.89	0
6			M	2985.87	111.9	0	471.14	188.46	706.71	
			T	0	217.9	0	176.68	0	0	
SD		1	M	76.56	64.78	212.01	141.34	82.45	212.01	
			T	23.56	23.56	82.45	212.01	111.9	0	
		6	M	159.01	170.79	259.13	223.79	500.59	777.39	
			T	135.45	164.9	306.24	600.71	730.27	0	
SPC		1	M	482.92	518.26	318.02	659.6	730.27	412.25	
			T	718.49	376.91	1684.33	23.56	188.46	0	
		6	M	1095.41	836.28	141.34	1696.11	382.8	153.12	
			T	759.72	477.03	3027.09	306.24	400.47	0	
PL	BP	1	M	3486.45	58.89	0	58.89	17.67	94.23	
			T	0	17.67	0	47.11	70.67	0	
		6	M	2915.19	123.67	0	11.78	0	636.04	
			T	0	365.14	0	200.24	206.12	0	
	SD	1	M	47.11	11.78	35.34	223.79	123.67	412.25	
			T	47.11	0	70.67	294.46	147.23	0	
		6	M	306.24	94.23	800.94	459.36	194.35	930.51	
			T	206.12	106.01	235.57	223.79	553.59	0	

	SPC	1	M	229.68	164.9	11.78	141.34	1354.53	129.56
			T	141.34	94.23	58.89	683.16	259.13	0
		6	M	765.61	1537.1	318.02	412.25	965.84	35.34
			T	689.05	235.57	200.24	1872.79	371.02	0

7.1.2.2. Figuras de las concentraciones por etapa

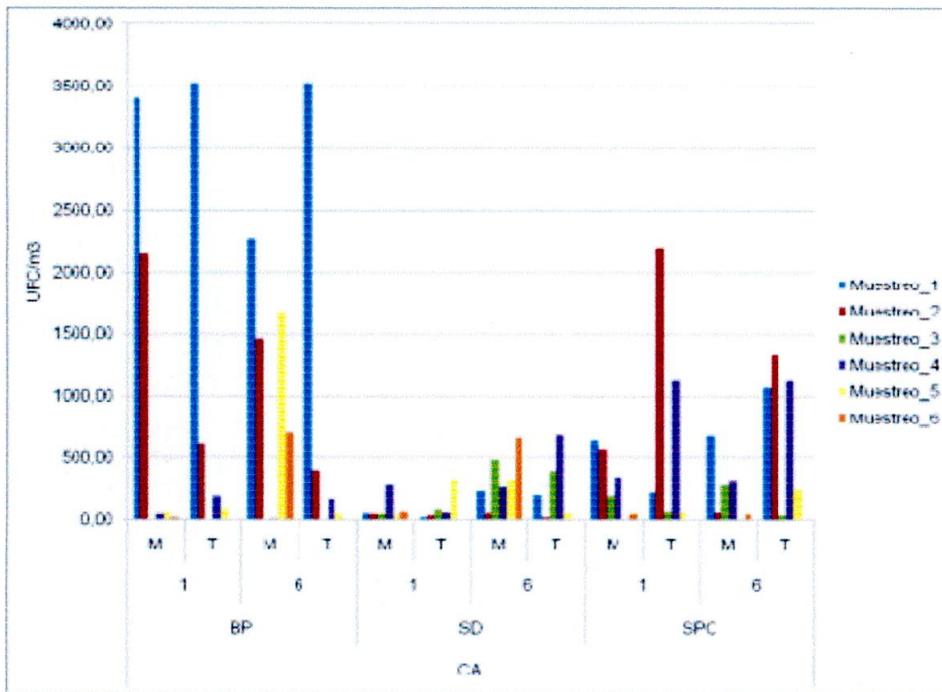


Figura 23 Concentración en la Celda Activa

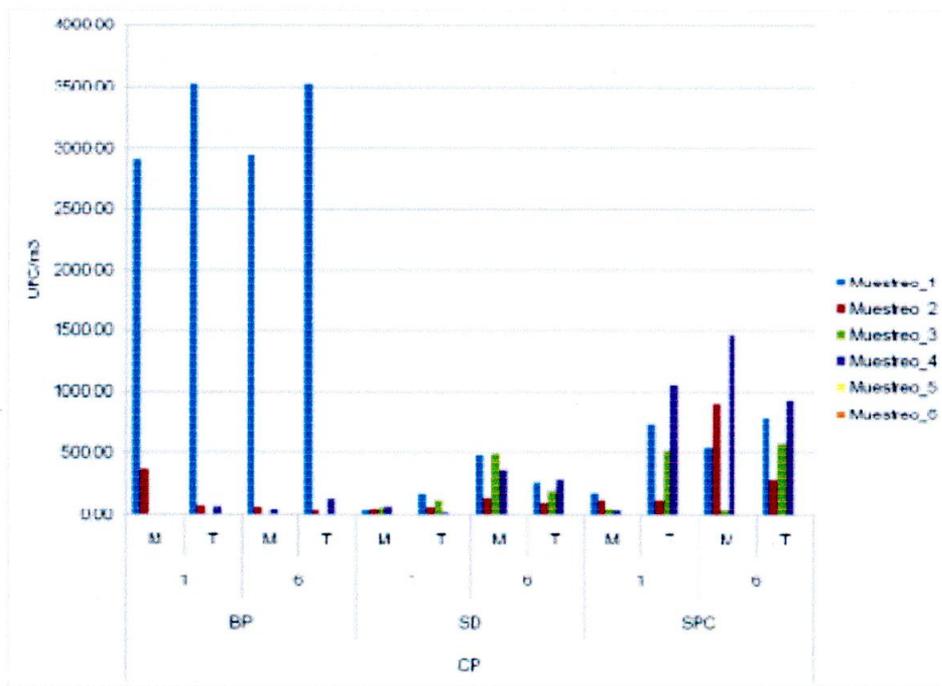
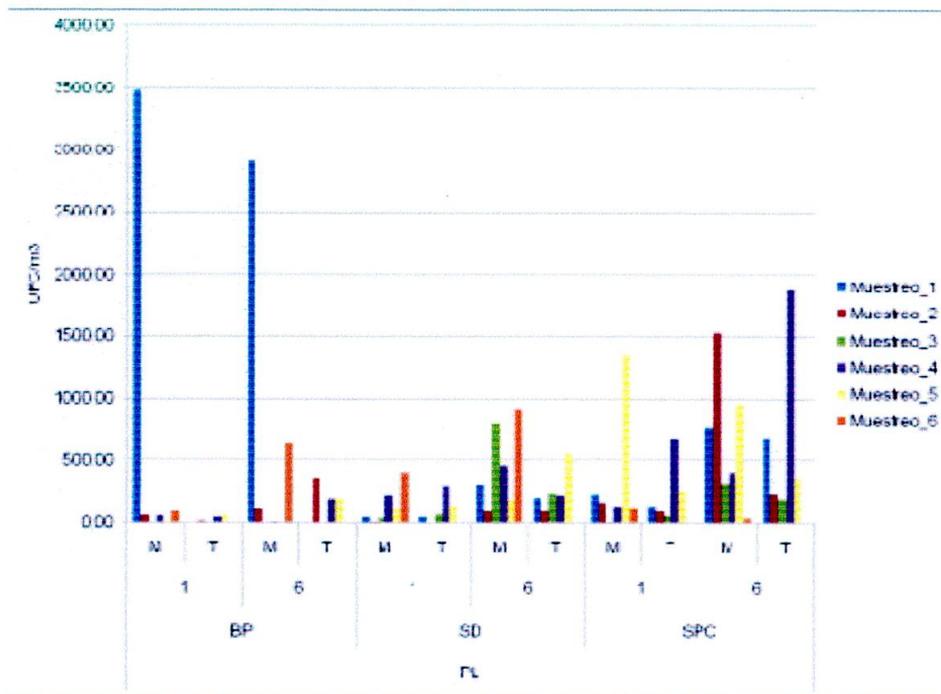
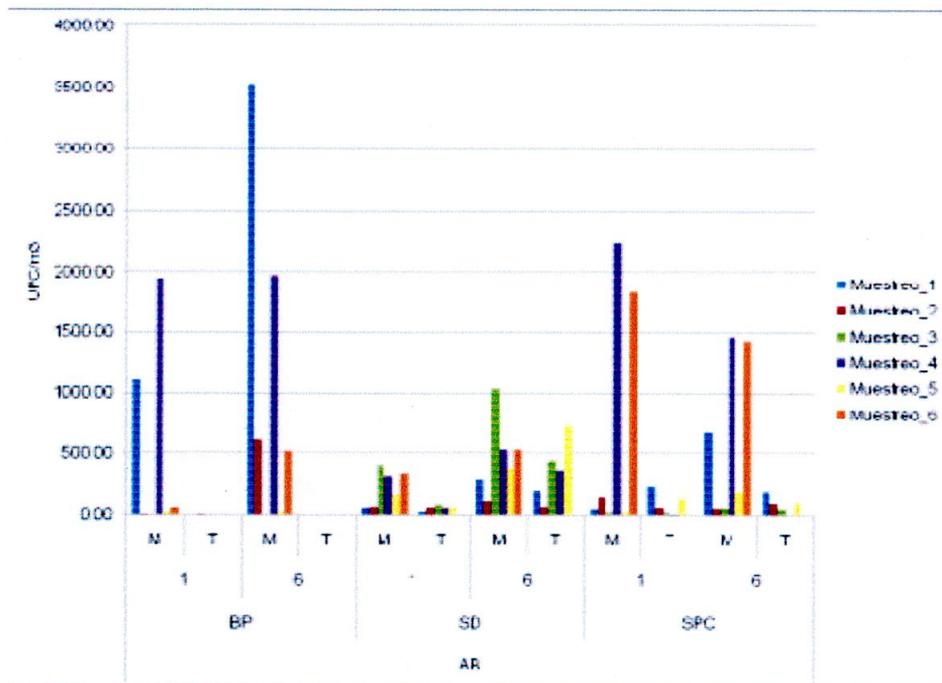


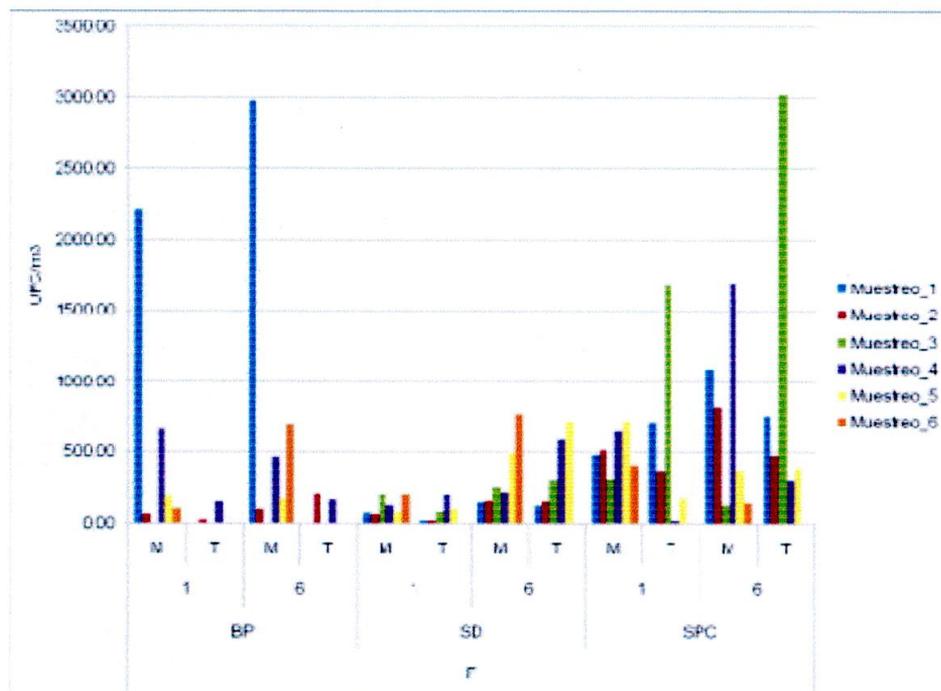
Figura 24 Concentración en la Celda Pasiva



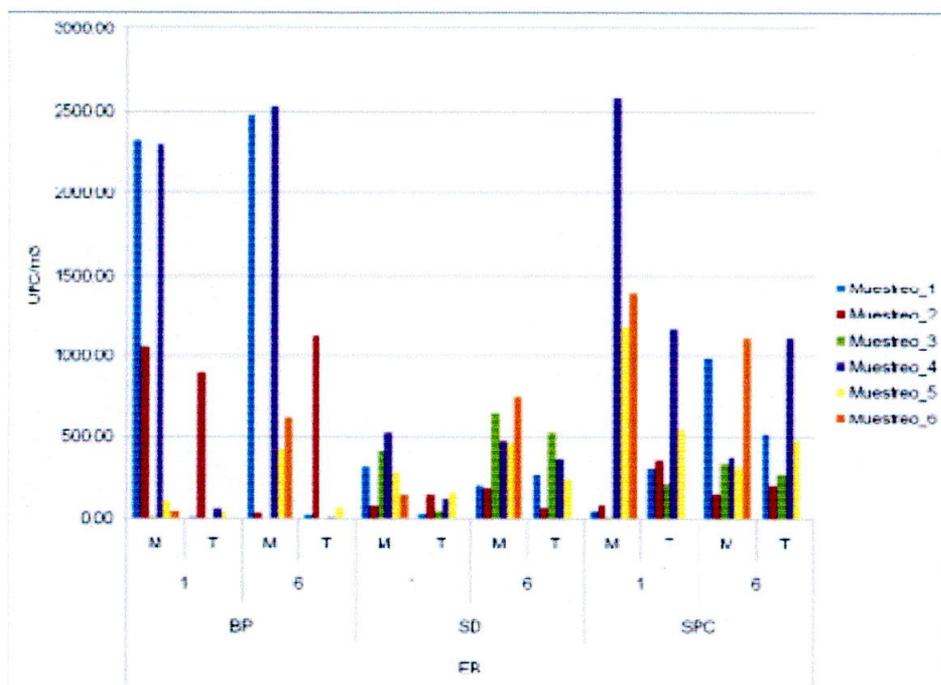
**Figura 25 Concentración en la Piscina de Lixiviado**



**Figura 26 Concentración de Staphylococcus en Altos de Bahía Concha**



**Figura 27 Concentración en Fundadores**



**Figura 28 Concentración en Bastidas**

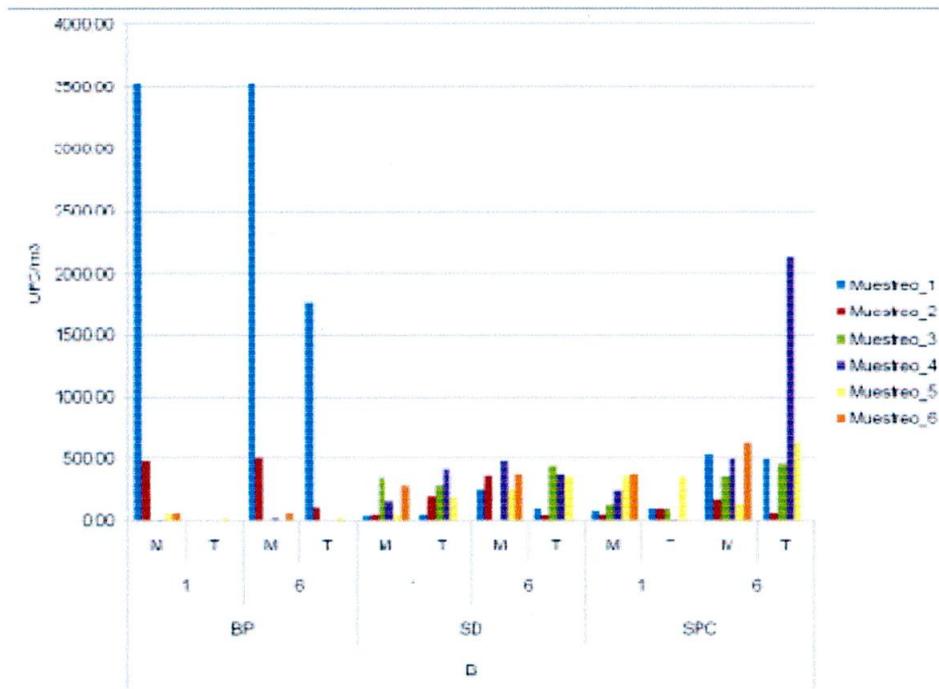


Figura 29. **Concentración de Staphylococcus en el Blanco**

Del conjunto de Figuras anteriores se puede inferir una gran variabilidad de la concentración de partículas viables biológicas en las diversas estaciones, etapas y medios realizados en los muestreos, siendo el medio con mayor variación el Agar Baird Parker (Staphylococcus) dado a que se presentan picos de concentraciones en las primeras campañas de muestreo con respecto a los siguientes, notándose una disminución considerable de las UFC/M<sup>3</sup>; y en menor variación el Agar Saboureaud con dextrosa al 2% dado a que se conserva una concentración promedio estable para la mayoría de las estaciones, en cuanto a la variación de la concentración en función de las etapas del equipo la mayor concentración se reporta con mayor frecuencia en la etapa 6 del equipo muestreador.

De igual forma se observa que las estaciones no poseen un rango de variación estable en las concentraciones y esto se puede atribuir a la alta variabilidad de concentraciones presentada por el medio selectivo para Staphylococcus y al igual que un caso muy similar que es presentado por el Standard Plate Count en algunas estaciones.

### 7.1.3. Promedios por Jornada

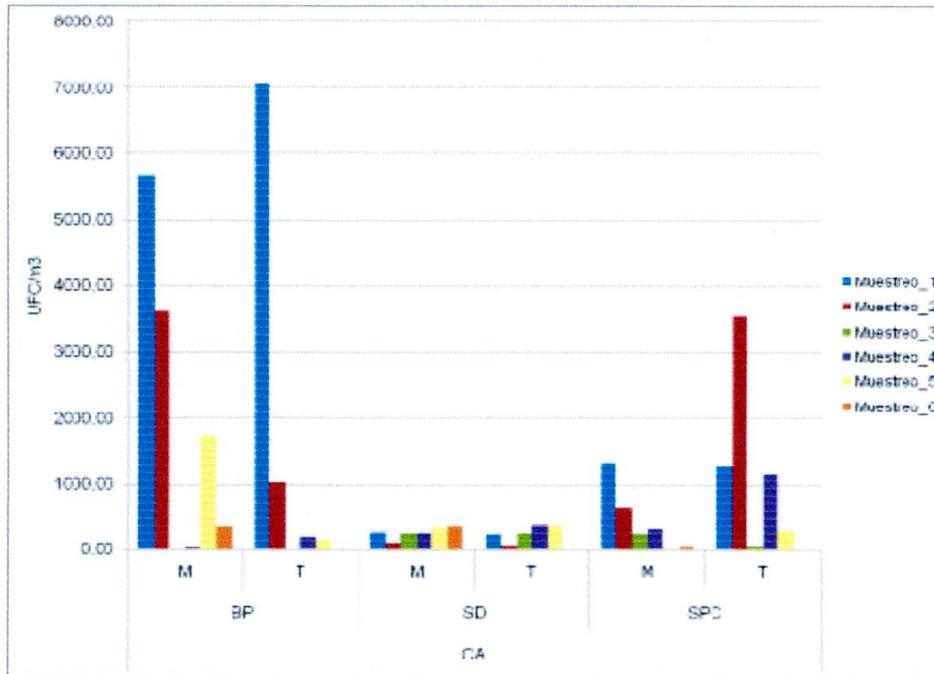
#### 7.1.3.1. Tabla de promedio por Jornada

**Tabla 12 Promedio de microorganismo por estación en función del medio**

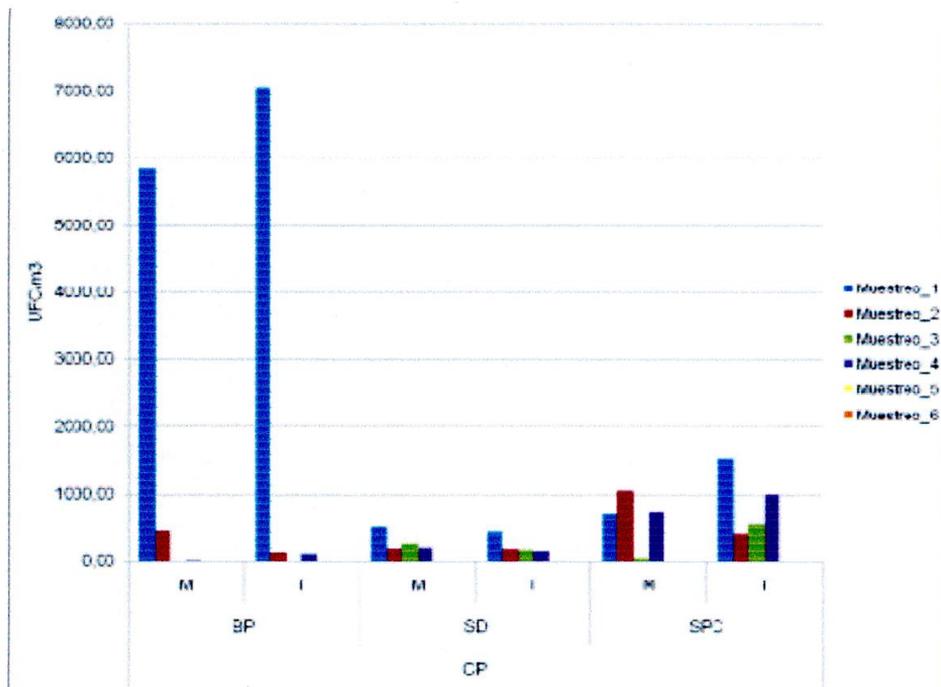
ESTACION	MEDIO	JORNADA	Muestreo_1	Muestreo_2	Muestreo_3	Muestreo_4	Muestreo_5	Muestreo_6
AB	BP	M	4640.75	636.04	0	1967.02	58.89	294.46
		T	5.89	11.78	0	0	5.89	0
	SD	M	347.47	206.12	724.38	424.03	565.37	435.81
		T	235.57	159.01	270.91	223.79	800.94	0
	SPC	M	730.27	206.12	41.22	1861.01	229.68	1637.22
		T	435.81	176.68	35.34	5.89	265.02	0
B	BP	M	7067.14	995.29	0	17.67	53	58.89
		T	1766.78	117.79	0	0	58.89	0
	SD	M	288.57	424.03	170.79	323.91	300.35	335.69
		T	141.34	247.35	365.14	406.36	547.7	0
	SPC	M	606.6	223.79	247.35	376.91	524.15	506.48
		T	606.6	153.12	282.69	1071.85	989.4	0
CA	BP	M	5689.05	3621.91	0	29.45	1749.12	365.14
		T	7067.14	1030.62	0	188.46	147.23	0
	SD	M	288.57	100.12	265.02	276.8	359.25	376.91
		T	229.68	58.89	247.35	382.8	388.69	0
	SPC	M	1336.87	630.15	241.46	335.69	17.67	47.11
		T	1295.64	3545.35	58.89	1142.52	312.13	0
CP	BP	M	5848.06	459.36	0	23.56	0	0
		T	7067.14	123.67	0	111.9	0	0
	SD	M	518.26	206.12	282.69	229.68	0	0
		T	441.7	182.57	164.9	153.12	0	0
	SPC	M	724.38	1048.29	47.11	753.83	0	0
		T	1525.32	412.25	553.59	1001.18	0	0
EB	BP	M	4817.43	1101.3	5.89	2420.49	541.81	335.69
		T	35.34	2037.69	0	41.22	123.67	0
	SD	M	530.04	276.8	535.92	506.48	765.61	453.47
		T	306.24	229.68	294.46	247.35	412.25	0
	SPC	M	1048.29	253.24	176.68	1478.21	1501.77	1254.42
		T	836.28	565.37	247.35	1142.52	1042.4	0
F	BP	M	5206.12	176.68	0	571.26	388.69	412.25

		T	5.89	247.35	0	170.79	5.89	0
	SD	M	235.57	235.57	235.57	182.57	583.04	494.7
		T	159.01	188.46	194.35	406.36	842.17	0
	SPC	M	1578.33	1354.53	229.68	1177.86	1113.07	282.69
		T	1478.21	853.95	2355.71	164.9	588.93	0
PL	BP	M	6401.65	182.57	0	35.34	17.67	365.14
		T	0	382.8	0	123.67	276.8	0
	SD	M	353.36	106.01	418.14	341.58	318.02	671.38
		T	253.24	106.01	153.12	259.13	700.82	0
	SPC	M	995.29	1702	164.9	276.8	2320.38	82.45
		T	830.39	329.8	129.56	1277.97	630.15	0

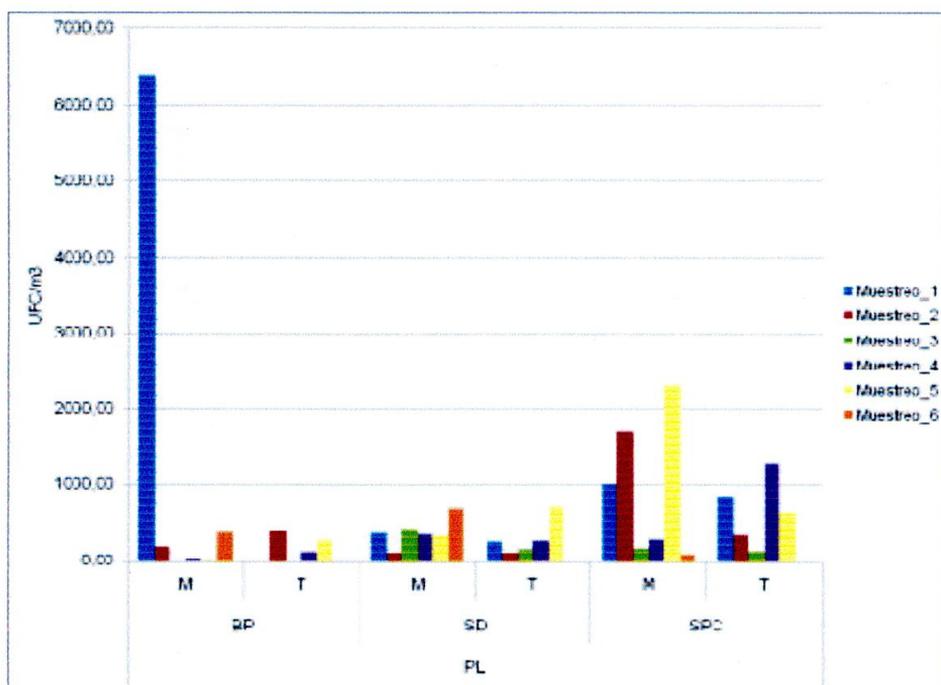
### 7.1.3.2. Figuras de promedio por Jornada



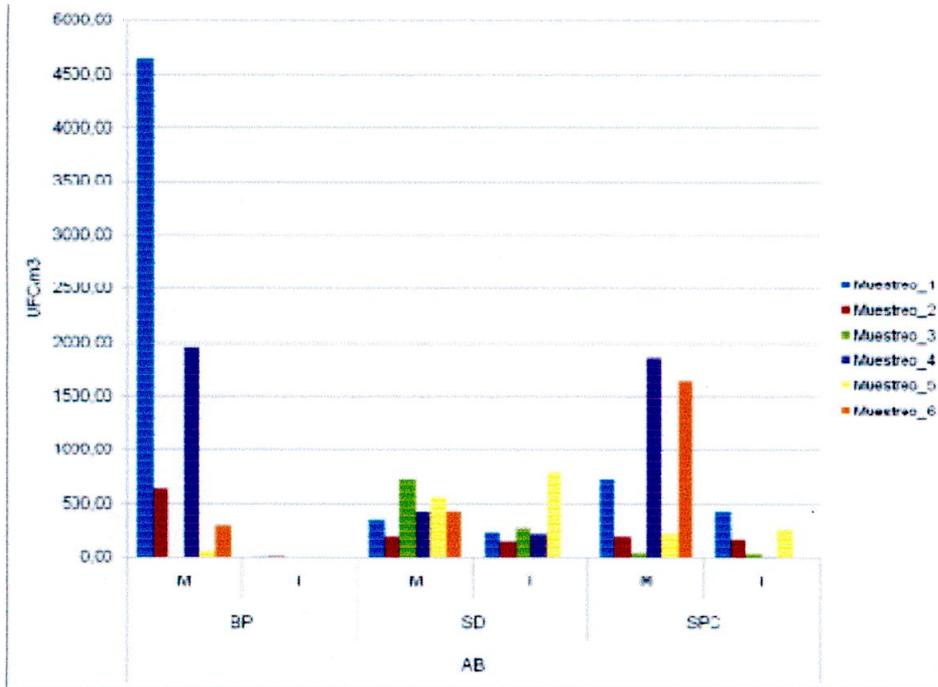
**Figura 30. Concentración en la Celda Activa**



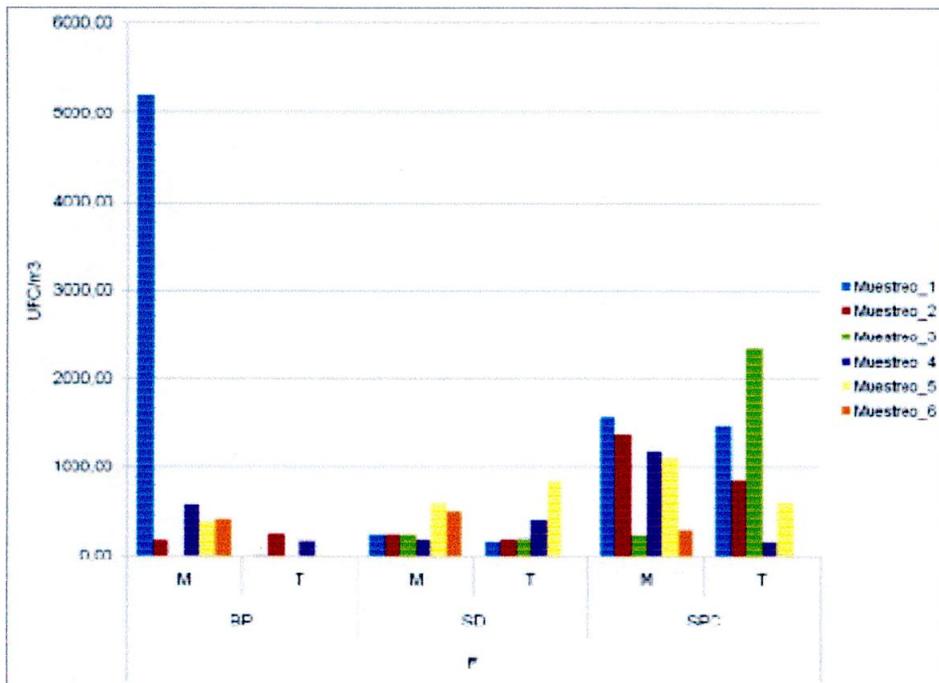
**Figura 31. Concentración de en la Celda Pasiva**



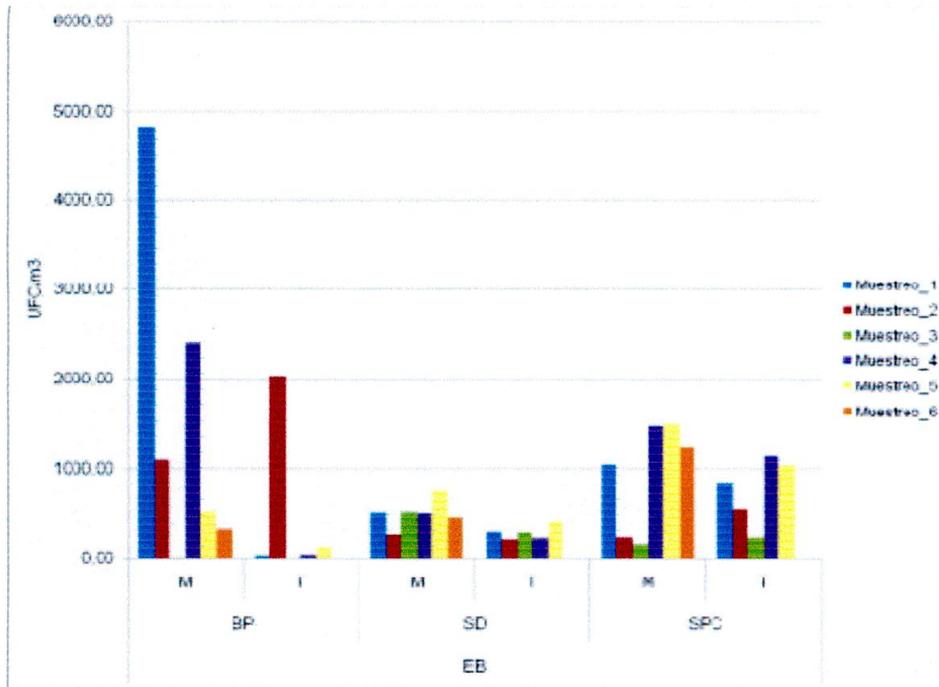
**Figura 32. Concentración en la Piscina de Lixiviado**



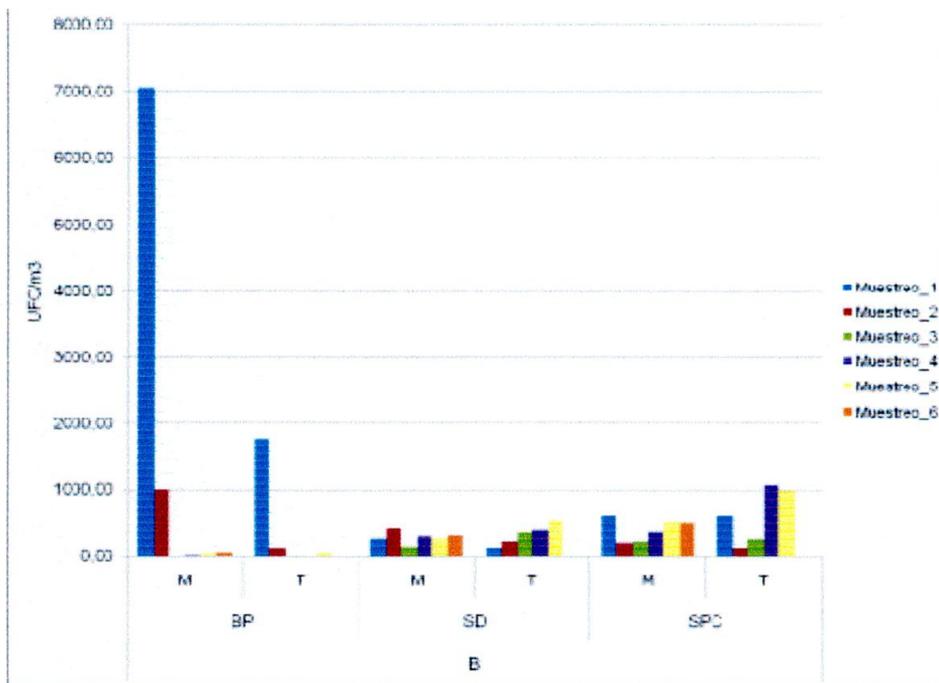
**Figura 33. Concentración en Altos de Bahía Concha**



**Figura 34. Concentración en Fundadores**



**Figura 35. Concentración en Bastidas**



**Figura 36. Concentración en el Blanco**

Se observa una distribución uniforme de la concentración de hongos, pero para el caso de *Staphylococcus* este presenta una gran variabilidad en las

concentraciones. Para el caso de bacterias heterotróficas se observa una variación moderada de las concentraciones.

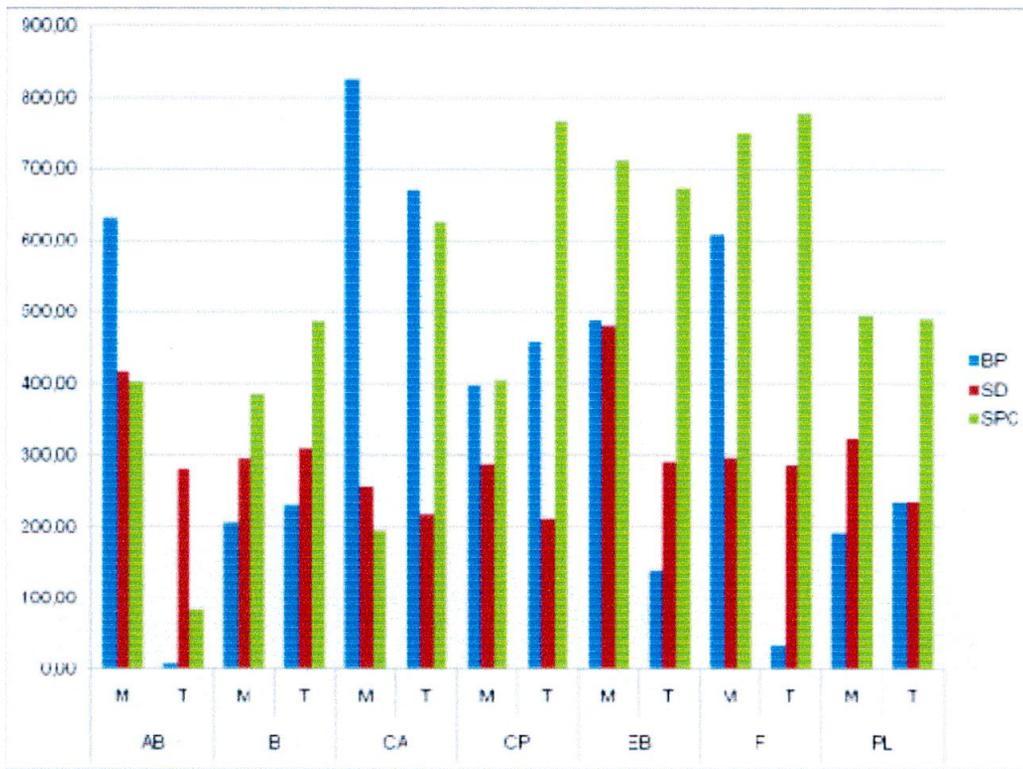
#### 7.1.4. Promedio geométrico de las concentraciones

##### 7.1.4.1. Tablas de la concentración geométrica por estación

**Tabla 13 Distribución de microorganismo por tipo o medio de cultivo**

ESTACION	JORNADA	BP	SD	SPC
AB	M	631.82	419.12	403.92
	T	7.42	283.12	84.26
CA	M	827.29	256.83	196.08
	T	670.49	218.48	626.44
CP	M	398.50	288.59	405.25
	T	460.73	212.42	768.34
EB	M	489.49	482.49	712.30
	T	138.42	291.70	674.19
F	M	609.62	297.15	752.79
	T	34.79	288.34	780.04
PL	M	192.80	323.32	495.46
	T	235.76	236.92	491.13

### 7.1.4.2. Figura del promedio geométrico



**Figura 37 Concentración de Promedio de la concentración.**

En general se puede observar que la mayor concentración de bioarsoles en la atmosfera se debe a la presencia de bacterias siendo mucho mayor su concentración en las horas de la tarde con respecto a la mañana, este fenómeno de concentraciones no es muy notorio para los hongos ya que se observa pequeñas variaciones de la concentración en las diversas jornadas de muestreo moviéndose en un rango muy similar. Para el caso de los staphylococcus se observa una variación muy irregular de las concentraciones promedio lo cual es indistinto de la las jornadas de muestreo ya que en algunos casos se observa una ligera igualdad en las concentraciones y en otros casos se observan diferencias amplias entra ellas indistintamente de la jornada en la que se encuentre.

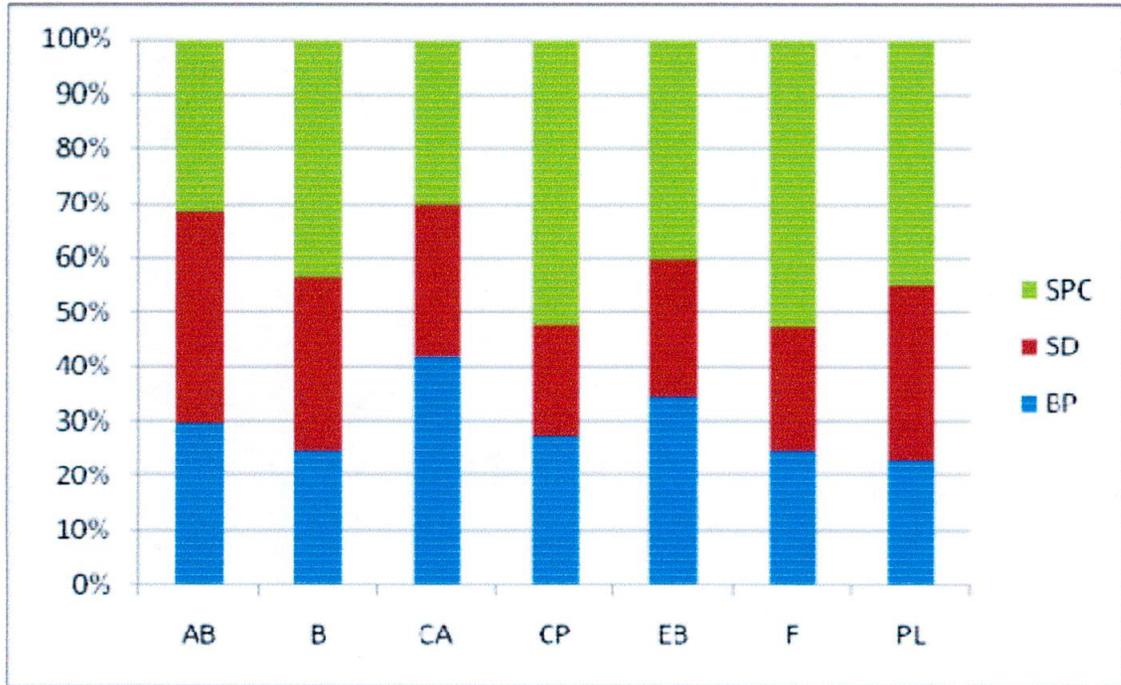
### 7.1.5. Distribución de Microorganismos por tipo o medio de cultivo.

#### 7.1.5.1. Tabla de distribución de microorganismos por tipo o medio de cultivo

Tabla 14 Distribución de microorganismos por tipo o medio de cultivo

ESTACION	MEDIO	PORCENTAJE
CA	BP	41.87%
	SD	28.16%
	SPC	29.96%
CP	BP	27.51%
	SD	20.37%
	SPC	52.13%
PL	BP	23.17%
	SD	31.71%
	SPC	45.13%
AB	BP	29.79%
	SD	38.66%
	SPC	31.55%
F	BP	24.61%
	SD	22.79%
	SPC	52.60%
EB	BP	34.77%
	SD	25.04%
	SPC	40.19%
B	BP	24.61%
	SD	31.70%
	SPC	43.68%

**7.1.5.2. Figuras de distribución de microorganismos por tipo o medio de cultivo**



**Figura 38. Distribución por tipo de microorganismos por tipo o medio de cultivo**

En cuanto a la distribución por tipo de microorganismos o según su medio de cultivo se observa que el mayor aporte a la concentración de partículas viables biológicas se debe principalmente a bacterias colectadas en Agar Standar Plate Count con un total de 39.69% del total de la muestra.

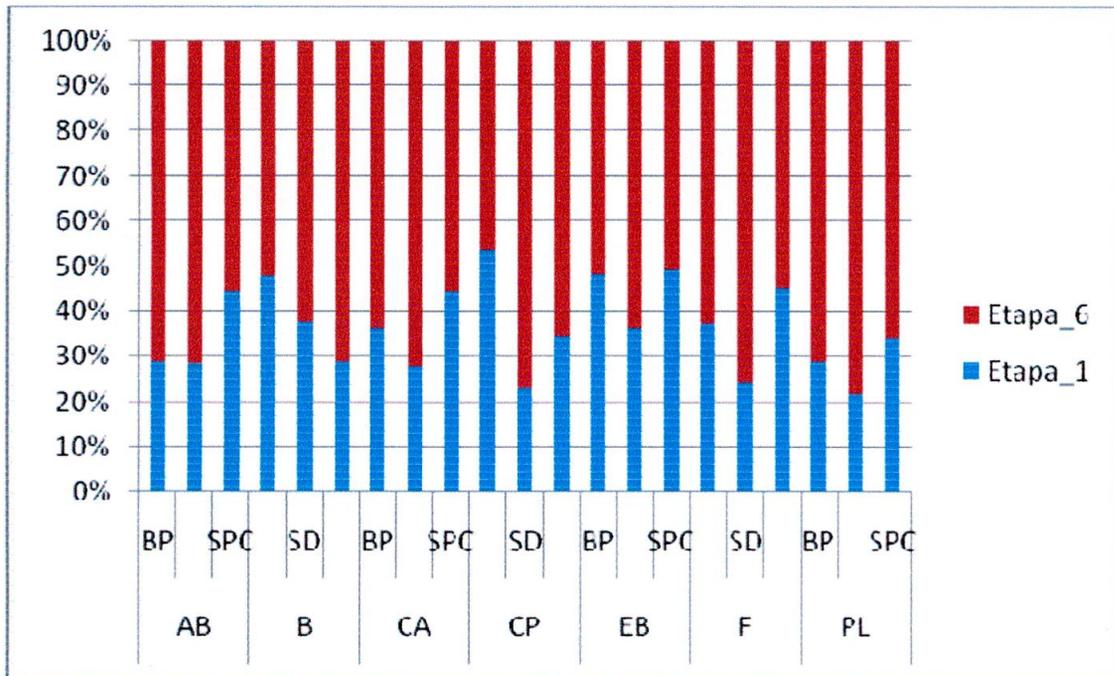
## 7.1.6. Distribución de microorganismo por tamaño

### 7.1.6.1. Tabla de Distribución de microorganismos por tamaño

**Tabla 15 Distribución de la partícula por tamaño**

Estación	Medio	Etapa 1	Etapa 6
AB	BP	23.95%	59.38%
	SD	28.43%	71.57%
	SPC	44.31%	55.69%
B	BP	40.07%	43.27%
	SD	37.67%	62.33%
	SPC	28.70%	71.30%
CA	BP	30.46%	52.88%
	SD	27.96%	72.04%
	SPC	44.47%	55.53%
CP	BP	26.85%	23.15%
	SD	15.52%	51.14%
	SPC	22.97%	43.70%
EB	BP	48.40%	51.60%
	SD	36.40%	63.60%
	SPC	49.40%	50.60%
F	BP	31.30%	52.03%
	SD	24.25%	75.75%
	SPC	45.15%	54.85%
PL	BP	24.04%	59.29%
	SD	21.80%	78.20%
	SPC	34.14%	65.86%

**7.1.6.2. Figuras de distribución de microorganismos por tamaño.**



**Figura 39 Distribución por tamaño de la partícula en la Celda Activa**

En cuanto a la distribución por etapas de los microorganismos se establece mayor presencia de partículas en la etapa 6 (partículas respirables) con un 58% del total de las muestras.

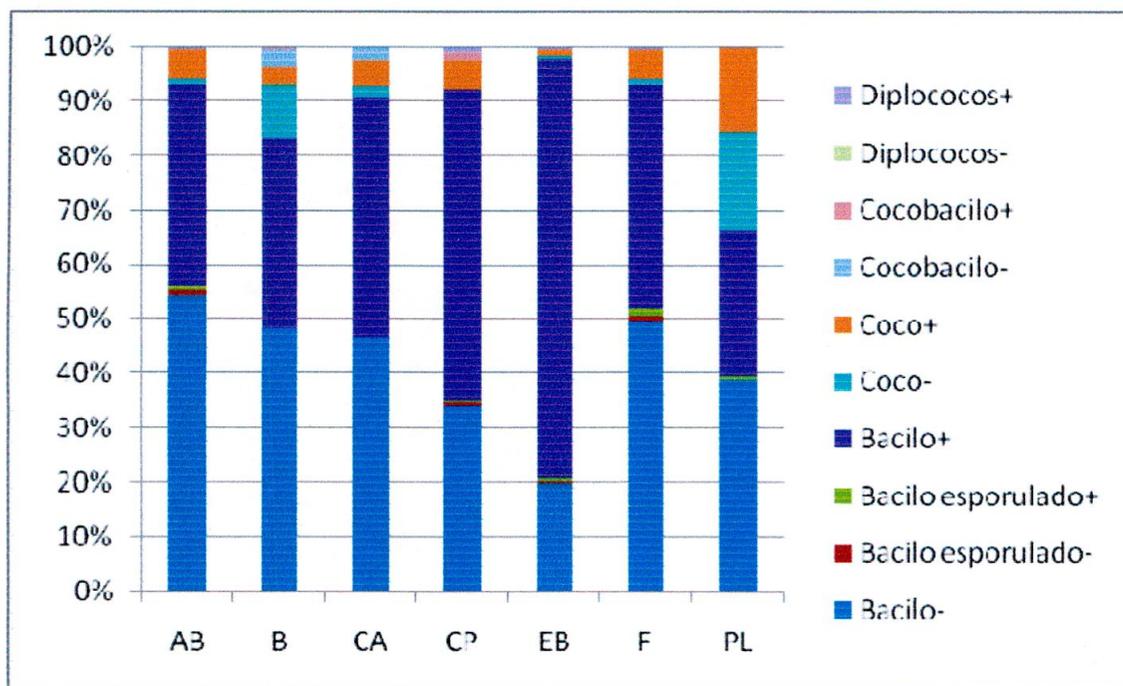
## 7.1.7. Distribución de Heterotróficos por Morfología y Gram

### 7.1.7.1. Tabla de Distribución de Heterotróficos por Morfología y Gram

**Tabla 16 Distribución de Heterotróficos por Morfología y Gram**

MORFOLOGIA	PORCENTAJE
Bacilo -	41.12%
Bacilo +	36.45%
Bacilo esporulado -	0.26%
Bacilo esporulado +	0.29%
Coco -	11.50%
Coco +	8.61%
Cocobacilo -	1.32%
Cocobacilo +	0.23%
Diplococos -	0.00%
Diplococos +	0.22%

### 7.1.7.2. Figuras de Distribución de Heterotróficos por Morfología y Gram



**Figura 40. Distribución de Heterotróficos por Morfología y Gram.**

En cuanto al conjunto de Figuras anteriores se puede inferir que la morfología predominantes en todas las estaciones es el bacilo, presentándose en mayor medida en el muestreo 6 del total de muestreo, este se presenta en 77.58%, seguido de los Cocos con un 20.11%. En cuanto al Gram la distribución relativamente similar ya que la diferencia de presencias es de 8.40% demostrándose en mayor proporción los Gram – con un 54.20%

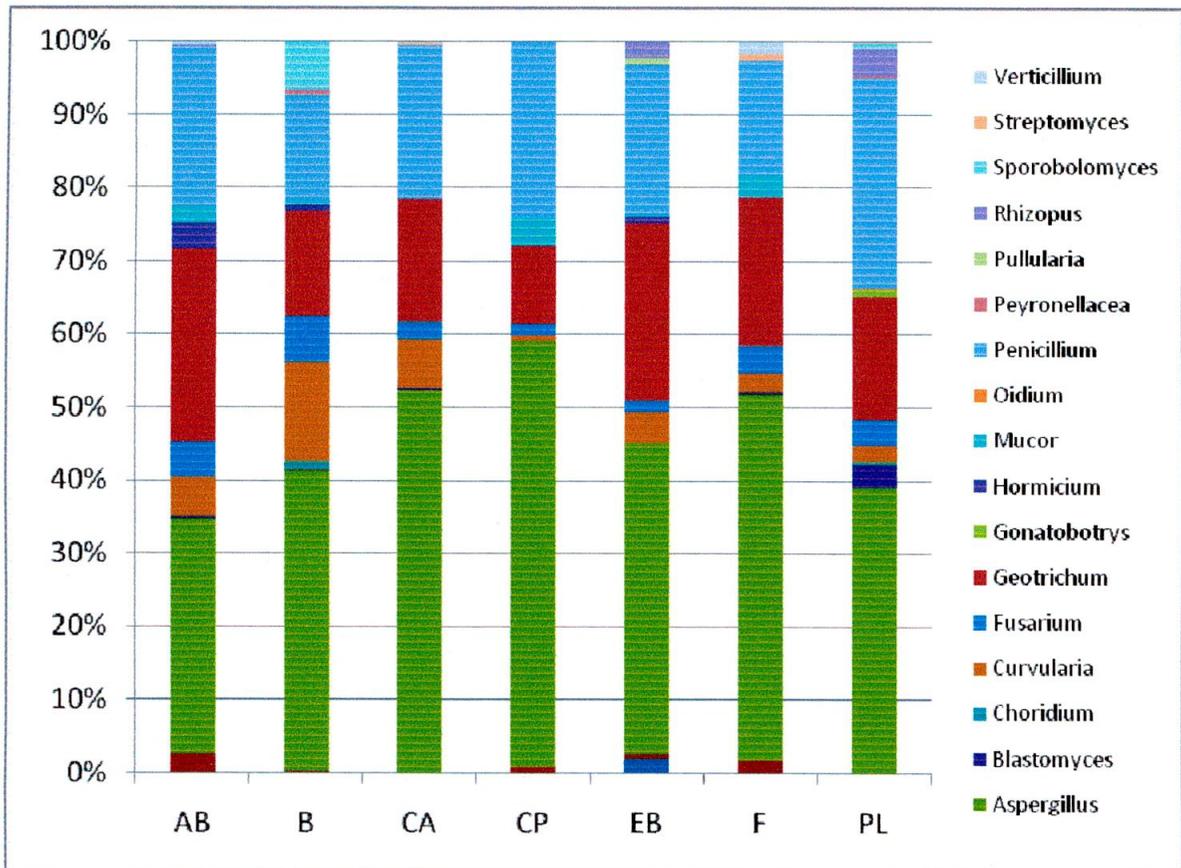
### 7.1.8. Distribución de Hongos por Genero

#### 7.1.8.1. Tabla de Distribución de Hongos por Genero

**Tabla 17 Distribución de Hongos por Género**

GENERO	Estación						
	AB	B	CA	CP	EB	F	PL
Acremonium	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.95%	0.00%	0.00%
Alternaria	2.40%	0.24%	0.00%	0.49%	0.51%	1.57%	0.00%
Aspergillus	32.36%	47.57%	52.37%	38.93%	42.60%	50.03%	39.20%
Blastomyces	0.27%	0.24%	0.20%	0.00%	0.00%	0.69%	2.88%
Choridium	0.00%	1.43%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.62%
Curvularia	5.25%	15.67%	6.77%	0.51%	4.33%	2.40%	2.10%
Fusarium	5.06%	7.31%	2.47%	0.99%	1.62%	3.85%	3.49%
Geotrichum	26.40%	16.75%	16.65%	7.11%	24.22%	20.30%	16.80%
Gonatobotrys	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.03%
Hormicium	3.44%	1.04%	0.00%	0.00%	0.83%	0.00%	0.00%
Mucor	2.42%	0.48%	0.00%	2.62%	0.39%	3.01%	0.00%
Oidium	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.21%
Penicillium	21.69%	16.93%	20.93%	16.01%	20.59%	15.66%	28.73%
Peyronellacea	0.00%	0.48%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.41%
Pullularia	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.61%	0.00%	0.00%
Rhizopus	0.18%	0.00%	0.00%	0.00%	2.35%	0.00%	3.70%
Sporobolomyces	0.00%	7.91%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.62%
Streptomyces	0.00%	0.00%	0.40%	0.00%	0.00%	0.88%	0.21%
Verticillium	0.54%	0.00%	0.20%	0.00%	0.00%	1.62%	0.00%

**7.1.8.2. Figuras de Distribución de Hongos por Género**



**Figura 41. Distribución de Hongos por Género de hongos.**

La Figura anterior muestra la distribución porcentual de los 19 géneros de hongos identificados en las muestras colectadas, de ellas se puede establecer que las especies de hongos que mas predominaron en el periodo de estudio fueron el Aspergillus con un 45.50% del total UFC, seguida por el Penicillium con un 23.3% y el Geotrichum con un 18.60%, en cuanto a los demás géneros estos encuentran entre un rango del 3 al 0.03%.

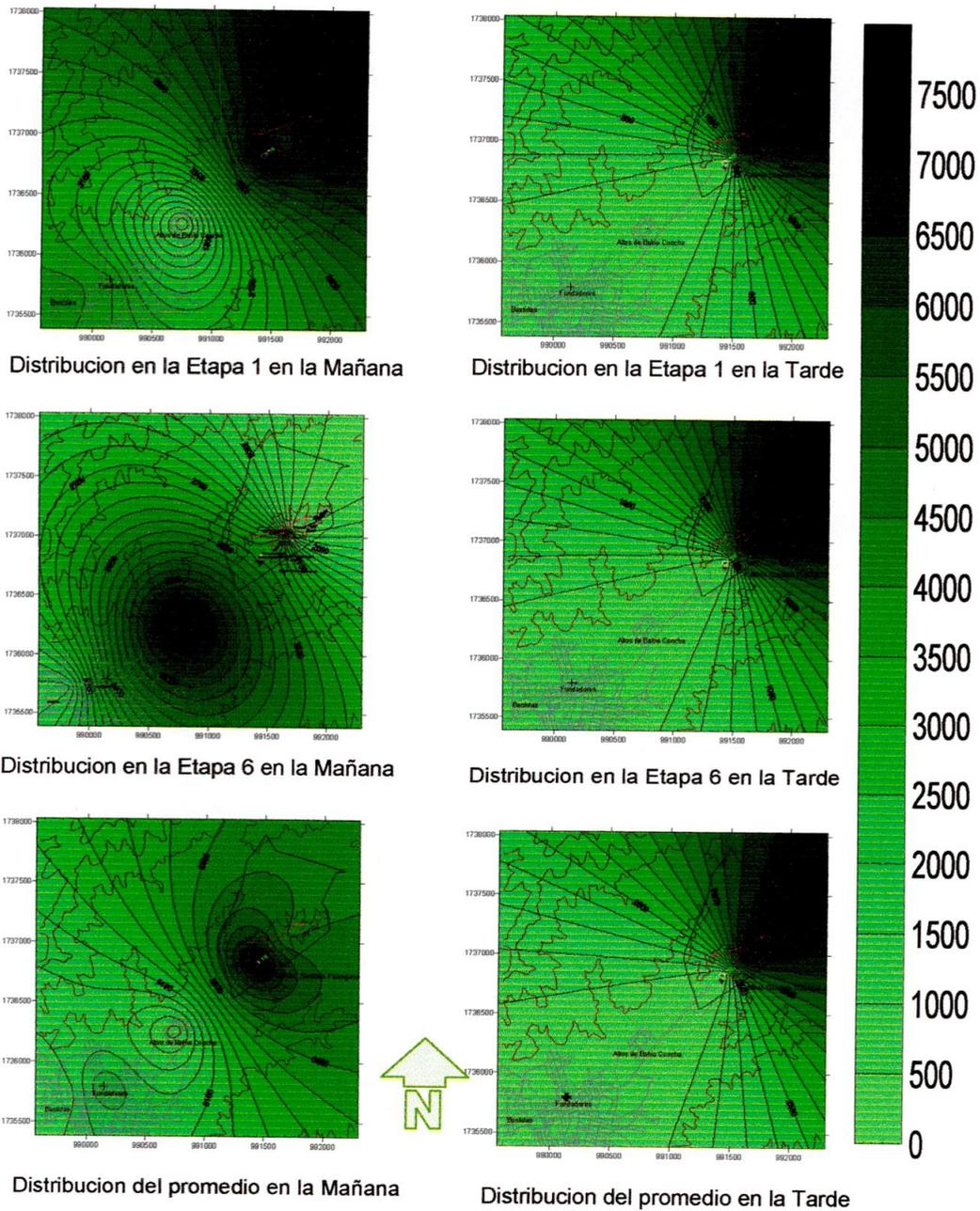
En cuanto al género de aspergillus, y en base a la facilidad de obtener la identificación de las diversas especies se pudo llegar a identificar el A Terrus con 41.80%, seguidos del A. Niger con un 35.87%, A. Flavus con un 16.28% y A. Fugimatus con un 6.05% del Total de UFC de Aspergillus,



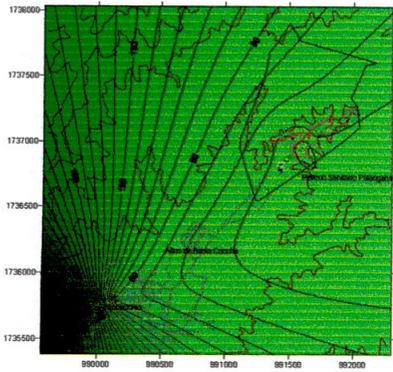
## 7.2. Distribución Espacio-temporal.

### 7.2.1. Distribución Espacio Temporal de las concentraciones por Etapa (Promedio de la Concentración por medio y jornada).

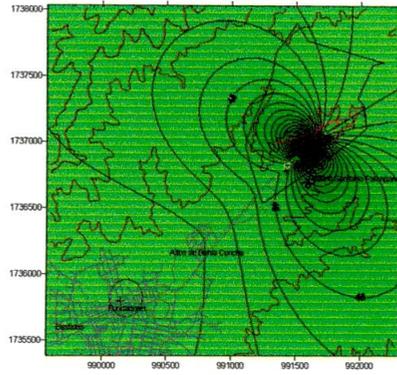
#### 7.2.1.1. Distribución espacio Temporal de las Concentraciones en el Muestreo 1.



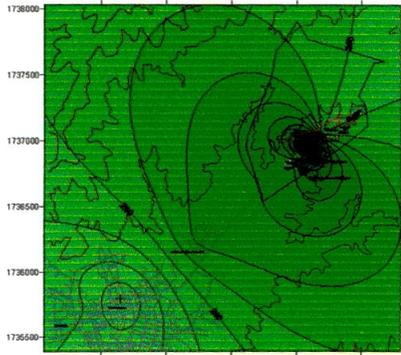
**Figura 42. Distribución espacial de Staphylococcus muestreo 1**



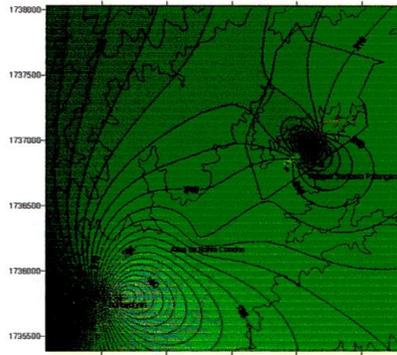
Distribucion en la Etapa 1 en la Mañana



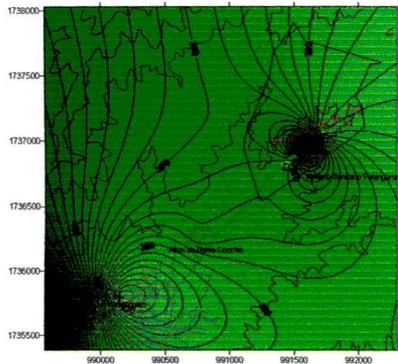
Distribucion en la Etapa 1 en la Tarde



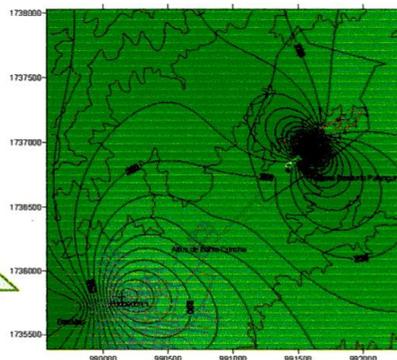
Distribucion en la Etapa 6 en la Mañana



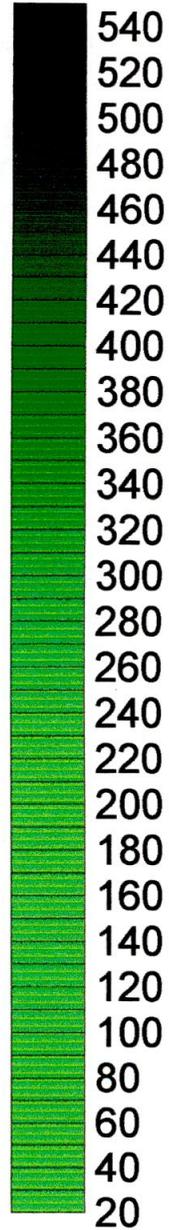
Distribucion en la Etapa 6 en la Tarde



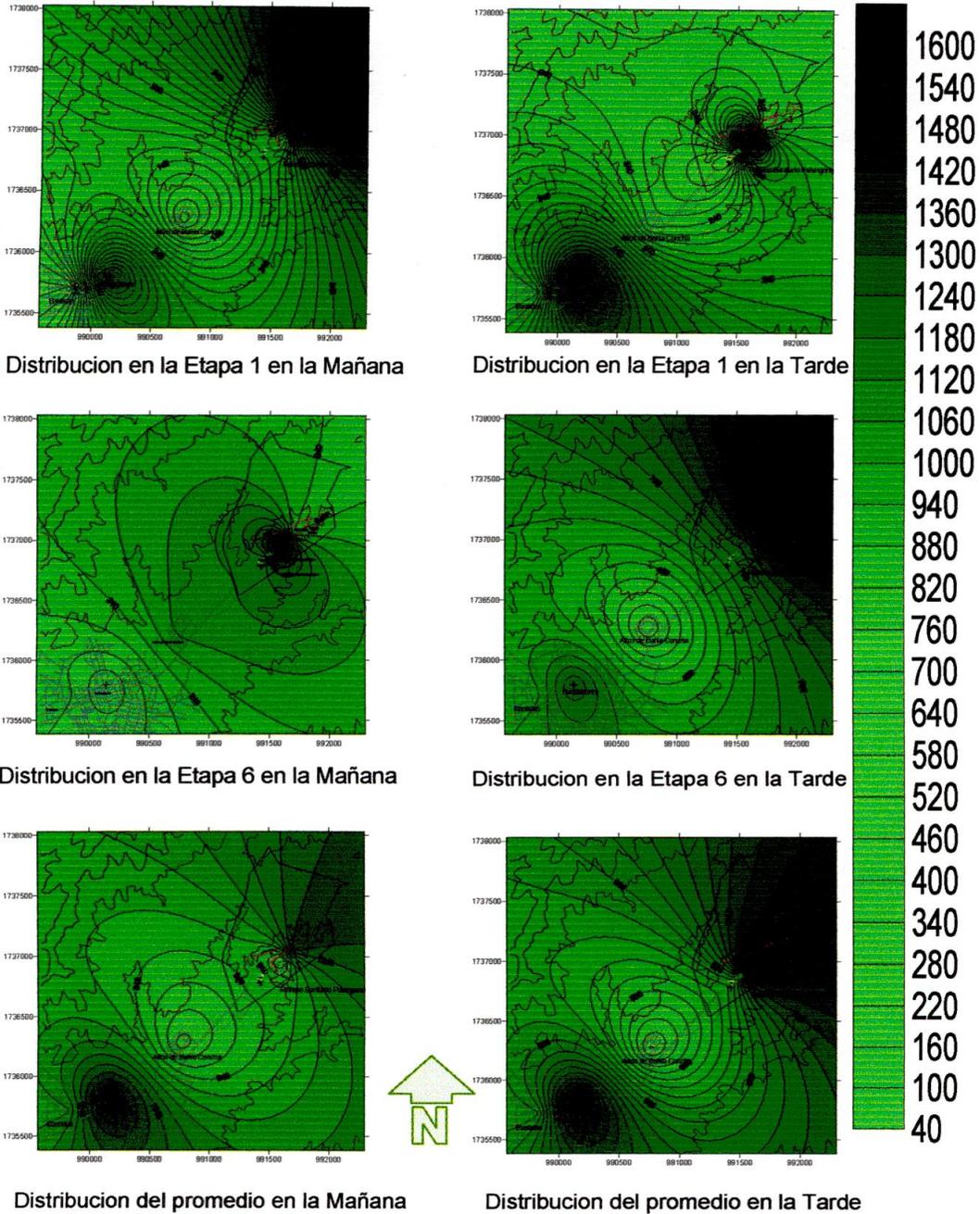
Distribucion del promedio en la Mañana



Distribucion del promedio en la Tarde

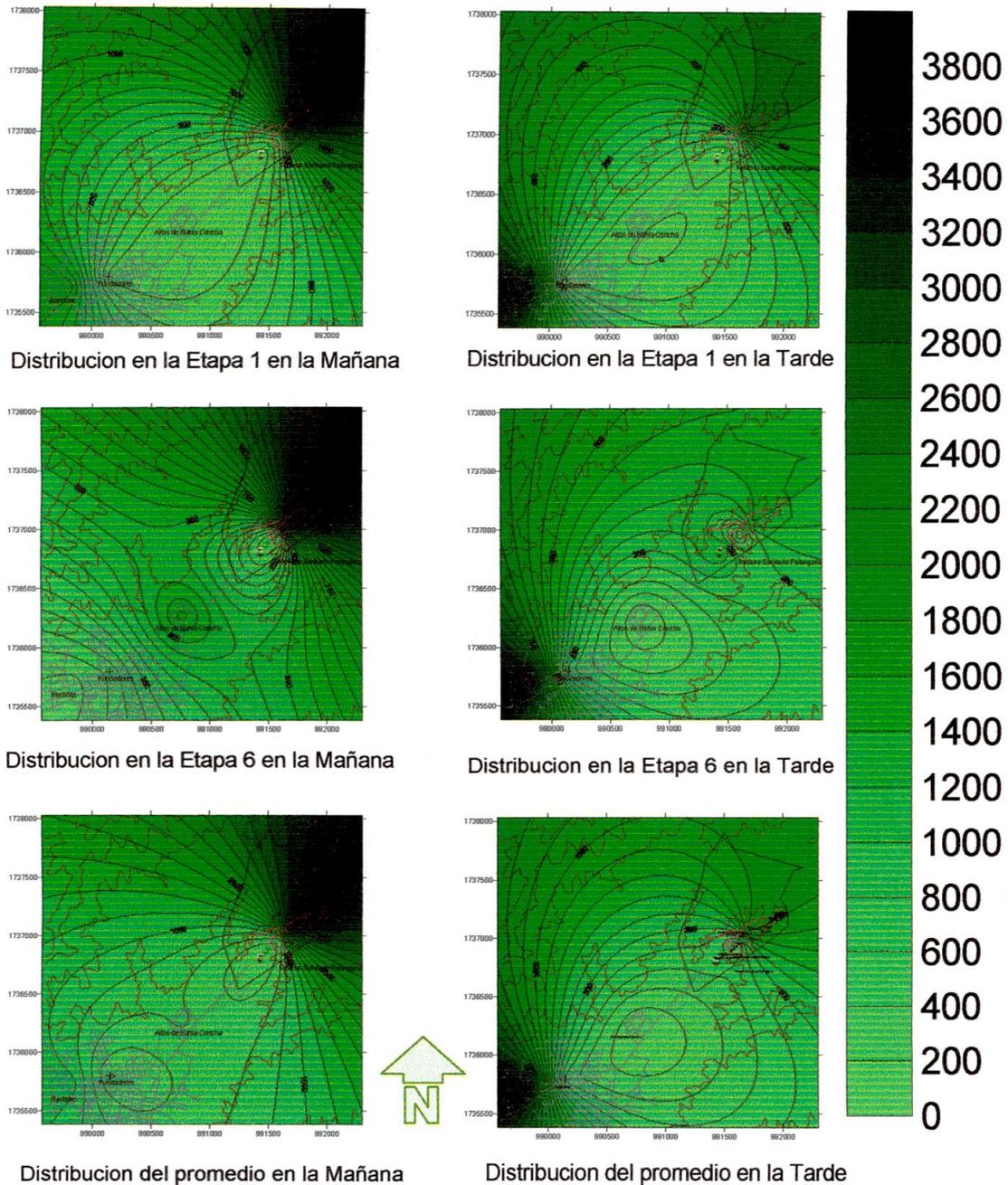


**Figura 43. Distribución espacial de hongos muestreo 1**

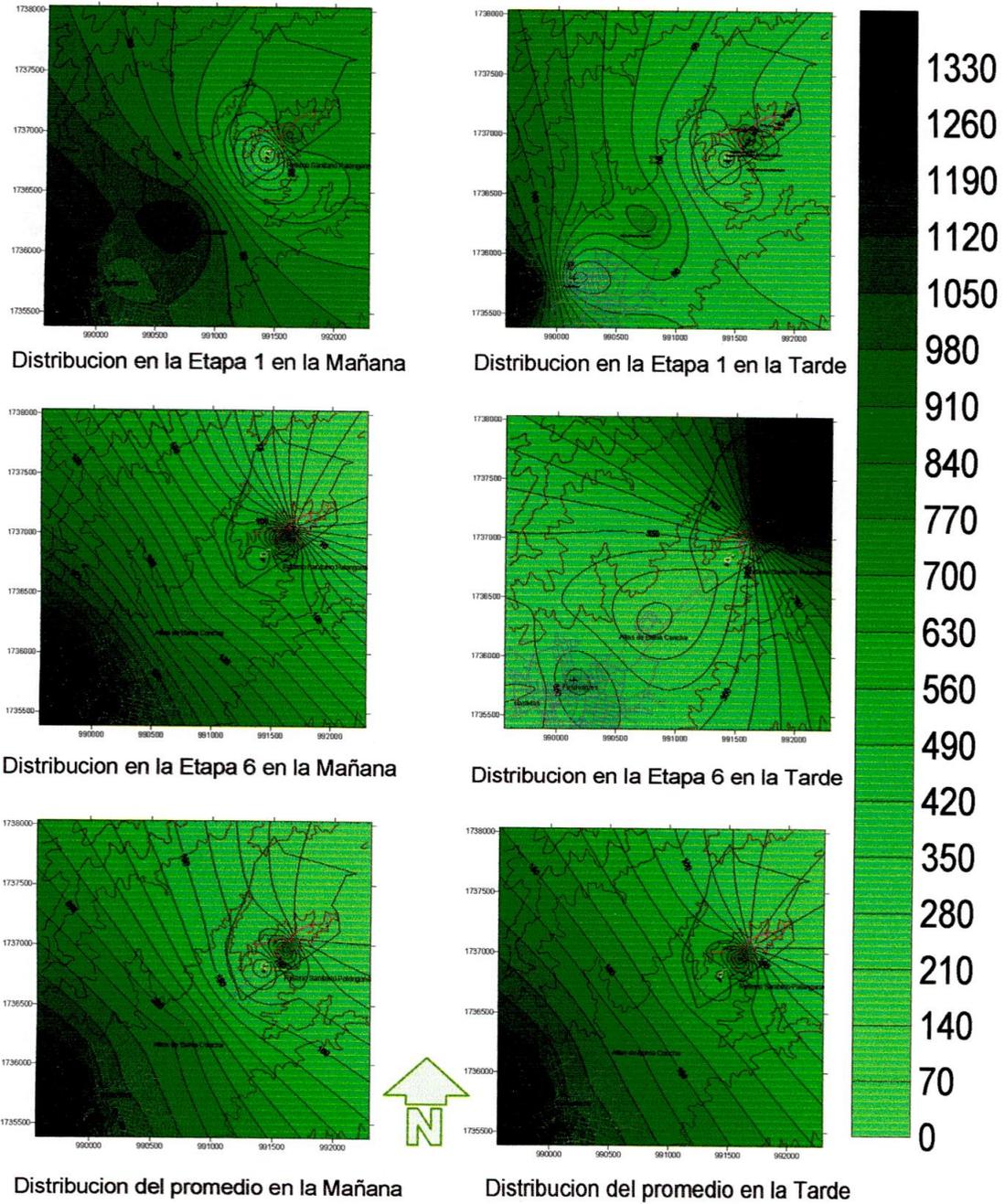


**Figura 44 Distribución espacial de Heterotróficos (Mesofilos) muestreo 1**

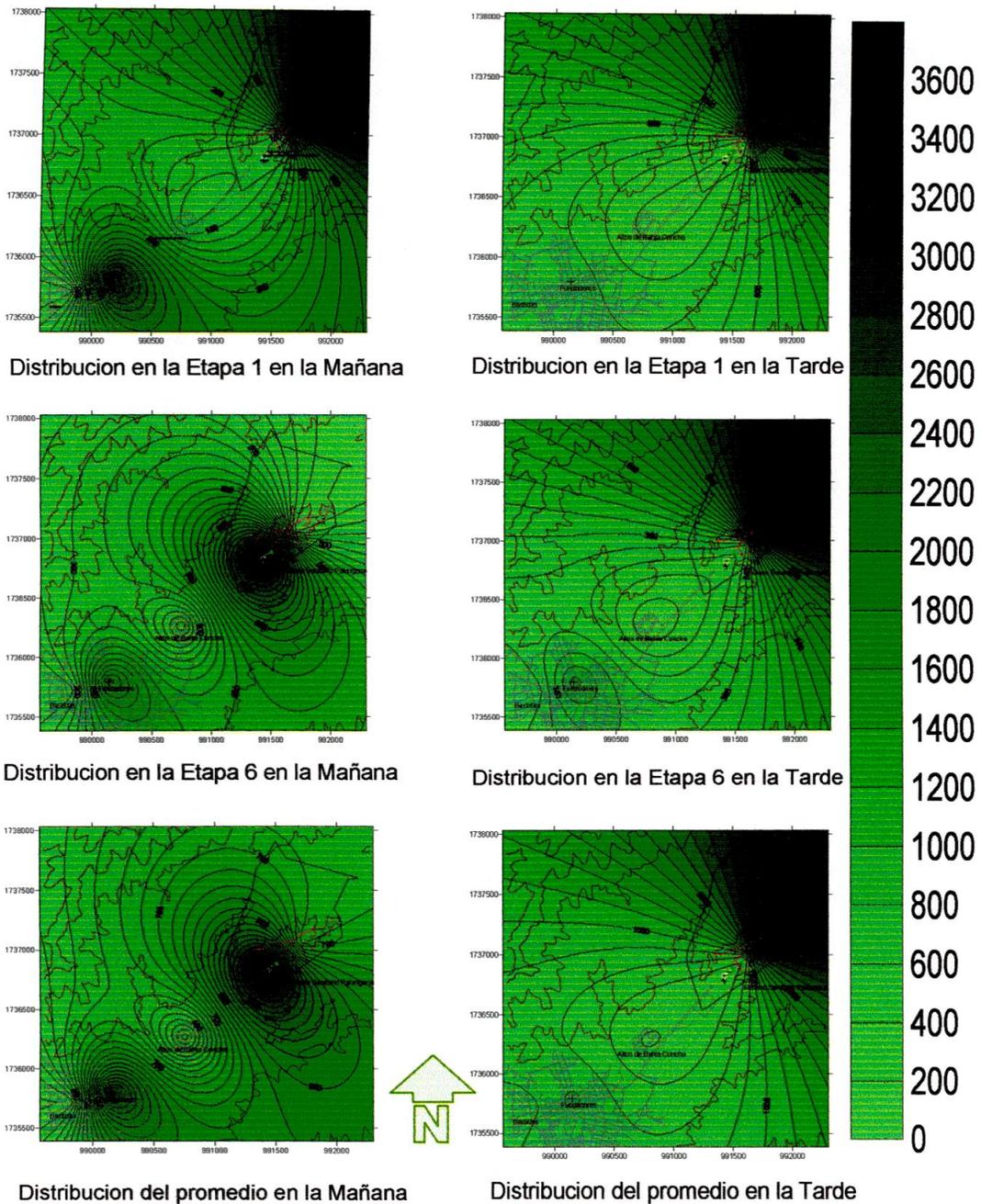
**7.2.1.2. Distribución espacio Temporal de las Concentraciones en el Muestreo 2.**



**Figura 45. Distribución espacial de Staphylococcus muestreo 2**

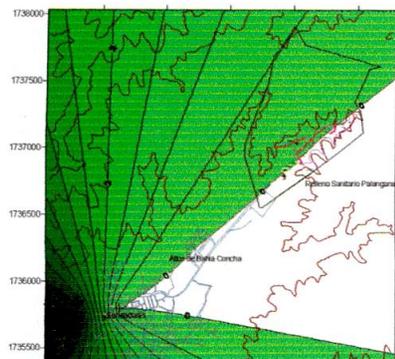


**Figura 46. Distribución espacial de hongos muestreo 2**

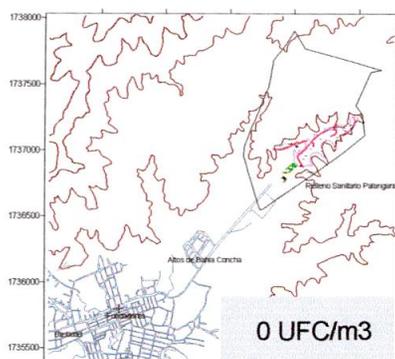


**Figura 47. Distribución espacial de Heterotróficos (Mesofilos) muestreo 2**

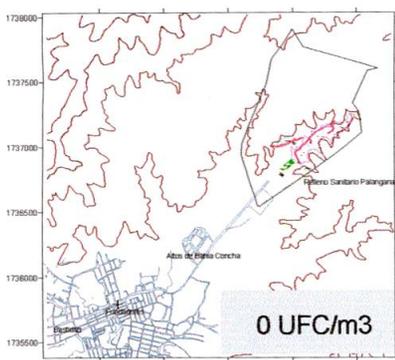
### 7.2.1.3. Distribución espacio Temporal de las Concentraciones en el Muestreo 3.



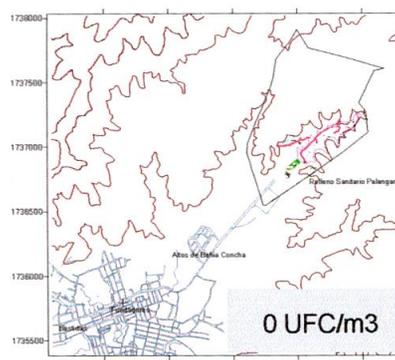
Distribucion en la Etapa 1 en la Mañana



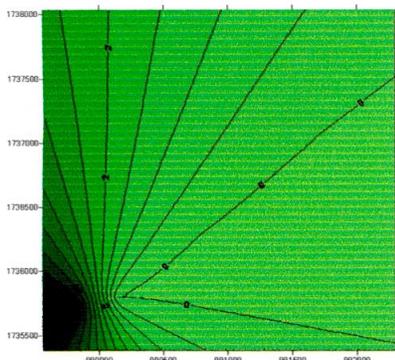
Distribucion en la Etapa 1 en la Tarde



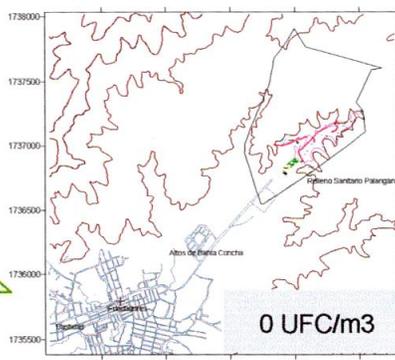
Distribucion en la Etapa 6 en la Mañana



Distribucion en la Etapa 6 en la Tarde

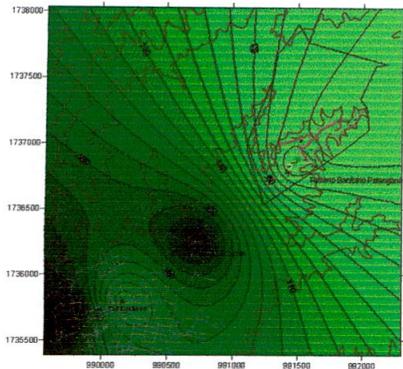


Distribucion del promedio en la Mañana

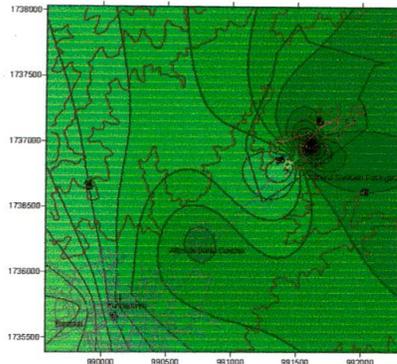


Distribucion del promedio en la Tarde

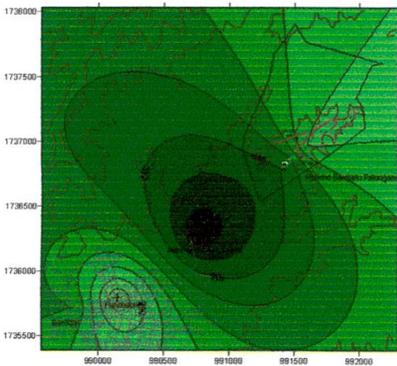
**Figura 48. Distribución espacial de Staphylococcus muestreo 3**



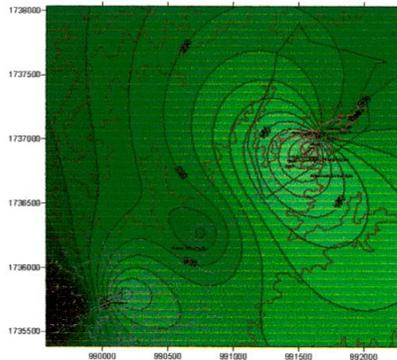
Distribucion en la Etapa 1 en la Mañana



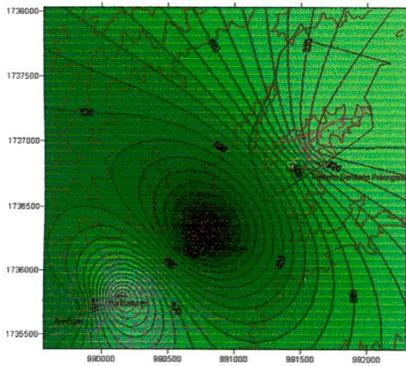
Distribucion en la Etapa 1 en la Tarde



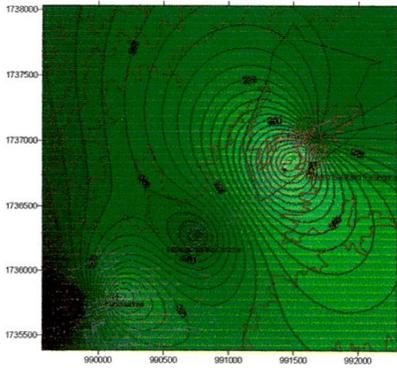
Distribucion en la Etapa 6 en la Mañana



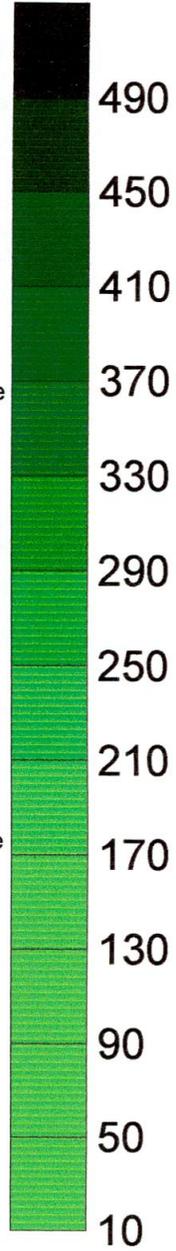
Distribucion en la Etapa 6 en la Tarde



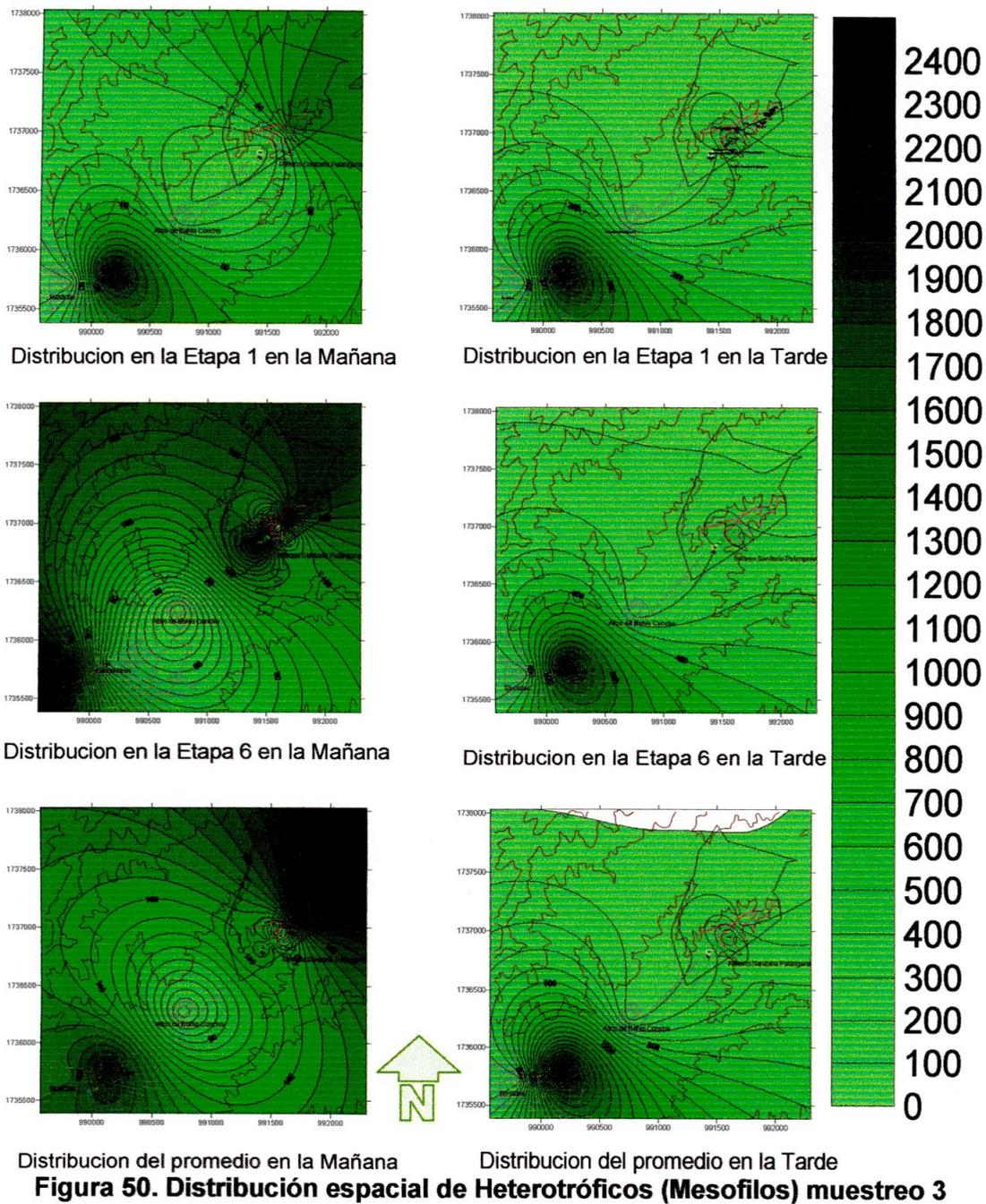
Distribucion del promedio en la Mañana



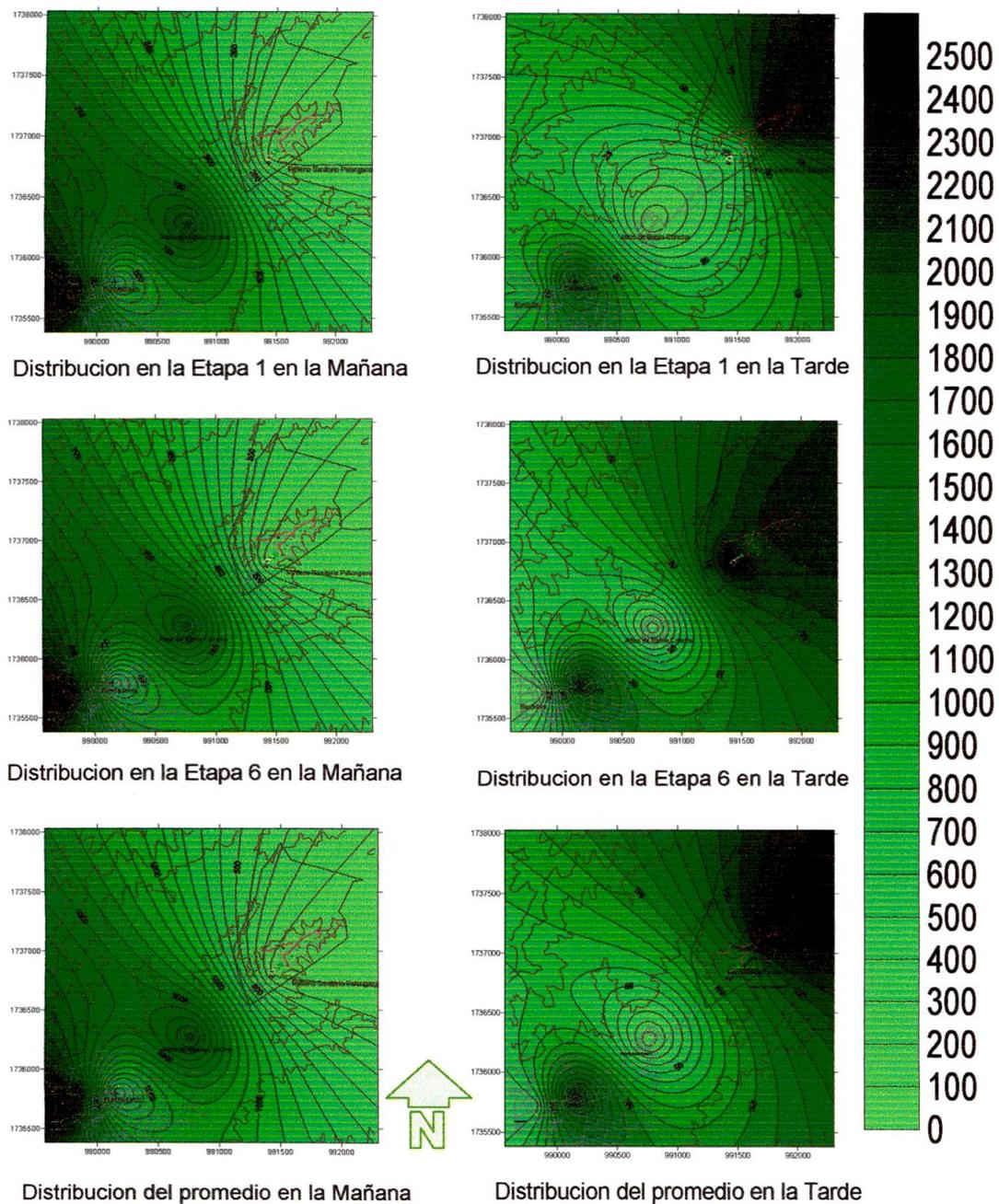
Distribucion del promedio en la Tarde



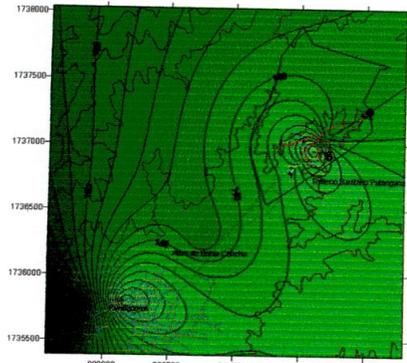
**Figura 49. Distribución espacial de hongos muestreo 3**



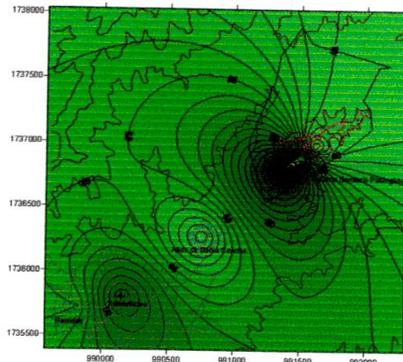
### 7.2.1.4. Distribución espacio Temporal de las Concentraciones en el Muestreo 4.



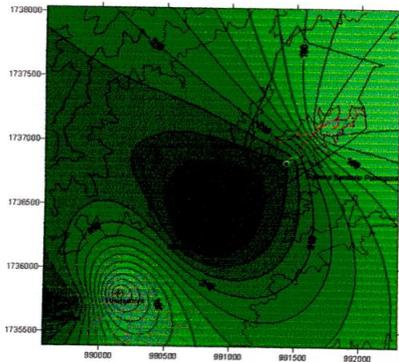
**Figura 51. Distribución espacial de Staphylococcus muestreo 4**



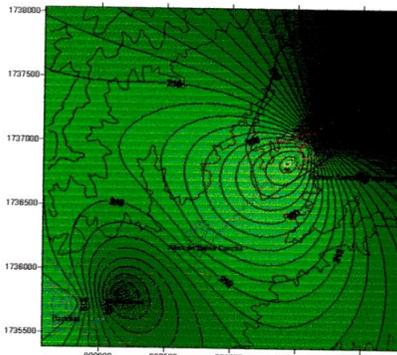
Distribucion en la Etapa 1 en la Mañana



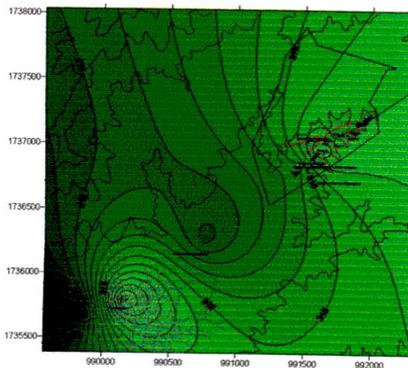
Distribucion en la Etapa 1 en la Tarde



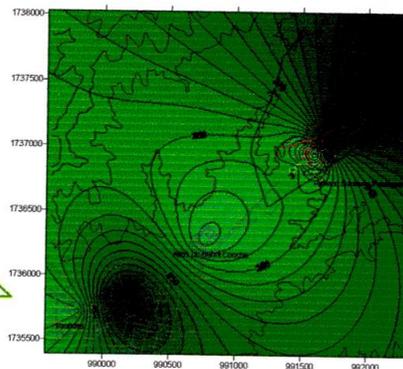
Distribucion en la Etapa 6 en la Mañana



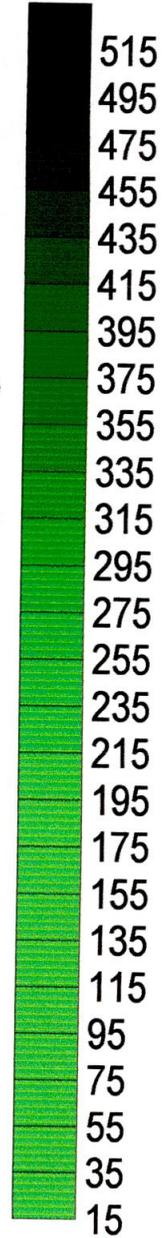
Distribucion en la Etapa 6 en la Tarde



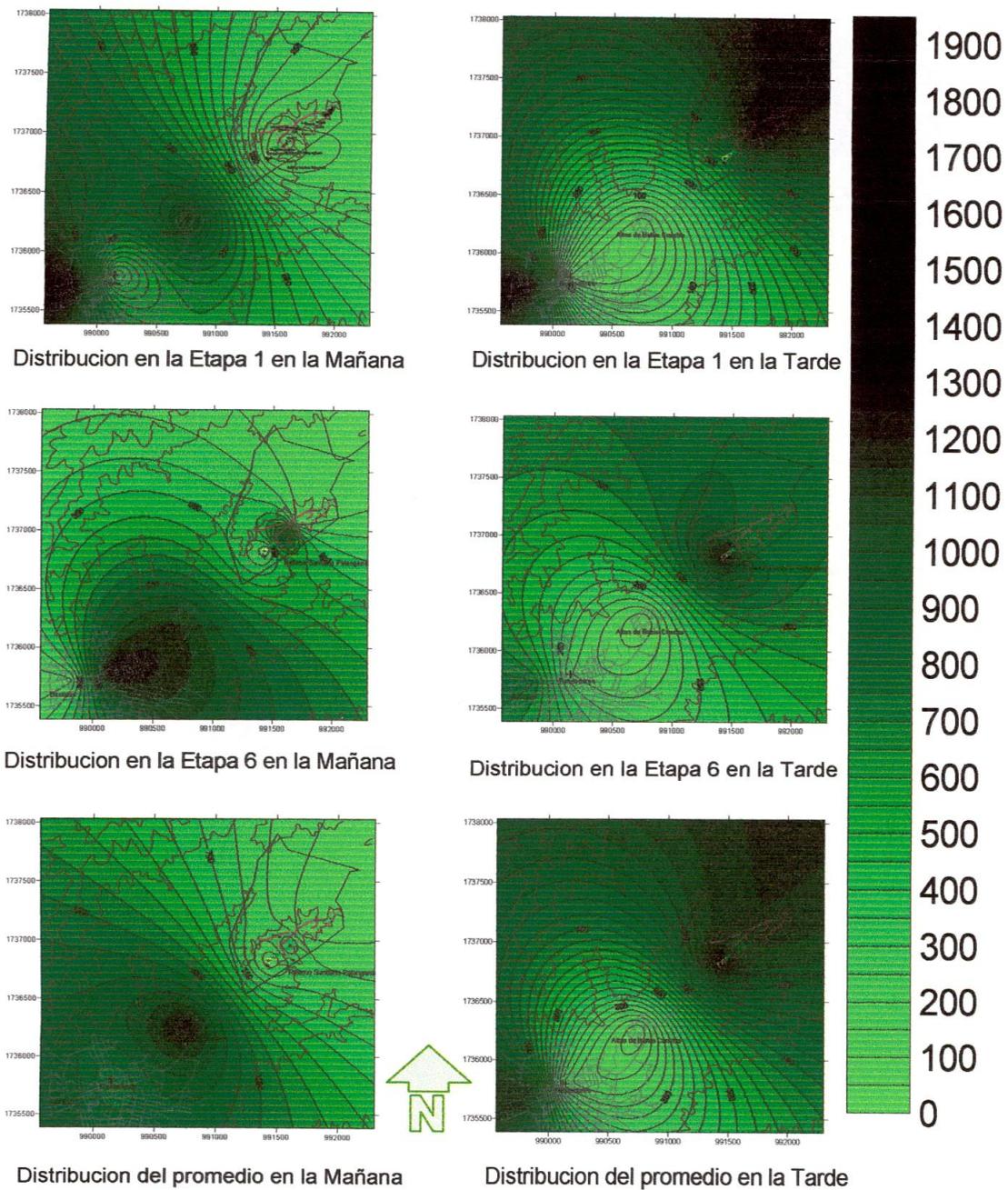
Distribucion del promedio en la Mañana



Distribucion del promedio en la Tarde

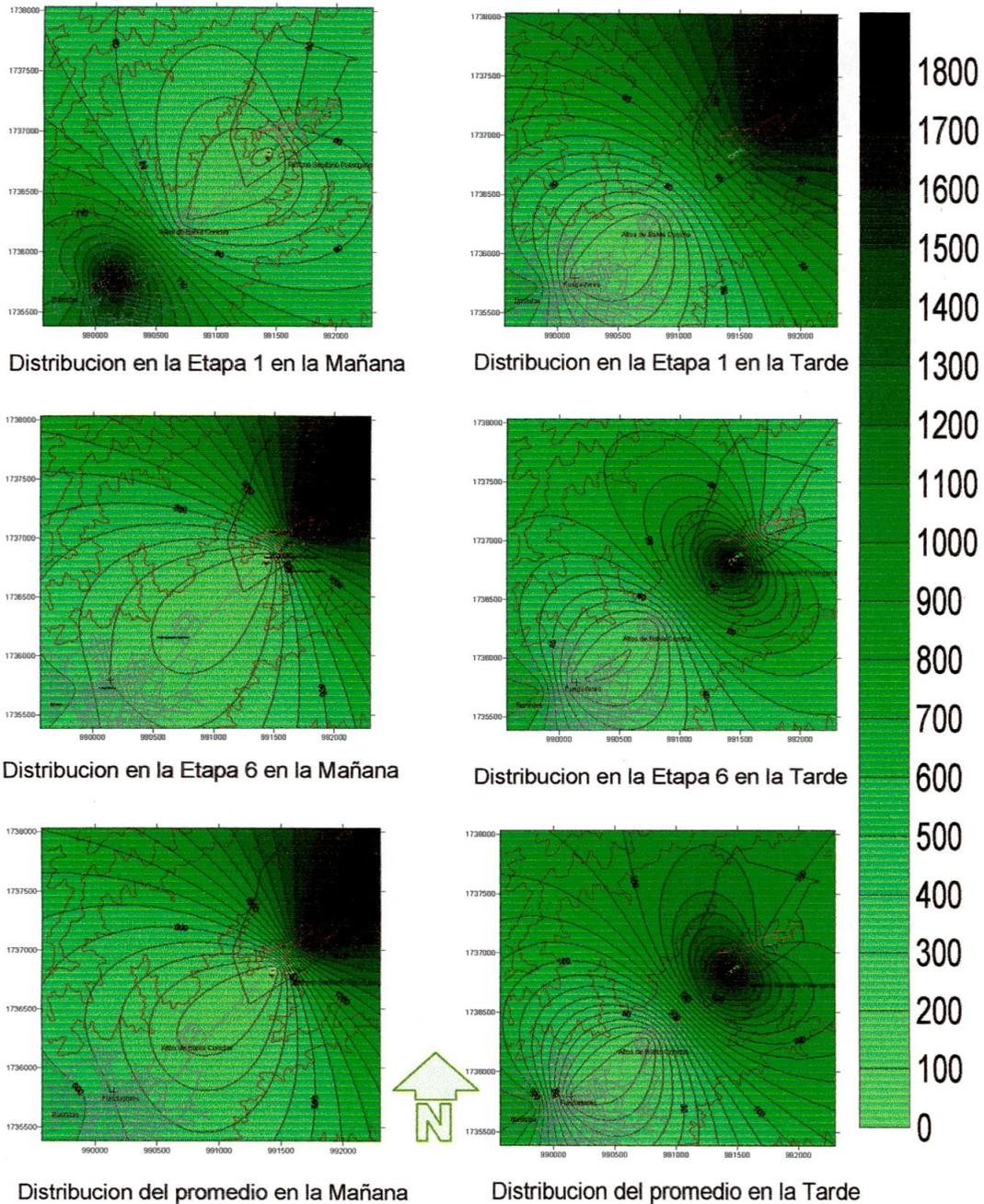


**Figura 52 Distribución espacial de hongos muestreo 4**

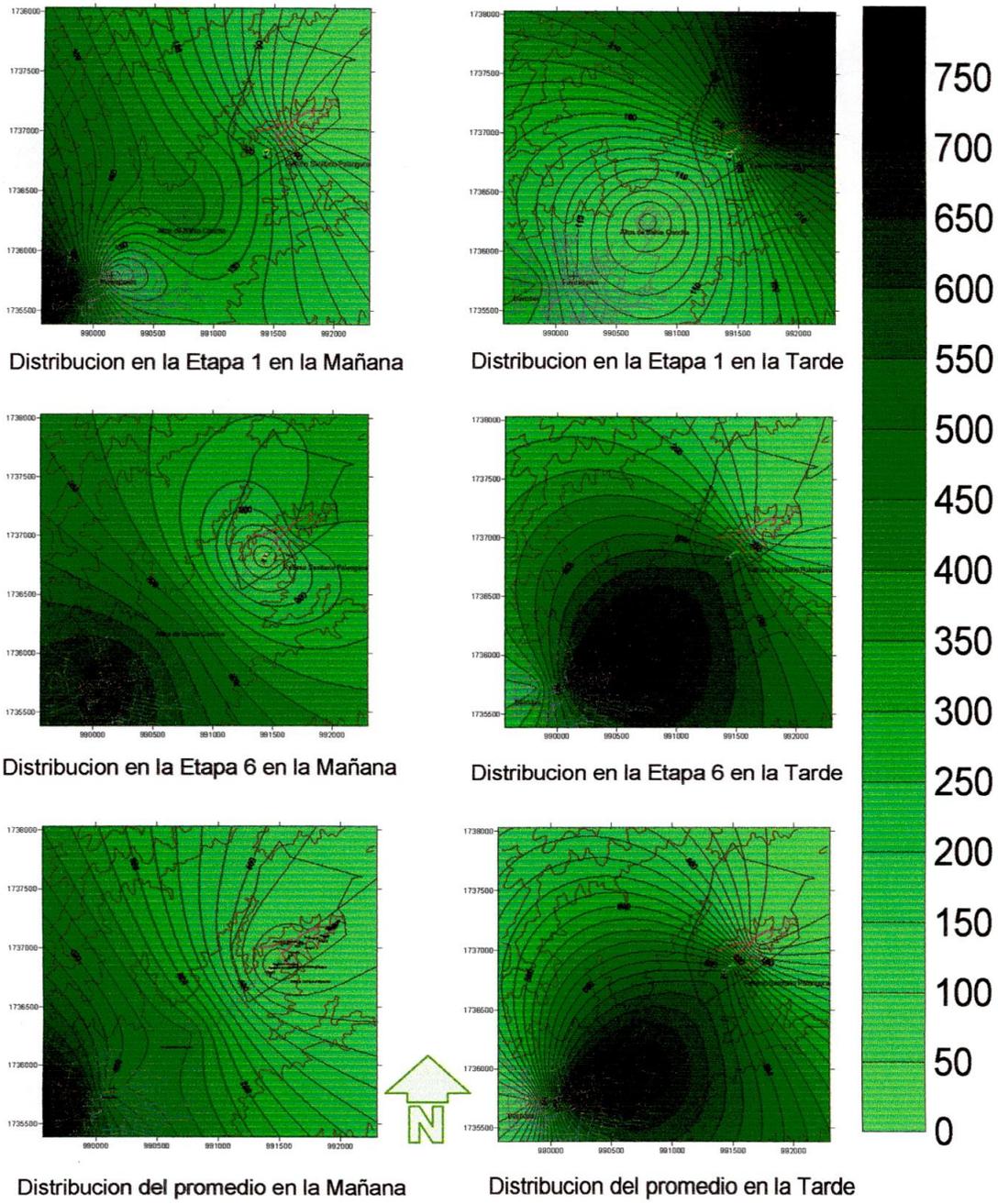


**Figura 53. Distribución espacial de Heterotróficos (Mesofilos) muestreo 4**

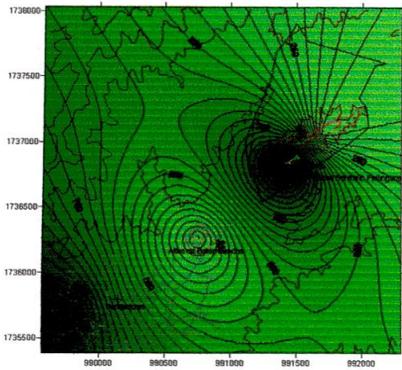
**7.2.1.5. Distribución espacio Temporal de las Concentraciones en el Muestreo 5.**



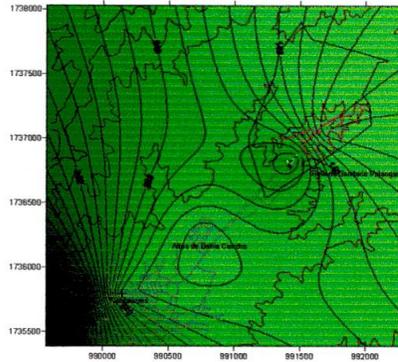
**Figura 54. Distribución espacial de Staphylococcus muestreo 5**



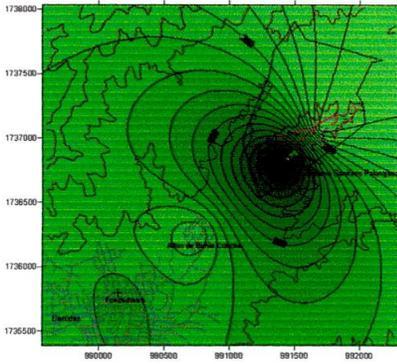
**Figura 55. Distribución espacial de hongos muestreo 5**



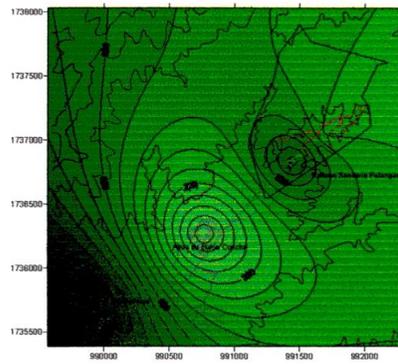
Distribucion en la Etapa 1 en la Mañana



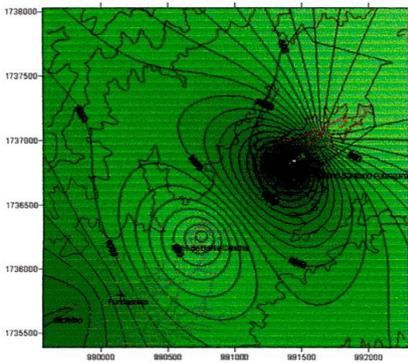
Distribucion en la Etapa 1 en la Tarde



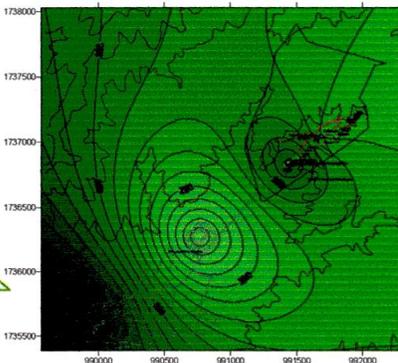
Distribucion en la Etapa 6 en la Mañana



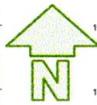
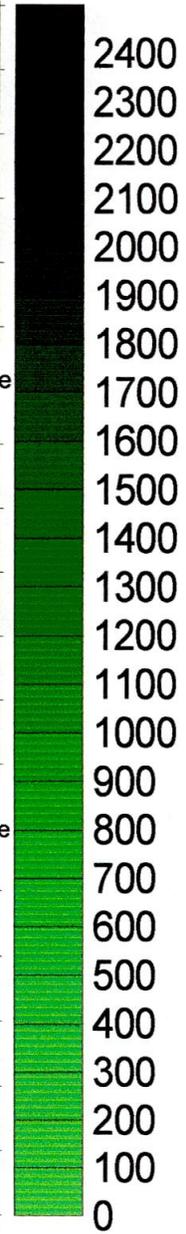
Distribucion en la Etapa 6 en la Tarde



Distribucion del promedio en la Mañana

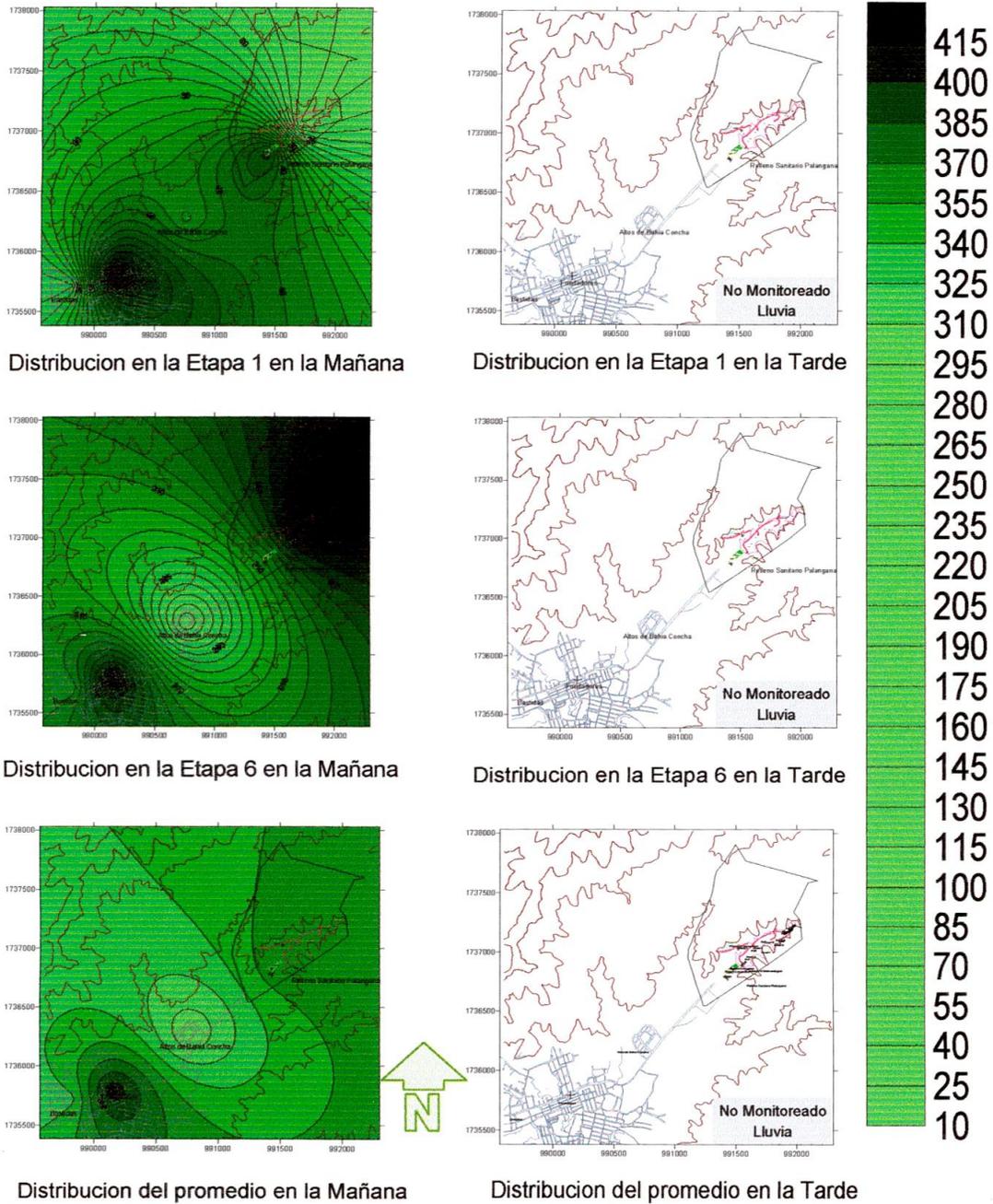


Distribucion del promedio en la Tarde

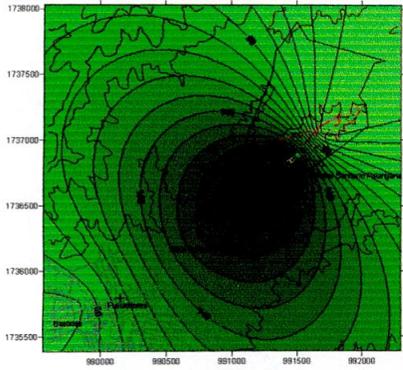


**Figura 56. Distribución espacial de Heterotróficos (Mesofilos) muestreo 5**

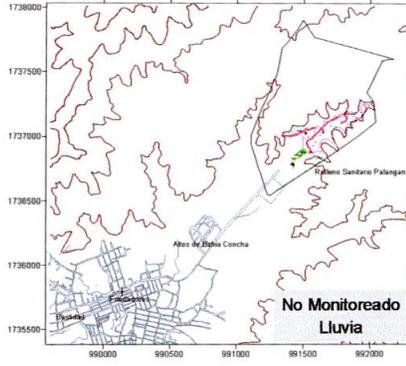
**7.2.1.6. Distribución espacio Temporal de las Concentraciones en el Muestreo 6.**



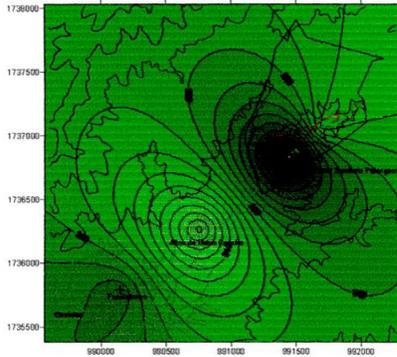
**Figura 57. Distribución espacial de Staphylococcus muestreo 6**



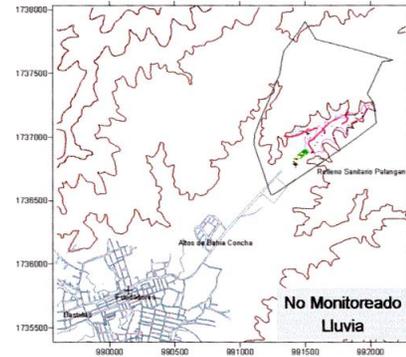
Distribucion en la Etapa 1 en la Mañana



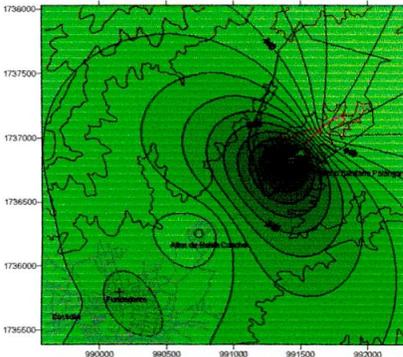
Distribucion en la Etapa 1 en la Tarde



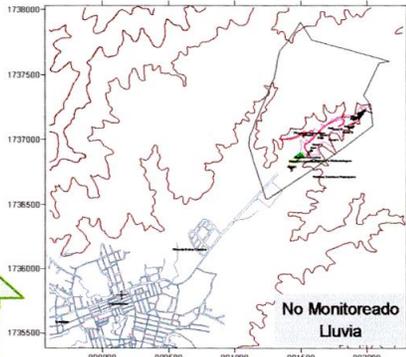
Distribucion en la Etapa 6 en la Mañana



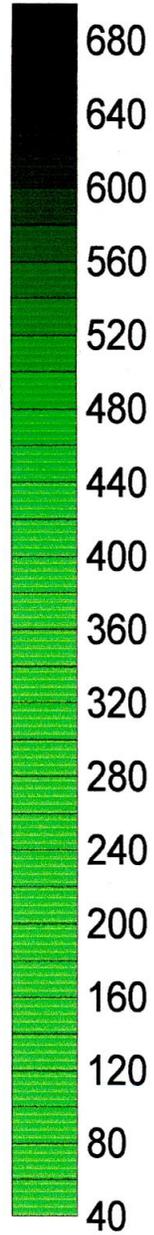
Distribucion en la Etapa 6 en la Tarde



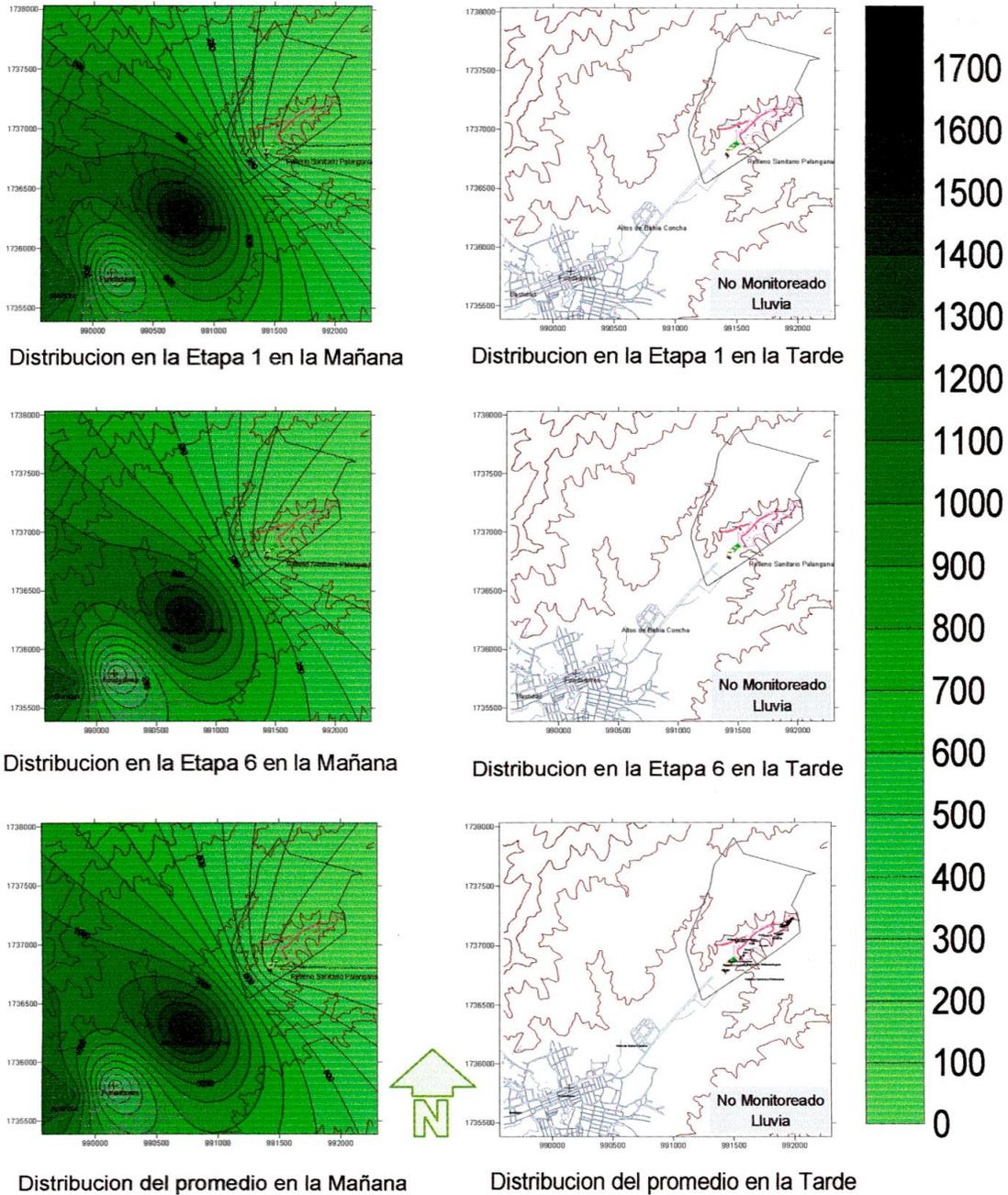
Distribucion del promedio en la Mañana



Distribucion del promedio en la Tarde



**Figura 58 Distribución espacial de hongos muestreo 6**



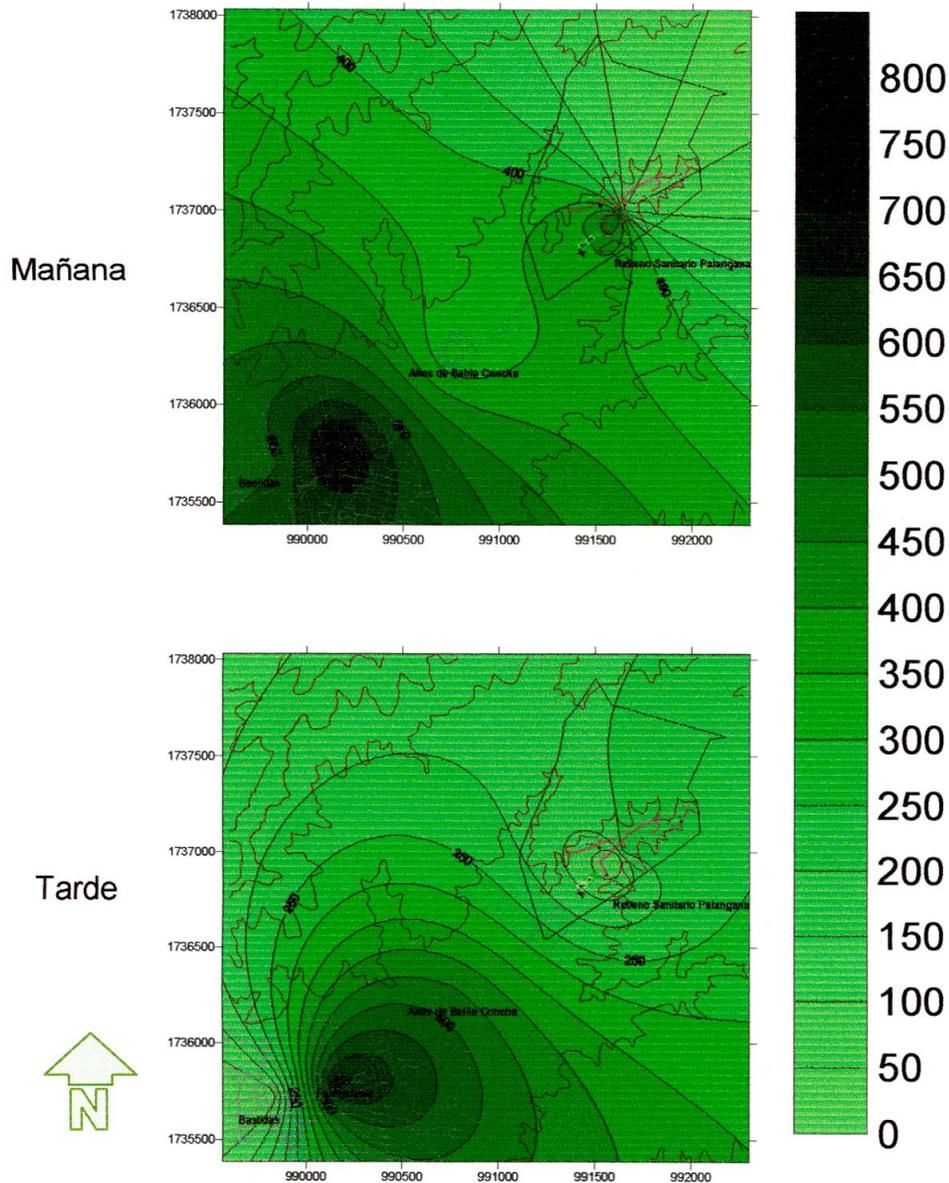
**Figura 59. Distribución espacial de Heterotróficos (Mesofilos) muestreo 6**

Del conjunto de isopletas anteriores se puede afirmar que existe una clara destrucción de las concentraciones de Heterotrofico (Mesofilos) emitidas desde el relleno sanitario hacia la comunidades, presentándose mayores concentraciones en la etapa 6 y en la jornada de la tarde, sin embargo se observa una disminución en la comunidad intermedia (Fundadores) y luego un aumento en las ultima comunidad. Para el caso de hongos se observa en menor medida el fenómeno

descrito para las Bacterias Heterotróficos, sin embargo se observa mayores concentraciones en el relleno sanitario con respecto a las comunidades y las concentraciones en las diversas jornadas se conserva una concentración promedio. Por último la distribución espacial de los staphylococcus es uno de los mas variables ya que en las primeras campañas se encuentran altas concentraciones predominantes en la etapa 6 del equipo más en los últimos muestreos se observa una gran disminución de su presencia, al mismo tiempo que se ve difusa la posible fuente de emisión de estos microorganismos, de igual forma se observa una mayor concentración en las jornadas de la tarde para este tipo de microorganismo.

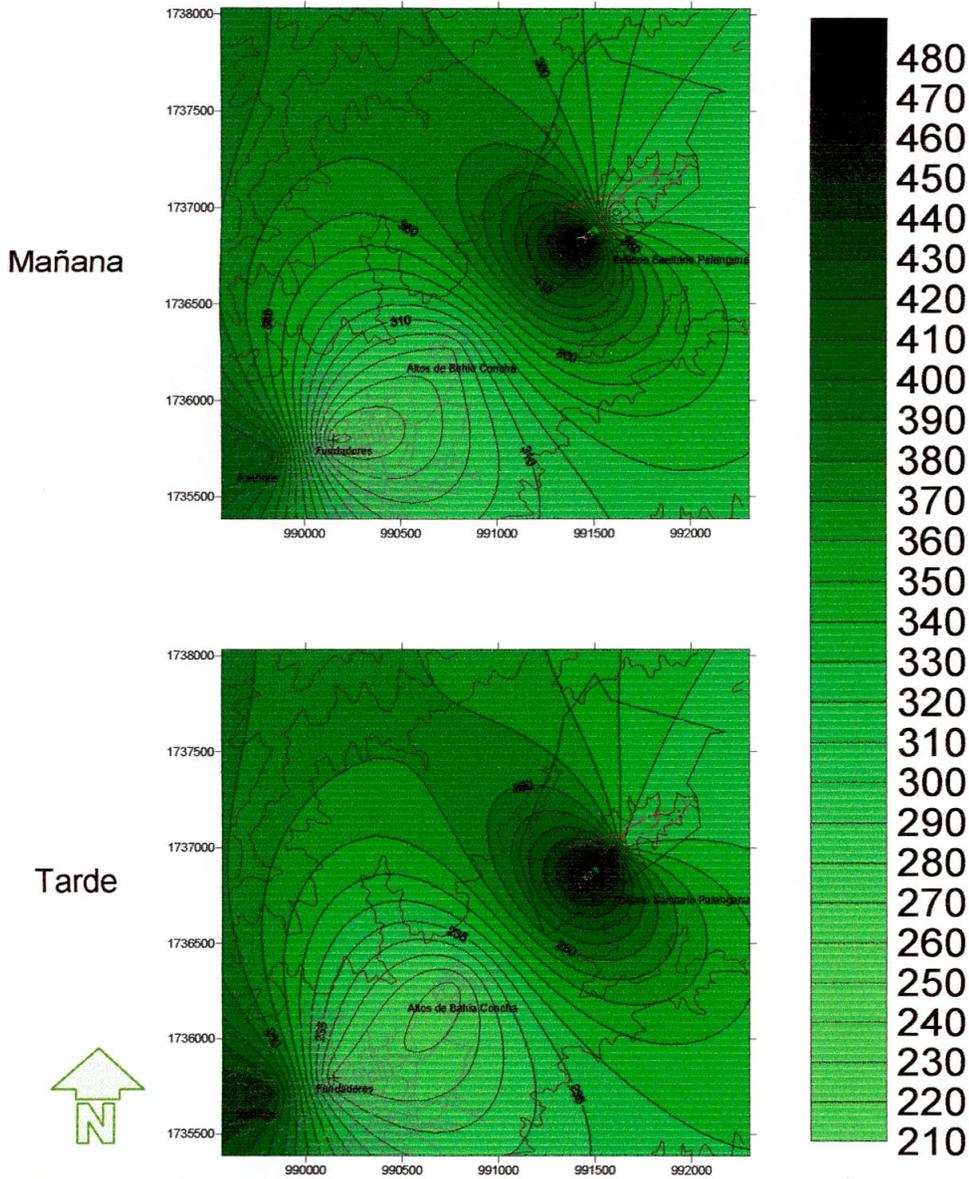
## 7.2.2. Distribución espacio Temporal del Promedio Geométrico de la Concentración.

### 7.2.2.1. Distribución espacio Temporal Promedio Geométrico de la Concentración de Staphylococcus.



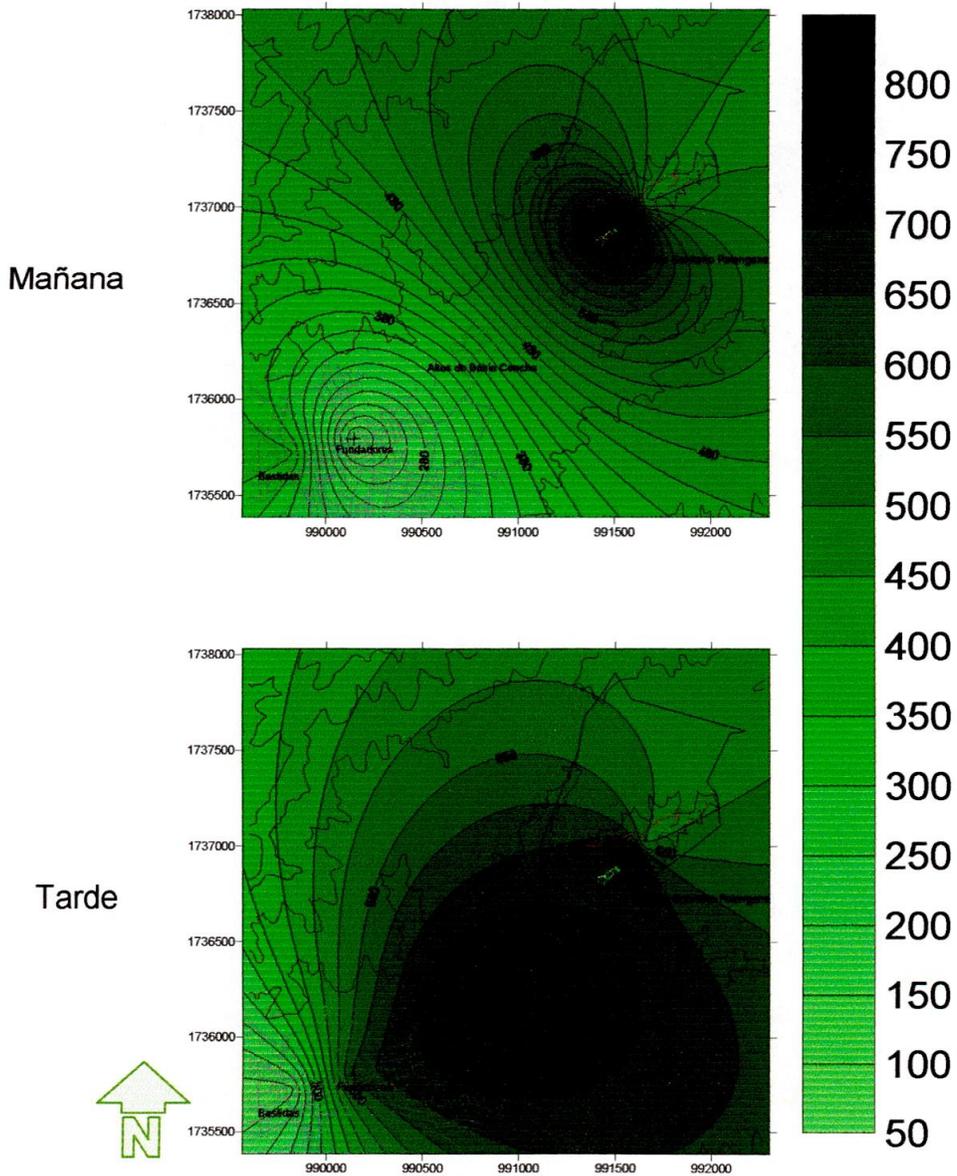
**Figura 60. Distribución espacial del promedio geométrico de la concentración de Staphylococcus**

**7.2.2.2. Distribución espacio Temporal Promedio Geométrico de la Concentración de Hongo.**



**Figura 61. Distribución espacial del promedio geométrico de la concentración de Hongos**

**7.2.2.3. Distribución espacio Temporal Promedio Geométrico de la Concentración de Heterotróficos (Mesofilos).**



**Figura 62. Distribución espacial del promedio geométrico de la concentración de Heterotróficos (Mesofilos)**

En las Figuras anteriores se puede confirmar lo planteado en el numeral 1.2.2. en el cual el promedio geométrico de *Staphylococcus* muestra mayores concentraciones en la tarde, sin embargo se observa poca incidencia del relleno en la comunidad dado a que se reportan mayores concentraciones en la comunidad con respecto al relleno.

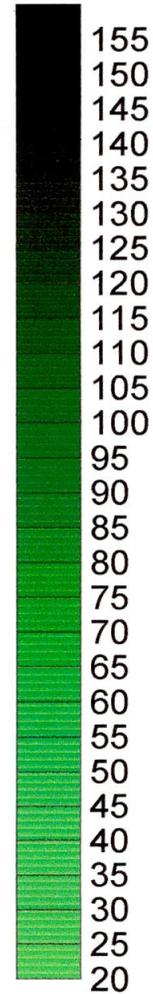
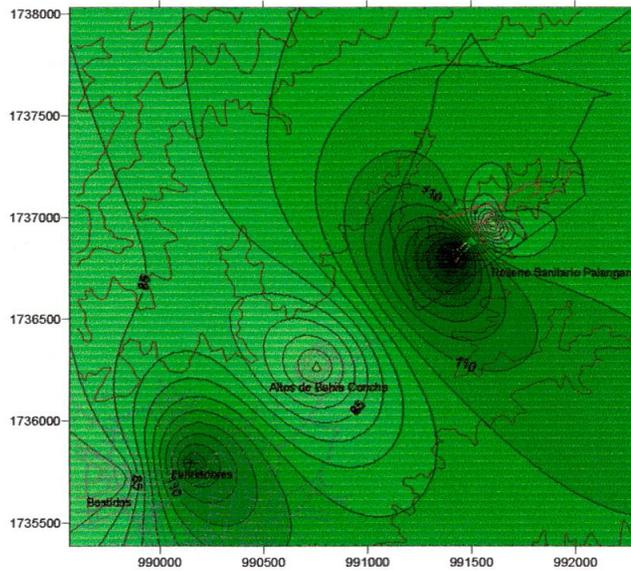
Para el caso de hongos se observa un concentración estable en la diversas jornadas, reportando menores concentraciones en la comunidad mas cercana al relleno (Altos de Bahía Concha).

Por último tenemos la distribución de la concentración promedio de las bacterias Heterotróficas (Mesofilas), encontrándose en mayor proporción en el relleno sanitario así como en estrato 6 del equipo muestreados, además de esto se observa un poco incidencia de las concentraciones en la comunidades mas lejanas (Fundadores y Bastidas).

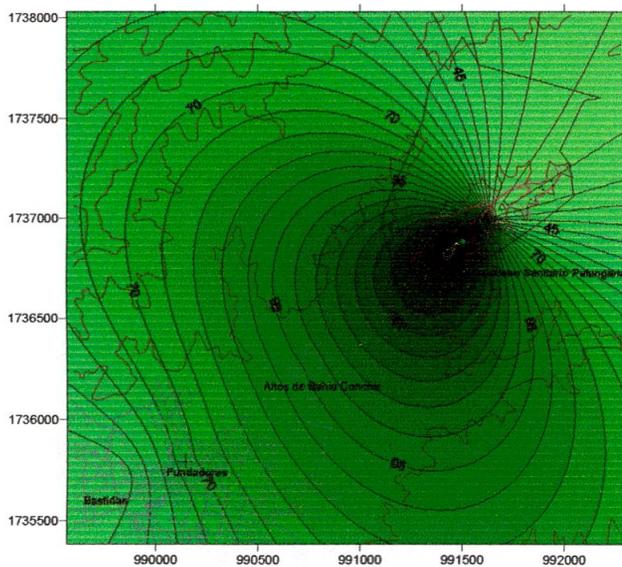
### 7.2.3. Distribución espacio Temporal de las morfologías de las Bacterias Heterotróficas (Mesofilas).

#### 7.2.3.1. Distribución espacio Temporal de Bacilos.

Gram -



Gram +

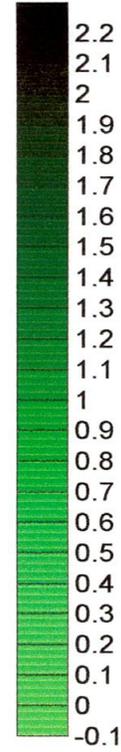
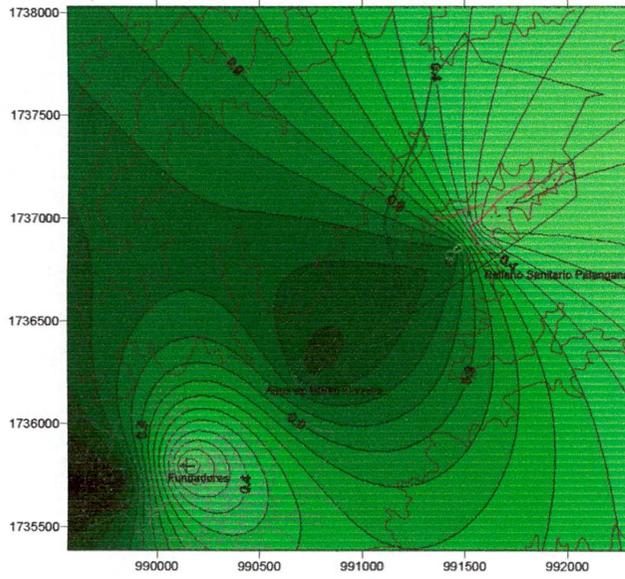


**Figura 63. Distribución espacial de Bacilos**



7.2.3.2. Distribución espacio Temporal de Bacilos Esporulados.

Gram -



Gram +

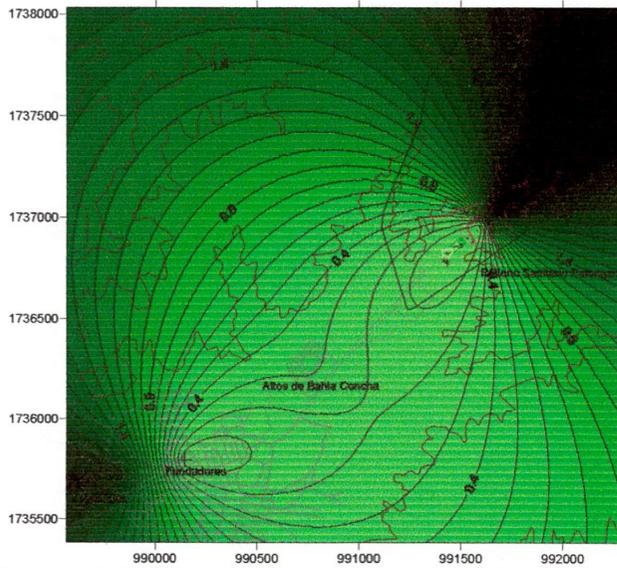
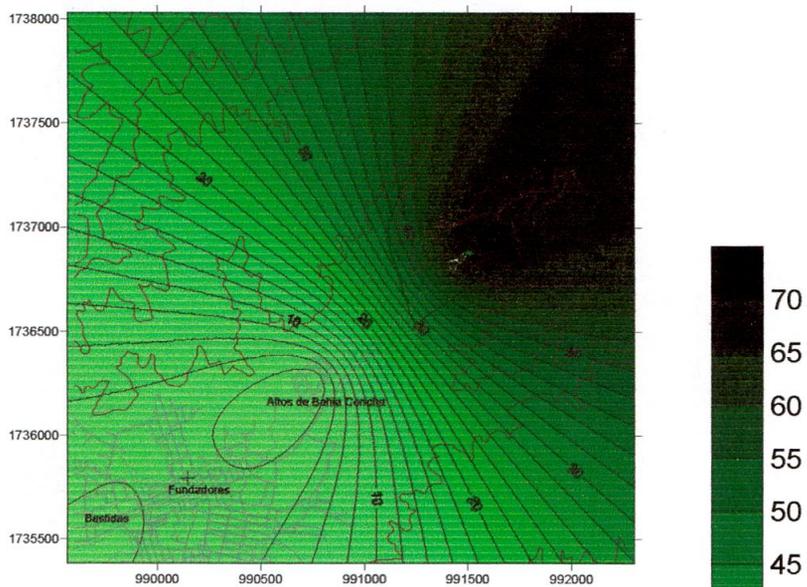


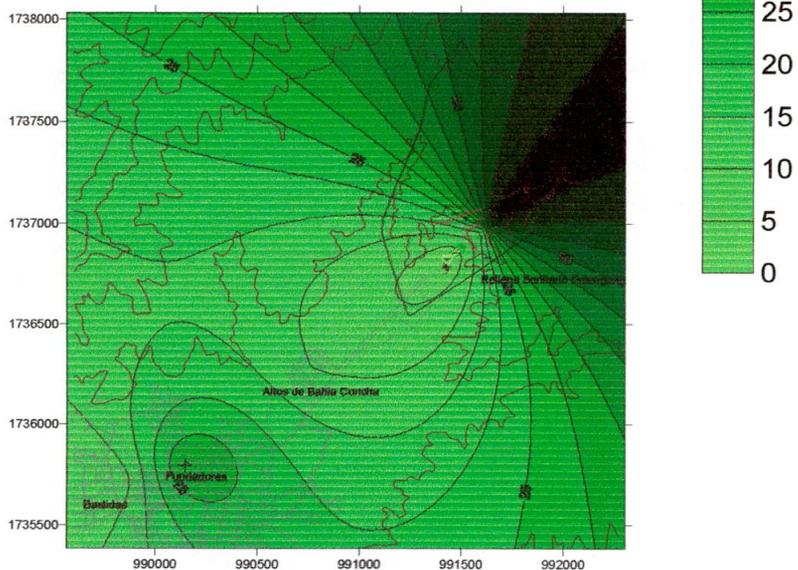
Figura 64. Distribución espacial de Bacilos Esporulados

### 7.2.3.3. Distribución espacio Temporal de Cocos.

Gram -



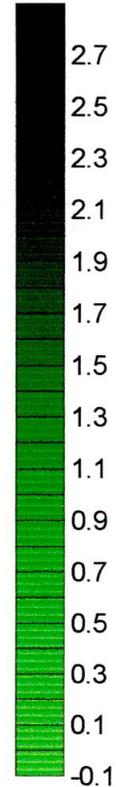
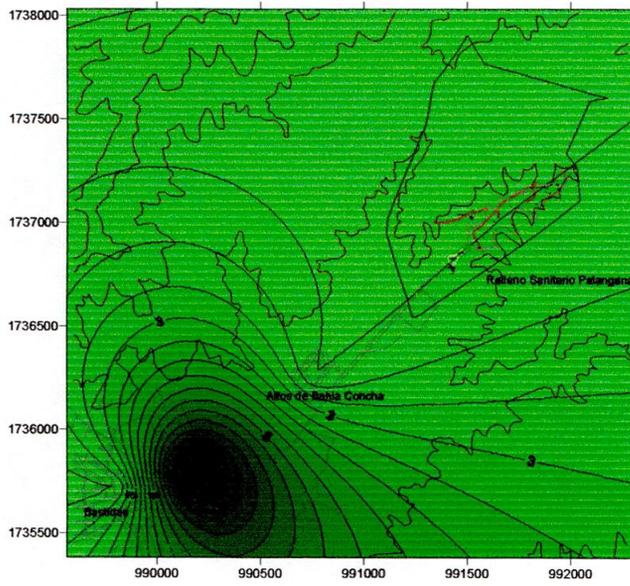
Gram +



**Figura 65. Distribución espacial de Cocos**

7.2.3.4. Distribución espacio Temporal de Cocobacilos.

Gram -



Gram +

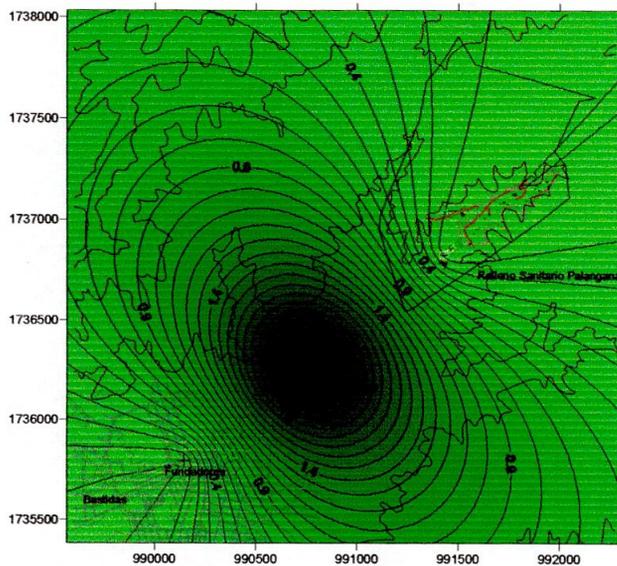
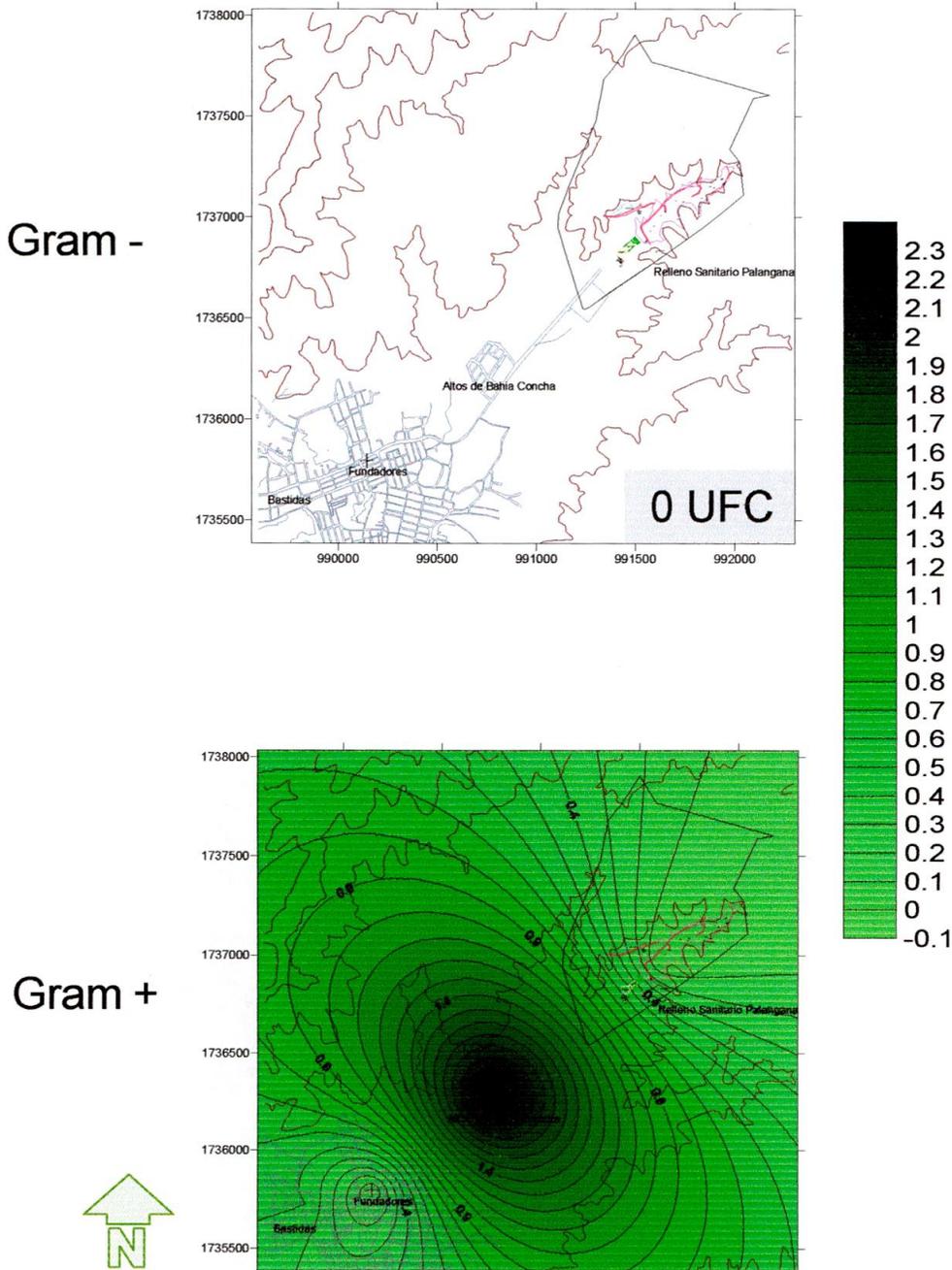


Figura 66. Distribución espacial Cocobacilos

**7.2.3.5. Distribución espacio Temporal de Diplococos.**

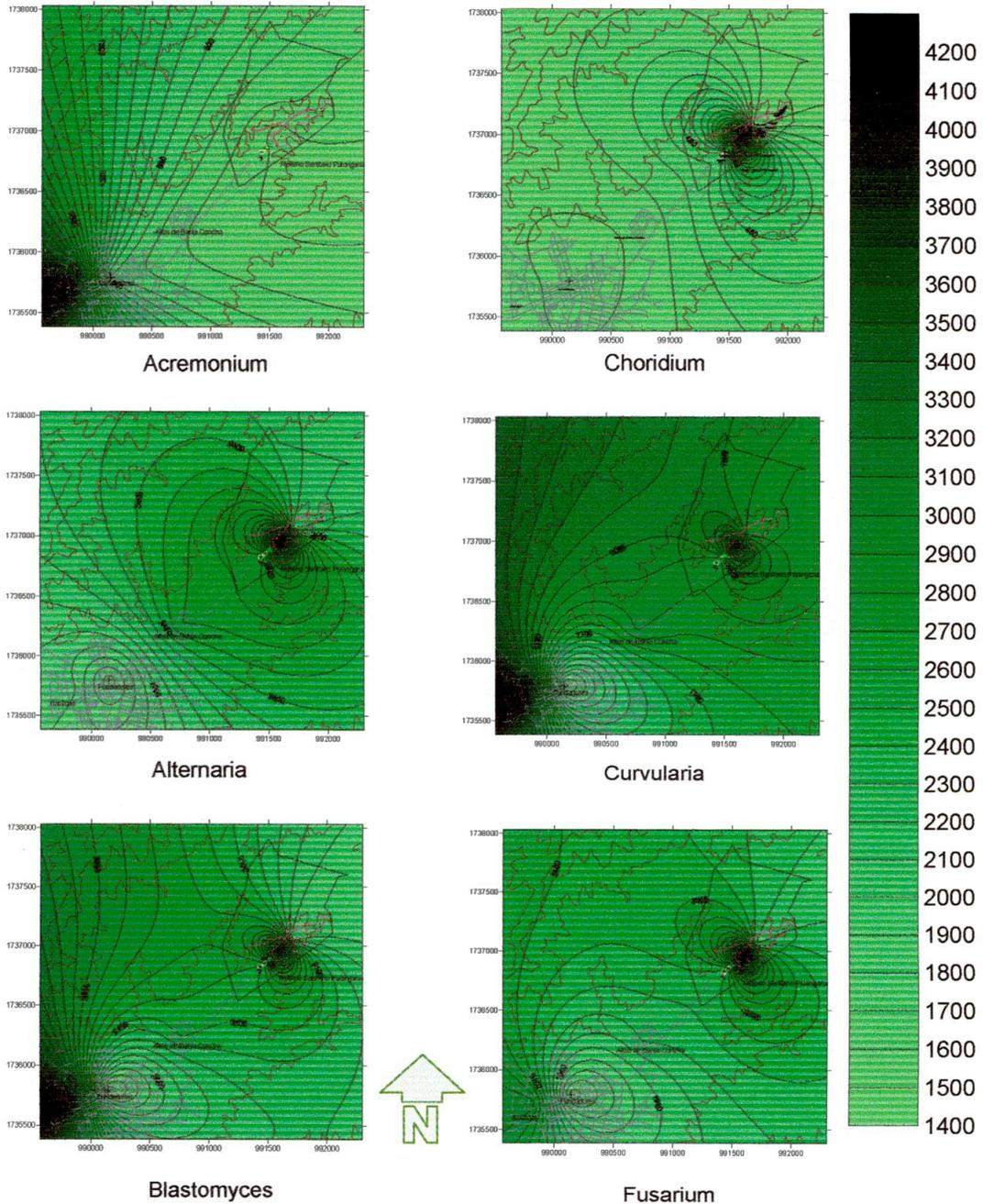


**Figura 67. Distribución espacial de Diplococos**

La distribución espacial de las diversas morfologías demuestra que solo los bacilos, los cocos y los bacilos esporulados Gram + se encuentran asociados a la gestión de residuos sólidos dado a que se demuestran altas concentraciones en el relleno sanitario.

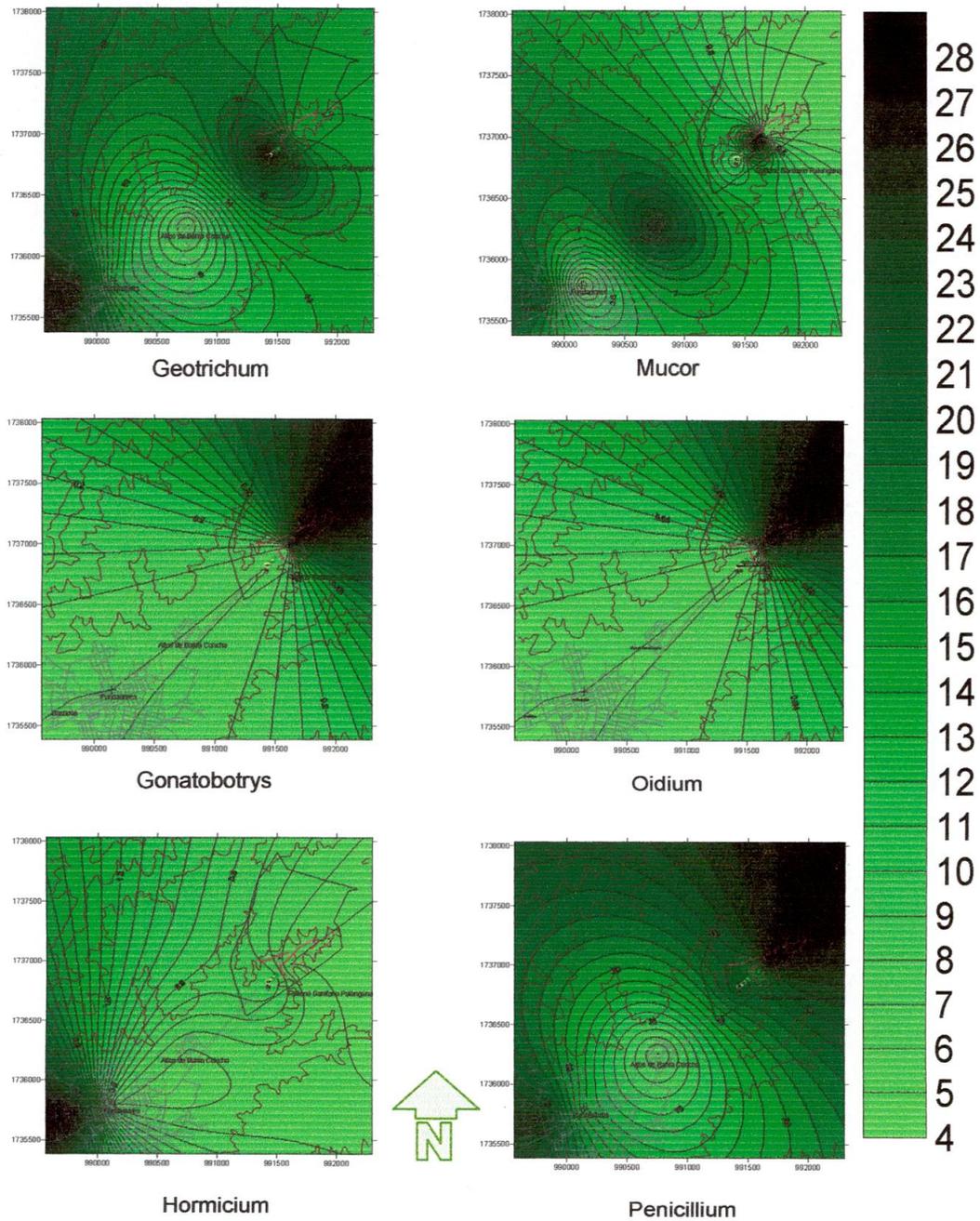
## 7.2.4. Distribución espacio Temporal de los géneros de Hongos.

### 7.2.4.1. Distribución de géneros de hongo Parte 1. (Acremonium, alternaria, Blastomyces, Choridium, Curvularia, Fusarium).



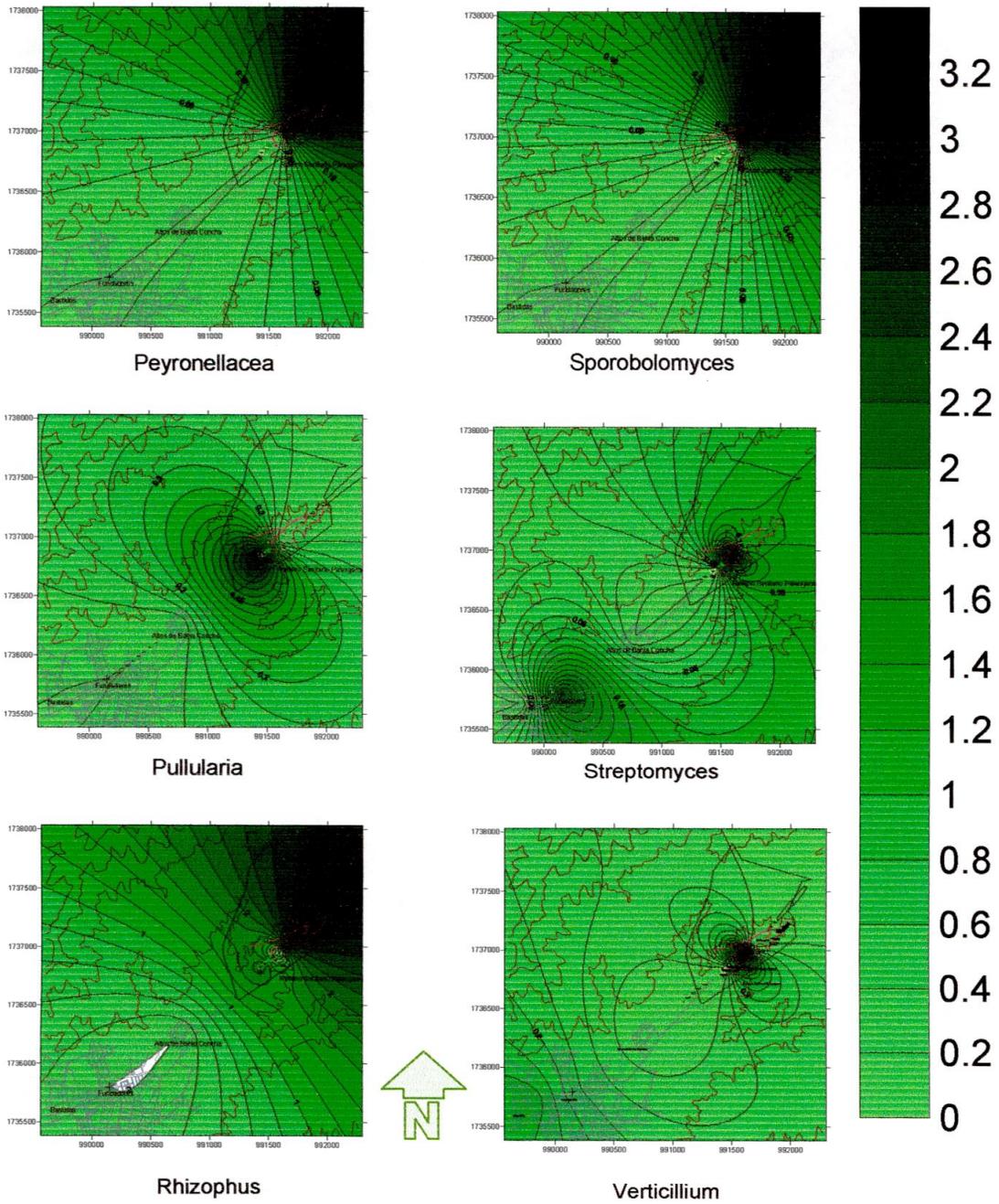
**Figura 68. Distribución espacial de Géneros de Hongos (Parte 1)**

**7.2.4.2. Distribución de de hongo Parte 2. (Geotrichum, Gonatobotrys, Hormicium, Mucor, Oidium, Penicillium).**



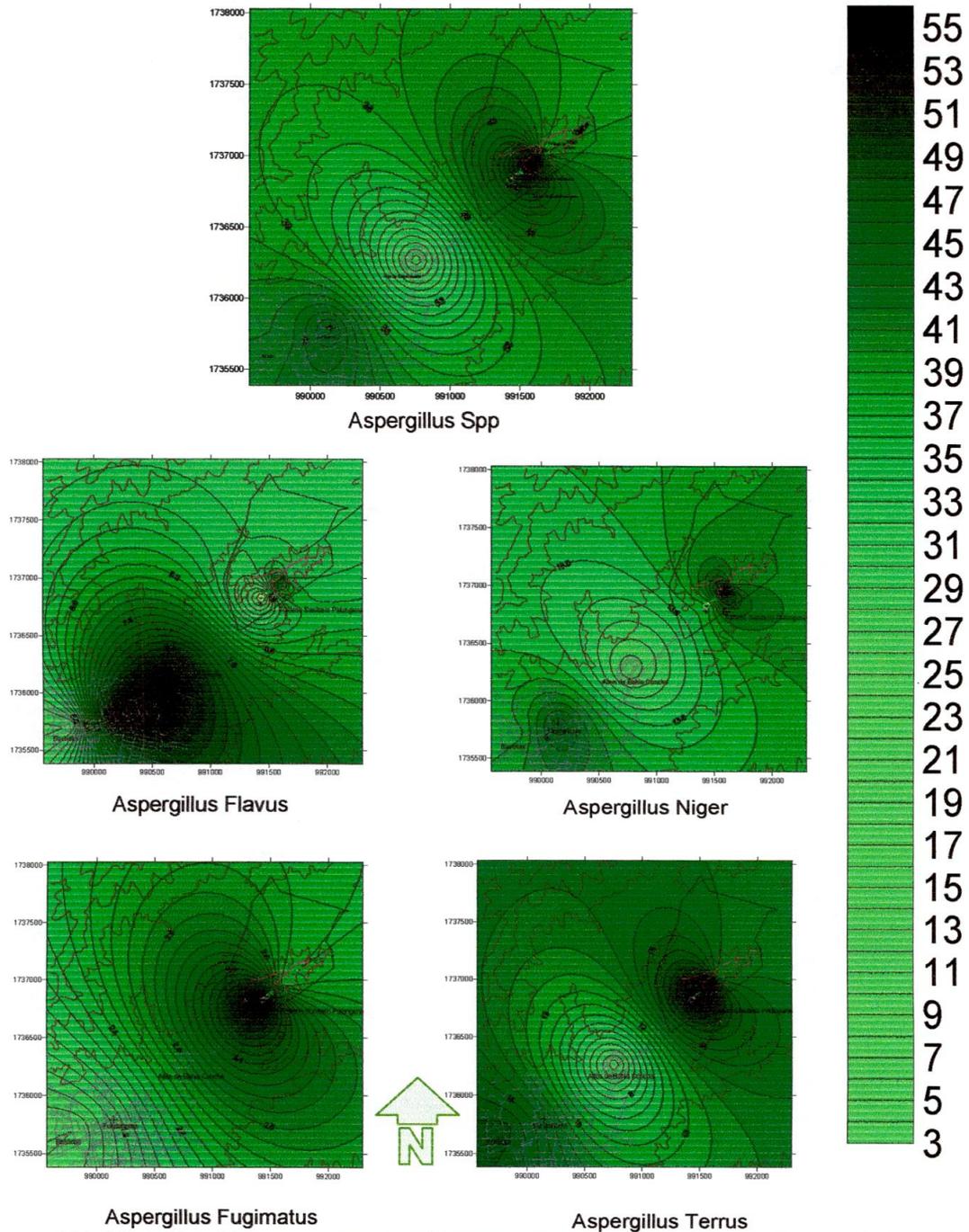
**Figura 69. Distribución espacial de Géneros de Hongos (Parte 2)**

**7.2.4.3. Distribución de Genero de hongo Parte 3. (Petronellacea, Pullularia, Rhizopus, Sporobolomyces, Streptomyces, Verticillium)**



**Figura 70. Distribución espacial de Géneros de Hongos (Parte 3)**

7.2.4.4. Distribución de Genero de de hongo Parte 4. (Genero *Aspergillus* y las especies reportadas *A. Flavus*, *A. Fugimatus*, *A. Niger*, *A. Terrus*).



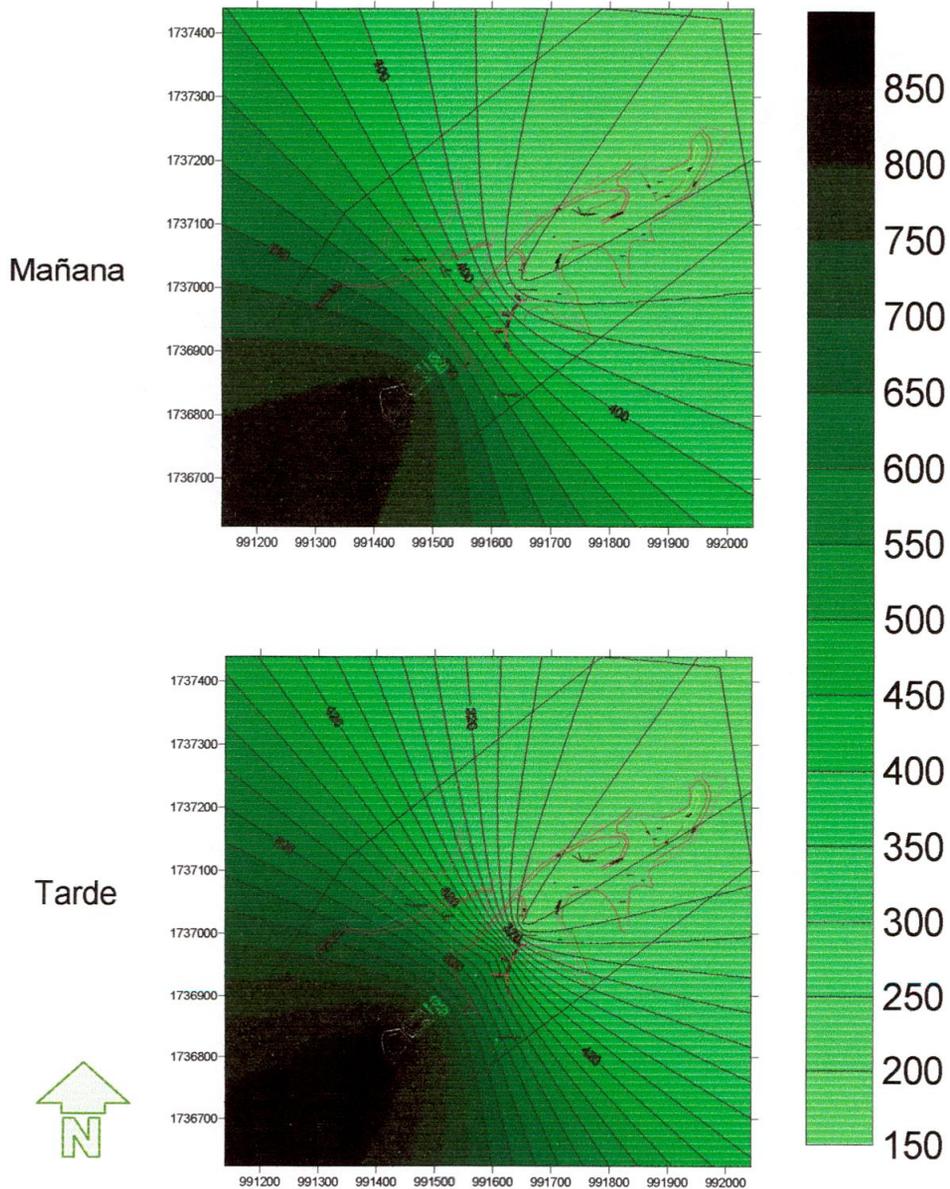
**Figura 71. Distribución espacial de Géneros de Hongos (Parte 4 *Aspergillus* y Sus Especies)**

Para el caso de la distribución de géneros de hongo se observa que la mayor cantidad de los géneros esta principalmente asociada a la gestión de residuos sólidos; esta afirmación se soporta en el hecho de que se observa la mayor cantidad de UFC en el área del relleno. Sin embargo el género de Hormicium y el Acremonium ya que son los únicos géneros que no se ve realmente asociado al relleno.

#### **7.2.5. Distribución espacio Temporal del Promedio Geométrico de la Concentración en el relleno sanitario**

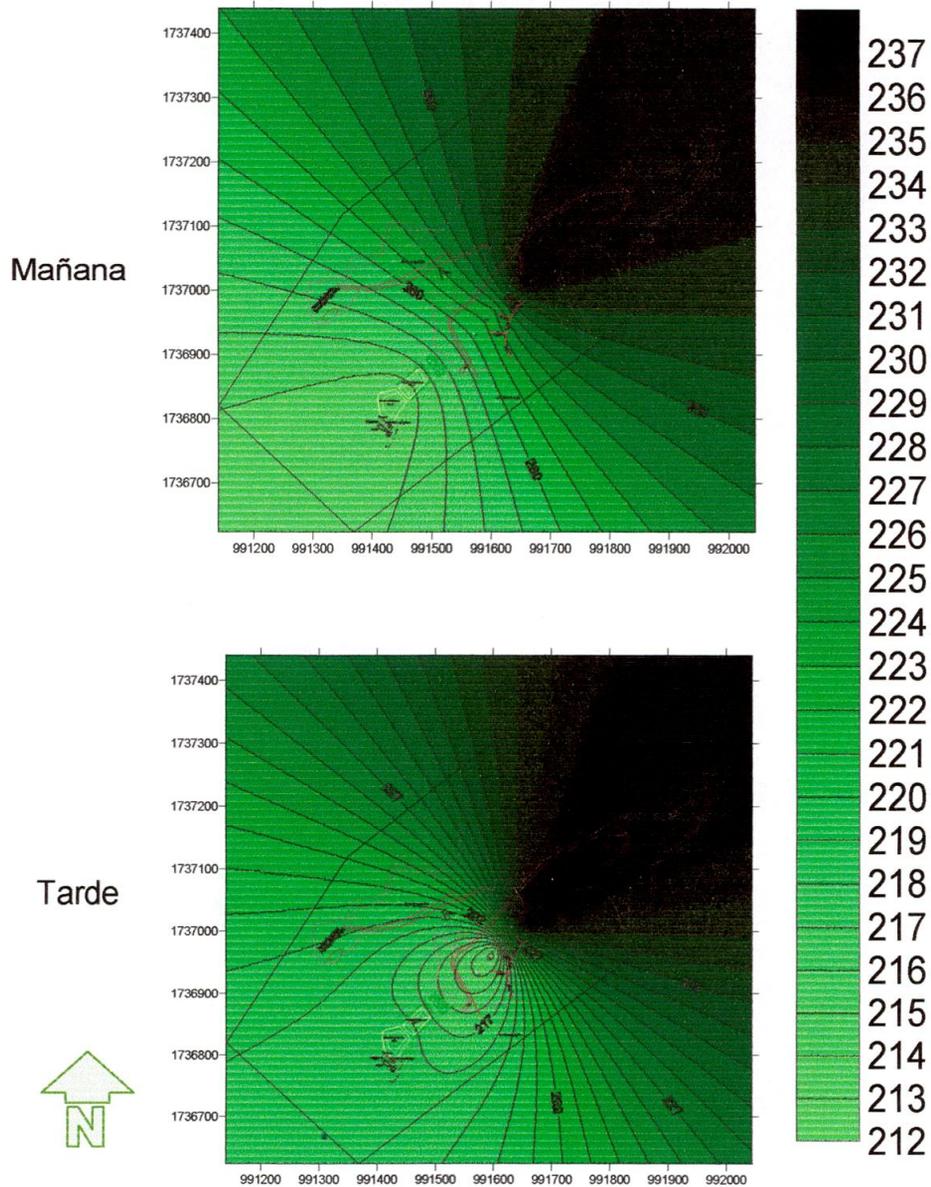
Para el entendimiento de la distribución espacial en el área de disposición final de residuos (Relleno Sanitario) se hace necesario realizar un acercamiento de la distribución en esta área en específica. Permitted obtener con mayor precisión a que etapa específica de la gestión de residuos se encuentran asociadas las concentraciones emitidas desde el relleno, también permitirá conocer la distribución espacial de las diversas morfología para el caso de bacterias y los géneros para le cado de hongos.

**7.2.5.1. Distribución espacio Temporal Promedio Geométrico de la Concentración de Staphylococcus en el relleno sanitario.**



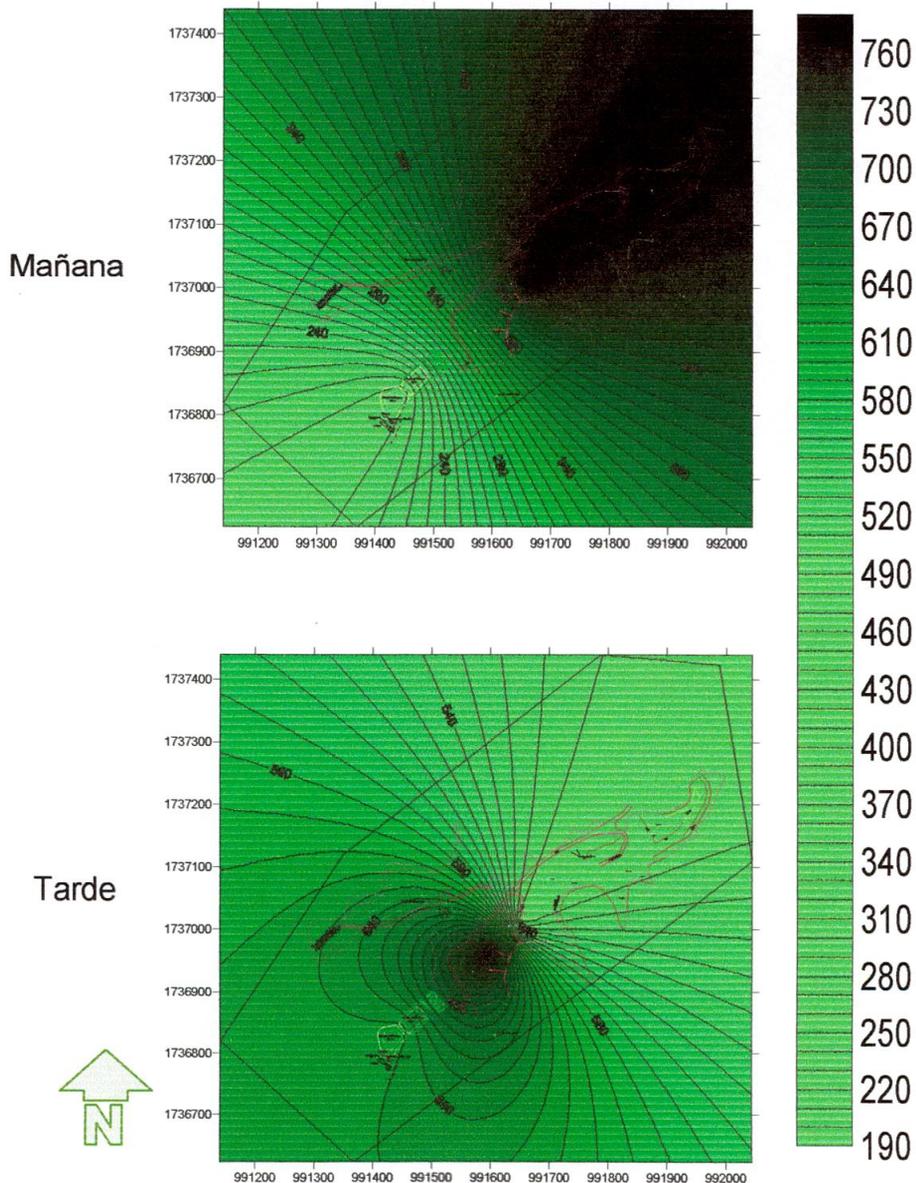
**Figura 72. Distribución espacial del promedio geométrico de la concentración de Staphylococcus en el Relleno Sanitario**

**7.2.5.2. Distribución espacio Temporal Promedio Geométrico de la Concentración de Hongo en el relleno sanitario.**



**Figura 73. Distribución espacial del promedio geométrico de la concentración de Hongos en el Relleno Sanitario**

**7.2.5.3. Distribución espacio Temporal Promedio Geométrico de la Concentración de Heterotróficas (Mesofilas) en el relleno sanitario.**



**Figura 74. Distribución espacial del promedio geométrico de la concentración de Heterotróficos (Mesofilos) en el Relleno Sanitario.**

La distribución espacial de *Staphylococcus* en el Relleno Sanitario Palangana se encuentra asociado a diversas etapas del sistema de tratamiento, en las horas de la mañana las pocas UFC encontradas en el relleno se encuentran asociadas a la celda activa (Celda de disposición diaria) y en las horas de la tarde se encuentran asociadas a la Celda Pasiva. En cuanto a la distribución de hongos

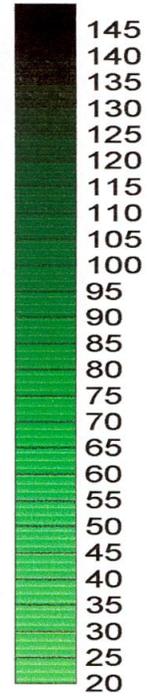
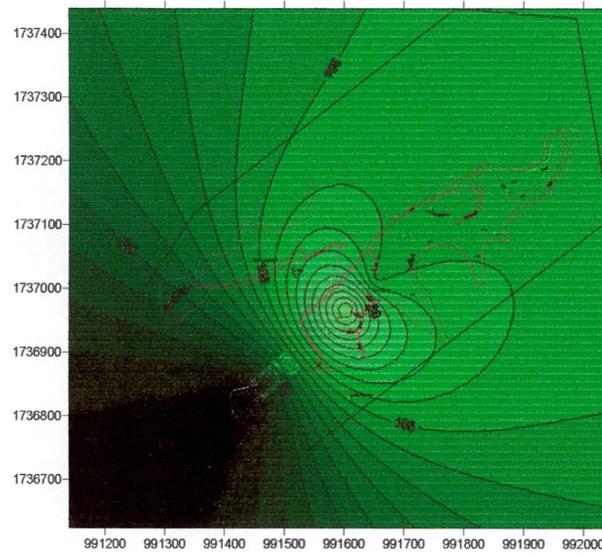
estas se encuentran asociadas principalmente a la celda activa, presentando mayor concentración en la jornada de la tarde.

Por último la distribución de bacterias centra su mayor concentración en la celda activa del relleno sanitario.

## **7.2.6. Distribución espacio Temporal de los Morfotipos de bacterias Heterotróficas (Mesofilas) en el relleno sanitario**

### **7.2.6.1. Distribución espacio Temporal de Bacilos en el relleno sanitario.**

Gram -



Gram +

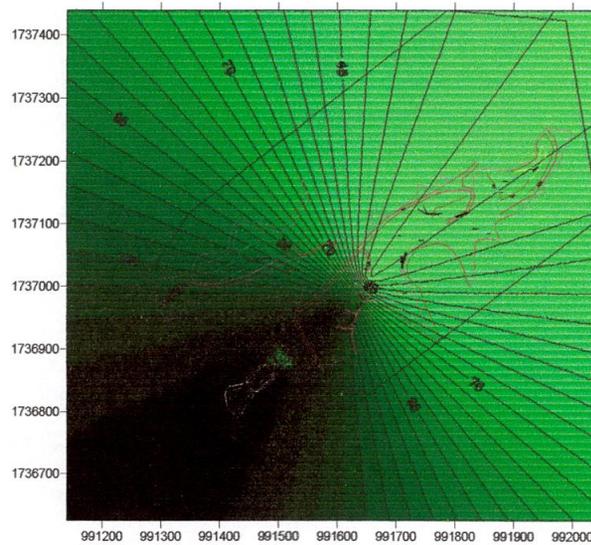
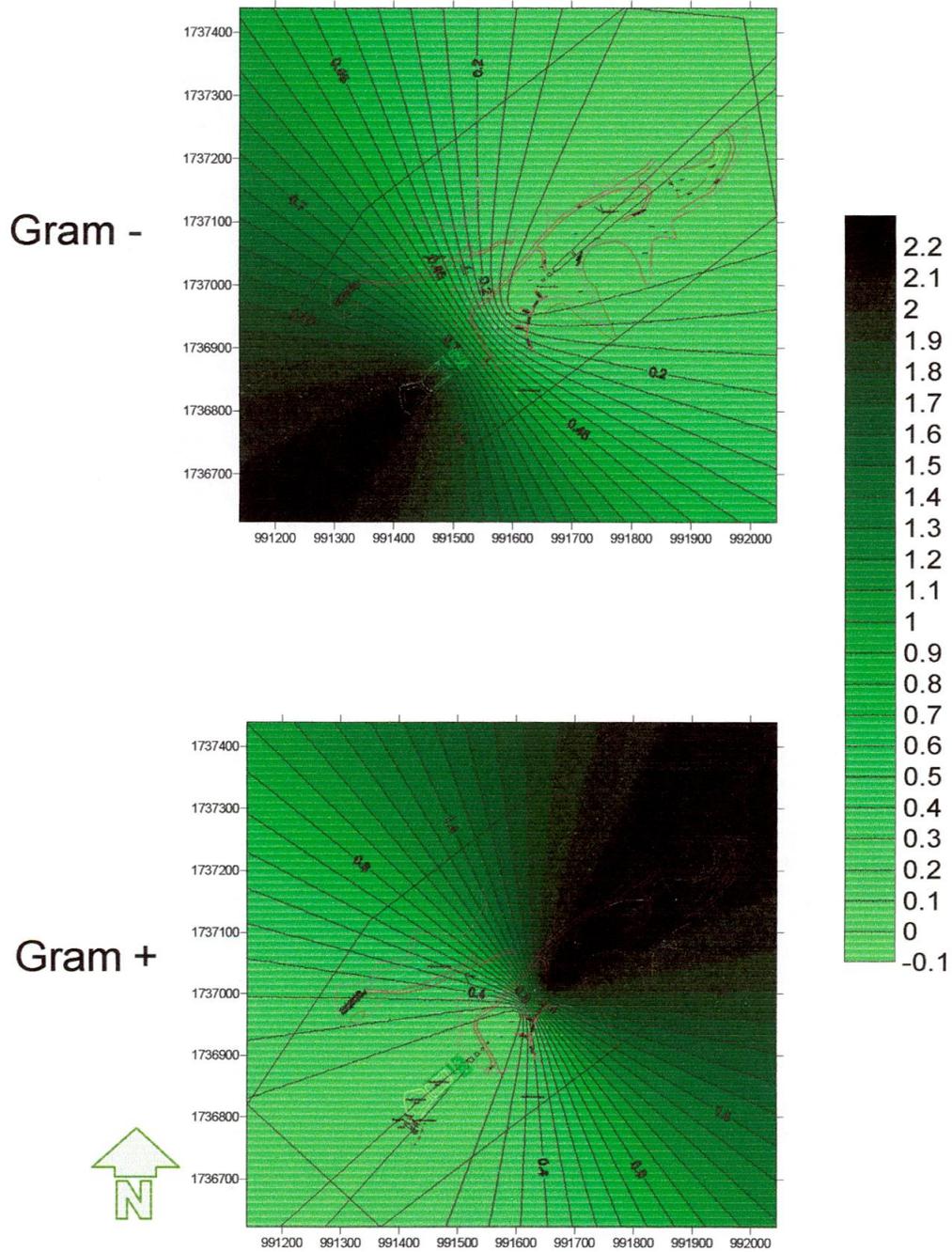


Figura 75. Distribución espacial de Bacilos en el Relleno Sanitario

**7.2.6.2. Distribución espacio Temporal de Bacilos Esporulados en el relleno sanitario.**



**Figura 76. Distribución espacial de Bacilos Esporulados en el Relleno Sanitario.**

7.2.6.3. Distribución espacio Temporal de Cocos en el relleno sanitario.

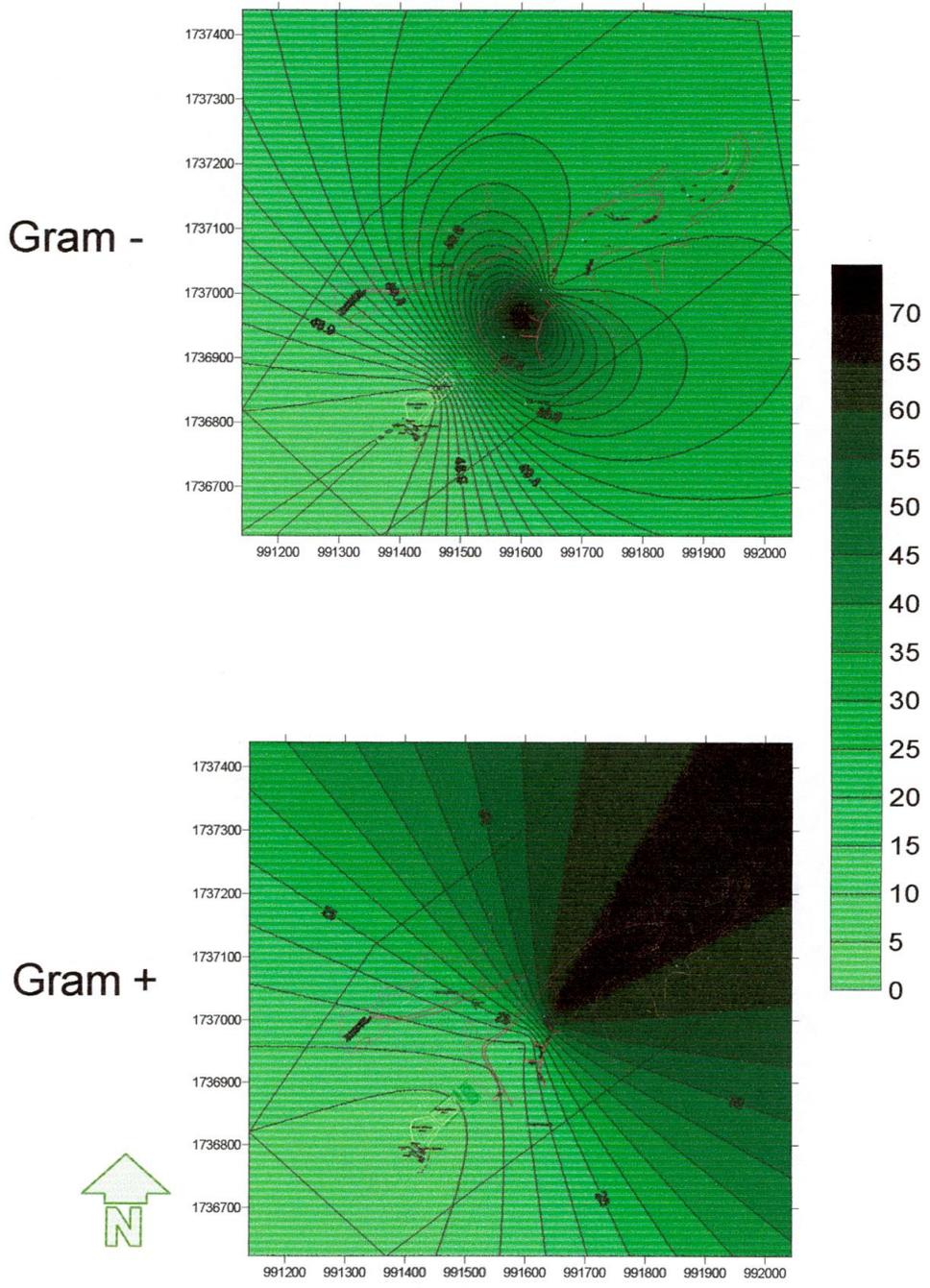
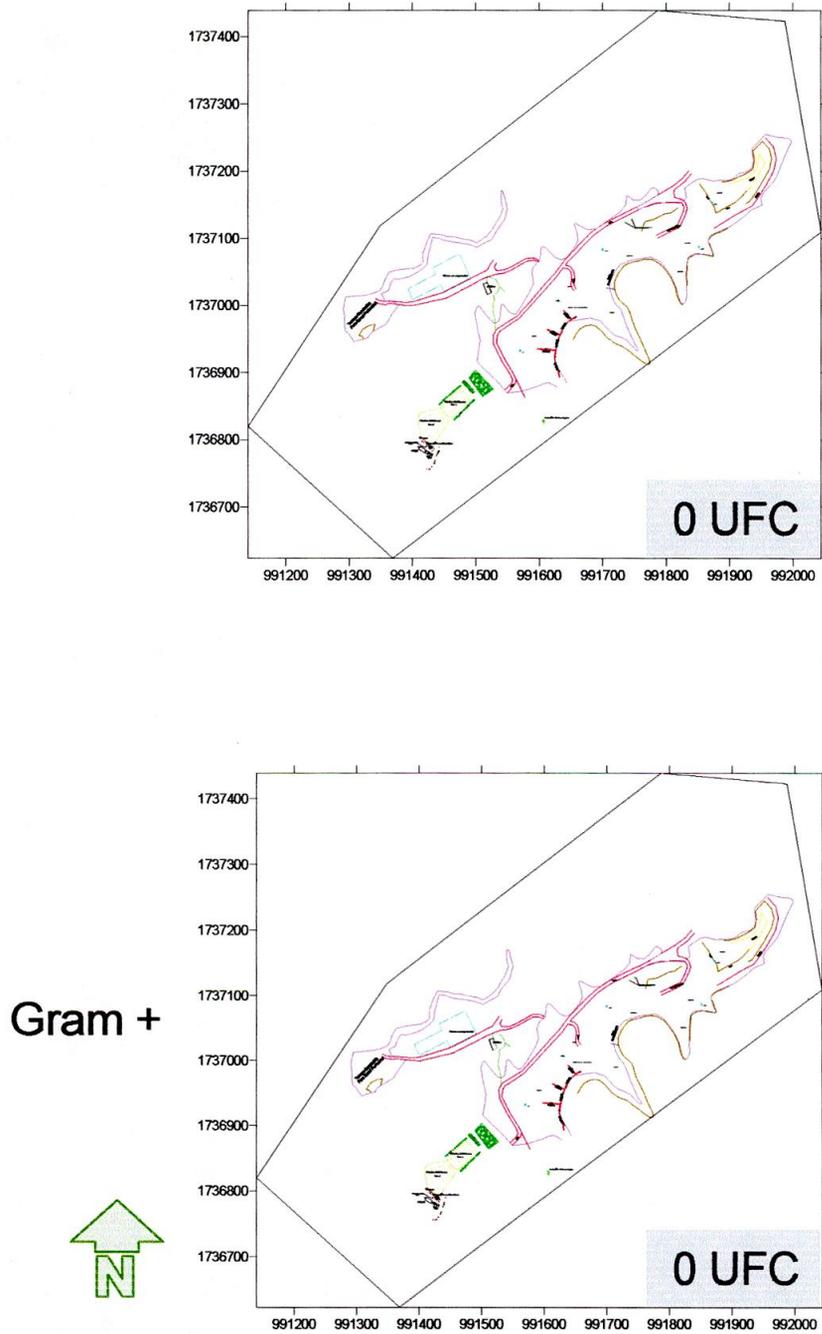


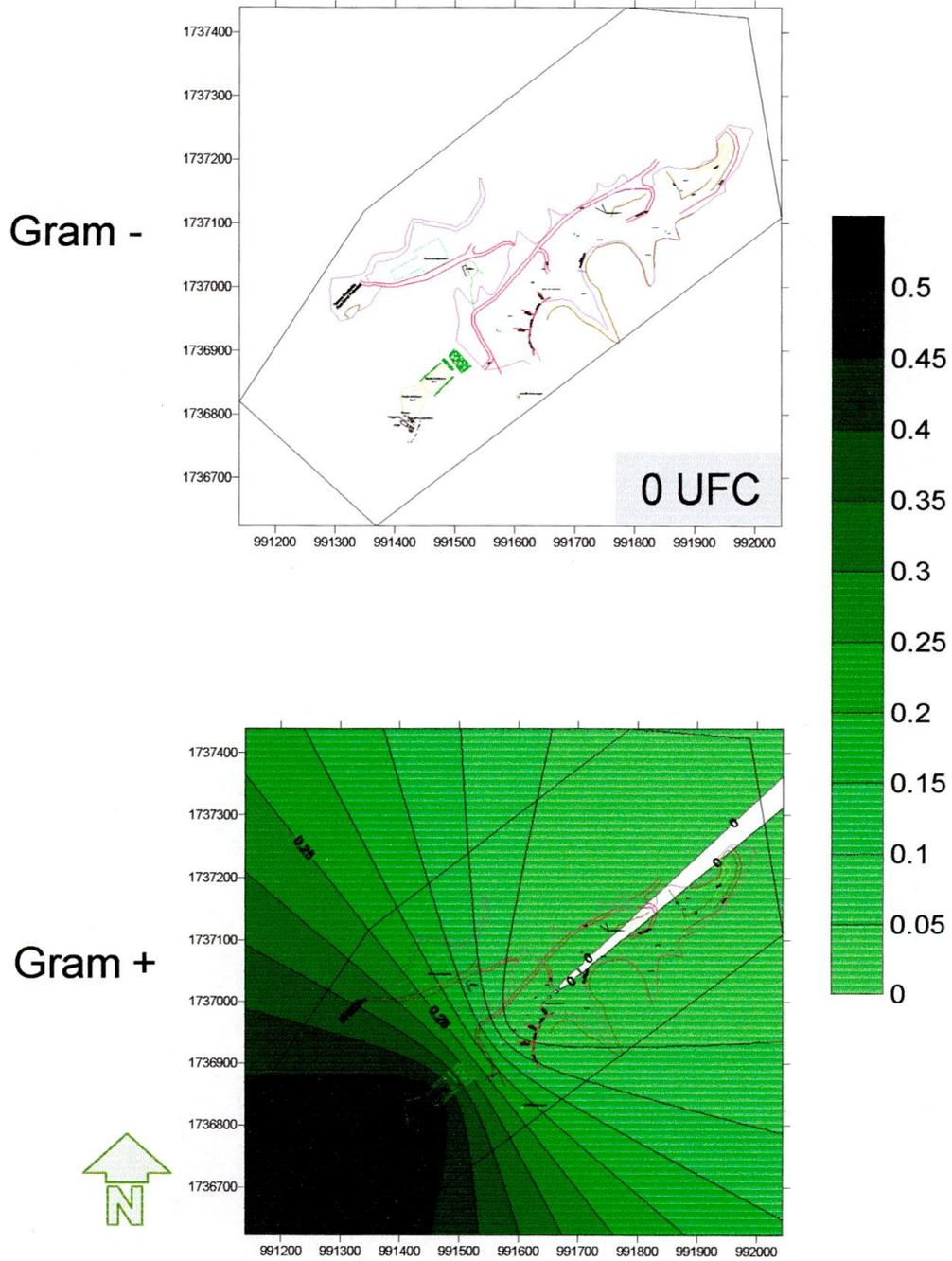
Figura 77. Distribución espacial de Cocos en el Relleno Sanitario

**7.2.6.4. Distribución espacio Temporal Cocobacilos en el relleno sanitario.**



**Figura 78. Distribución espacial de Cocobacilos en el Relleno Sanitario**

**7.2.6.5. Distribución espacio Temporal de Diplococo en el relleno sanitario.**

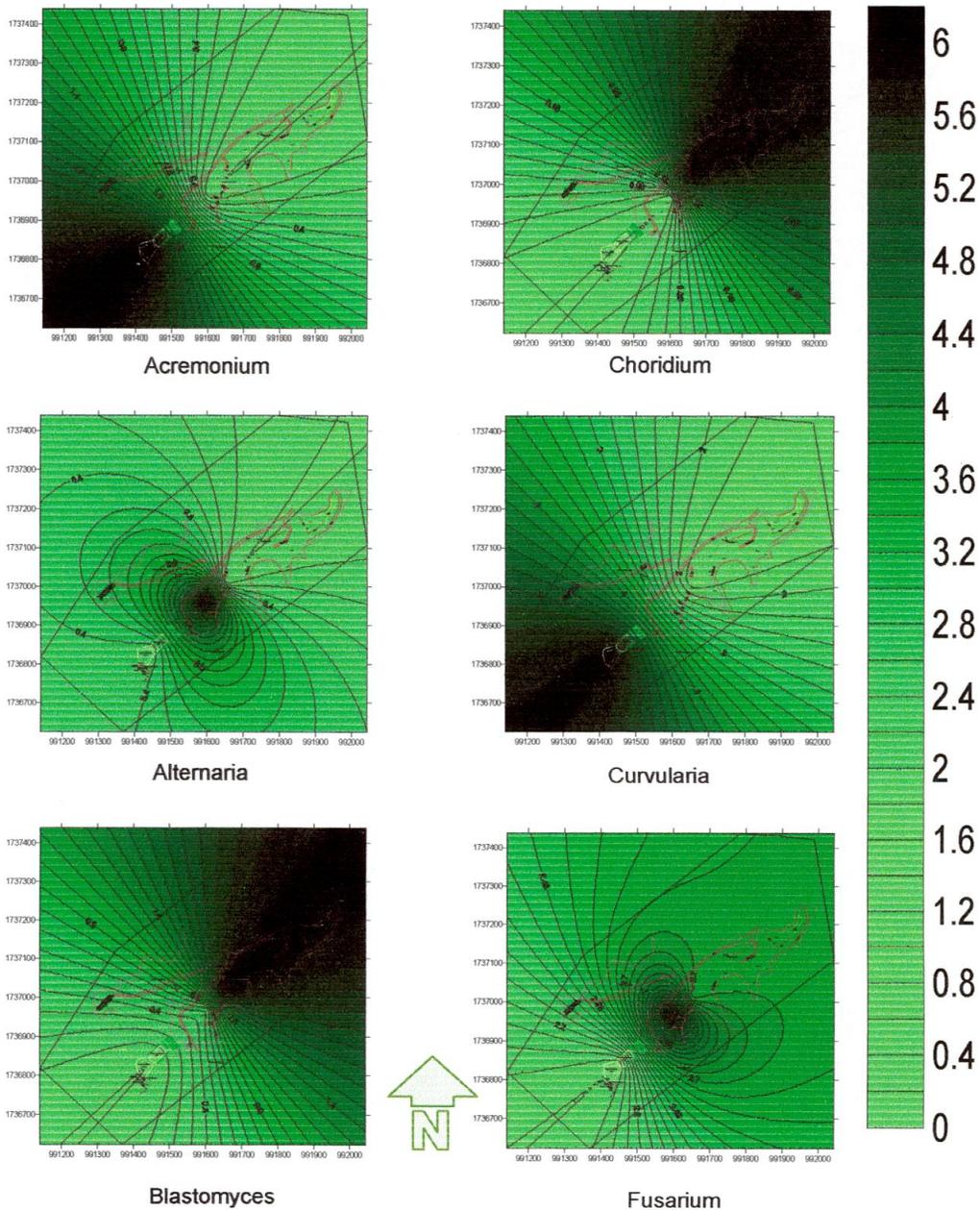


**Figura 79. Distribución espacial de Diplococos en el Relleno Sanitario.**

En cuanto a la distribución de las morfologías de bacterias heterotróficas mesofilas los bacilos Gram +, Bacilos Esporulados + y Cocos Gram – tienen mayor concentración en la celda activa. Los bacilos Gram – y los Diplococos se encuentran en mayor concentración en el área de la piscina de lixiviado. El resto de morfologías no reportan UFC en el área de análisis.

## 7.2.7. Distribución espacio Temporal de los genero y especies de hongo en el relleno sanitario

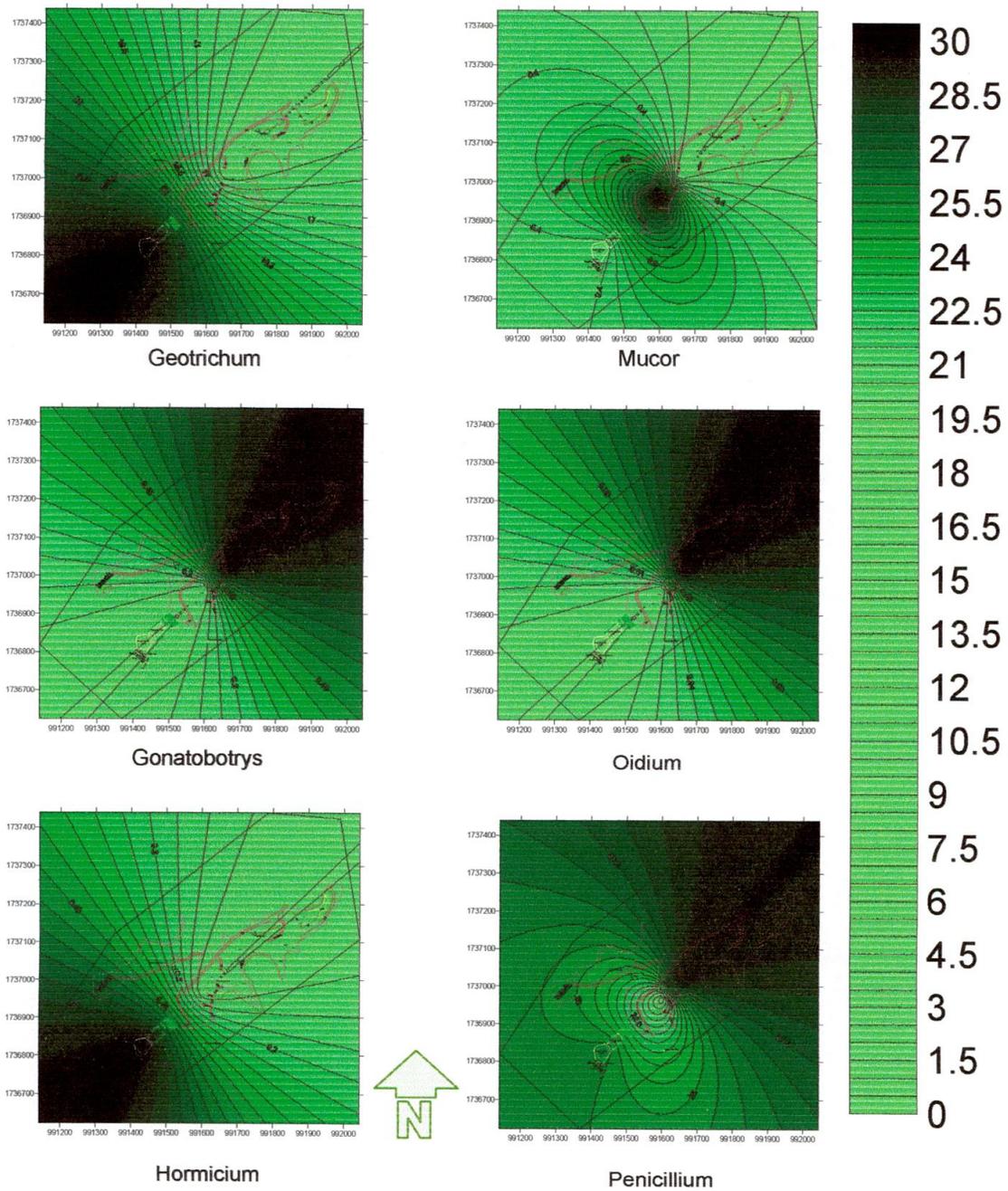
### 7.2.7.1. Distribución de géneros de hongo en el Relleno Sanitario Parte 1. (Acremonium, alternaria, Blastomyces, Chordium, Curvularia, Fusarium).



**Figura 80. Distribución espacial de Géneros de Hongos en el Relleno Sanitario (Parte 1)**

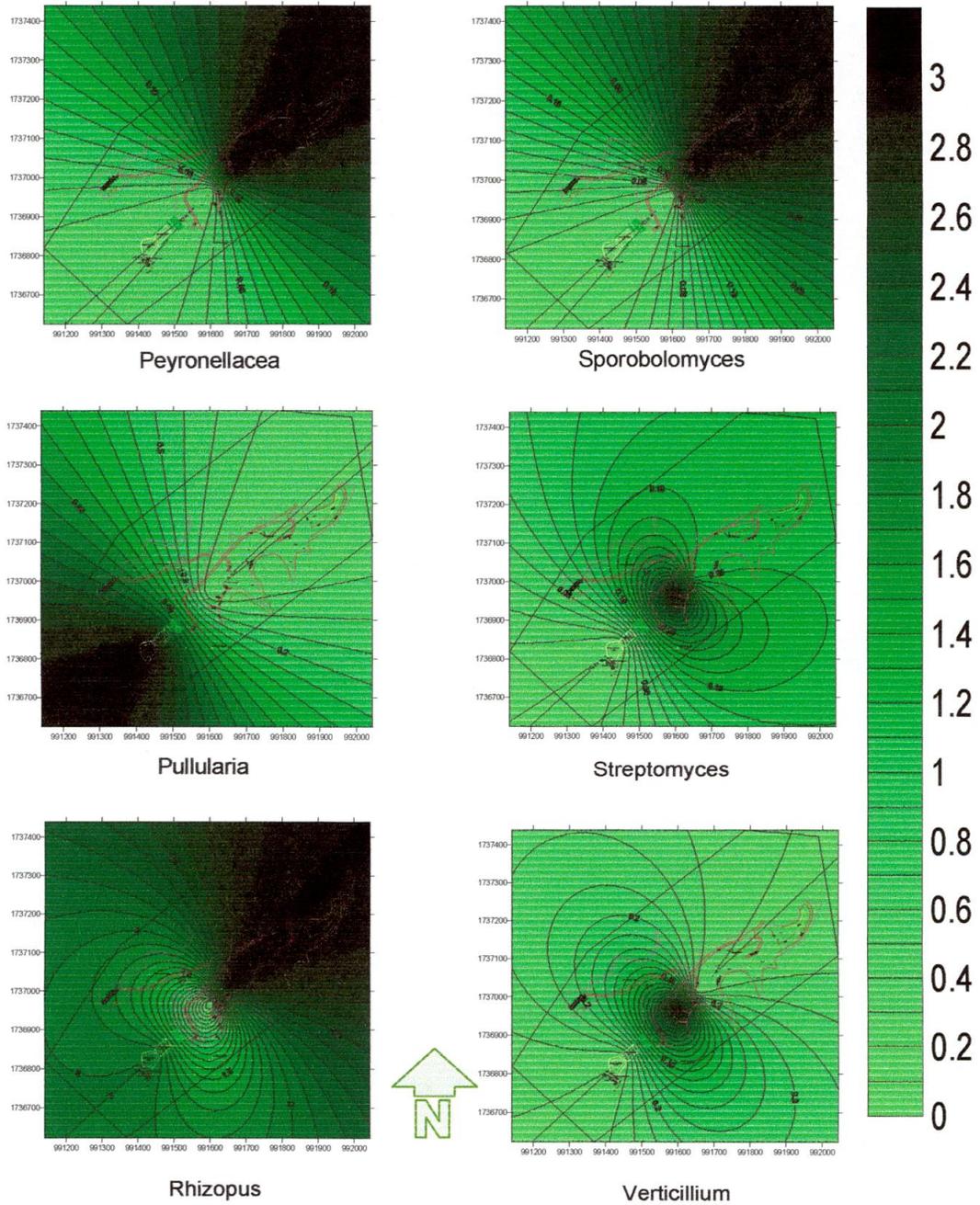


**7.2.7.2. Distribución de de hongo en el Relleno Sanitario Parte 2.  
(Geotrichum, Gonatobotrys, Hormicium, Mucor, Oidium, Penicillium).**



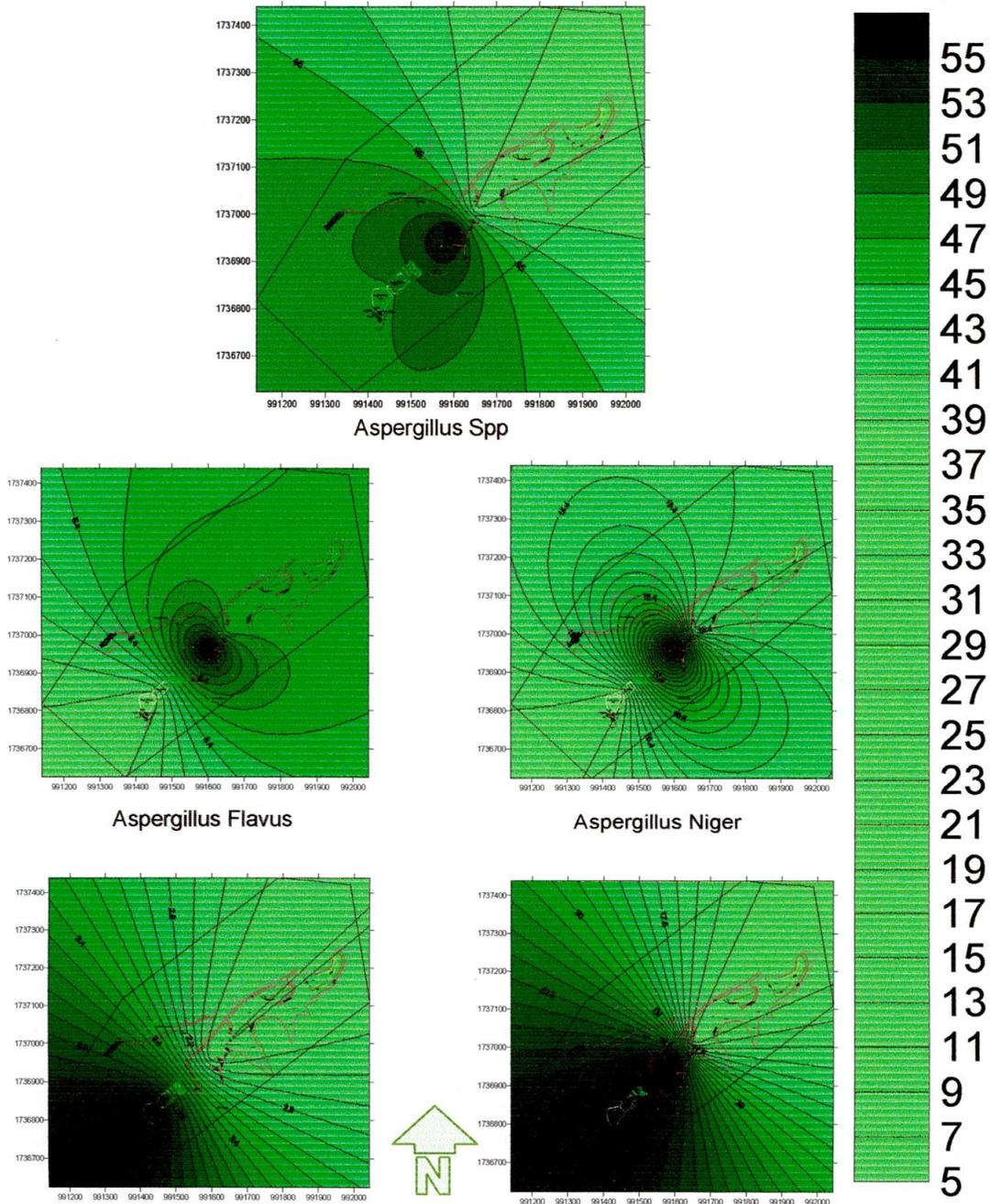
**Figura 81. Distribución espacial de Géneros de Hongos en el Relleno Sanitario (Parte 2)**

**7.2.7.3. Distribución de Genero de hongo en el Relleno Sanitario Parte 3.  
(Petronellacea, Pullularia, Rhizopus, Sporobolomyces, Streptomyces, Verticillium)**



**Figura 82. Distribución espacial de Géneros de Hongos en el Relleno Sanitario (Parte 3)**

**7.2.7.4. Distribución de Genero de de hongo Parte 4. en el Relleno Sanitario (Genero Aspergillus y las especies reportadas A. Flavus, A. Fugimatus, A. Niger, A. Terrus).**



**Figura 83. Distribución espacial de Géneros de Hongos en el Relleno Sanitario (Parte 4 Aspergillus y Sus Especies)**

La distribución espacial de los diversos géneros de hongos se encuentran asociados a la celda activa del relleno sanitario, mas los géneros de Acremonium, Hormicium, Gonatobotrys, Curvularia, Pullularia y la especie de Aspergillus Fugimatus se encuentran en mayor cantidad en la Piscina de Lixiviados del área de análisis.

## 8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 8.1. Análisis Estadístico de los Resultados.

8.1.1. Análisis de Varianza por tipo de microorganismo en función de la jornada.

#### 8.1.1.1. Análisis de Varianza para Staphylococcus en la Mañana

**Tabla 18 Análisis de Varianza para Concentracion - Suma de Cuadrados Tipo III**

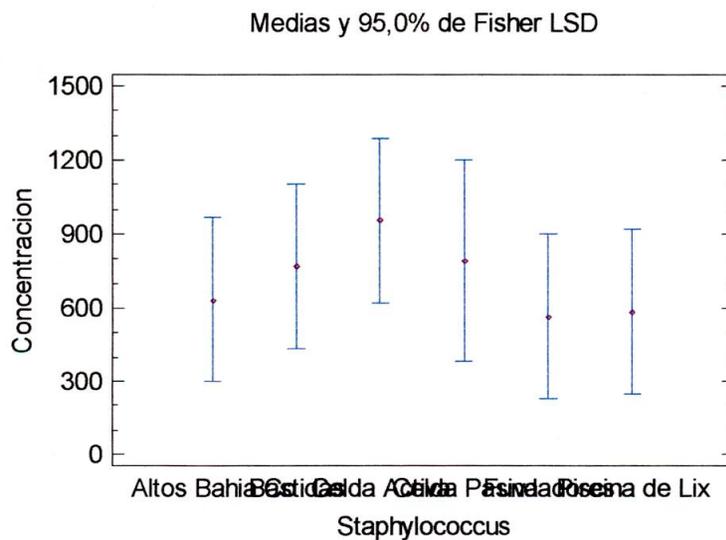
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Efectos Principales</b>					
A:Staphylococcus	2,66839E6	5	533679,	0,39	0,8575
B:BLOQUE	639876,	1	639876,	0,46	0,4974
RESIDUOS	1,78204E8	129	1,38143E6		
TOTAL (CORREGIDO)	1,81513E8	135			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

De este análisis se puede concluir que no existe una diferencia significativa entre las estaciones.

**Tabla 19 Prueba de rangos múltiples con Método: 95% LSD, aplicada a la concentración de Staphylococcus en la mañana.**

Staphylococcus	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Fundadores	24	562,917	239,916	X
Piscina de Lix	24	583,53	239,916	X
Altos Bahia Co	24	633,098	239,916	X
Bastidas	24	768,551	239,916	X
Celda Pasiva	16	791,372	293,835	X
Celda Activa	24	954,554	239,916	X



**Figura 84. sinopsis de las medias de Staphylococcus en la Mañana por estación.**

**Tabla 20 Diferencias significativas entre las estaciones**

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Altos Bahia Co - Bastidas		-135,453	671,299
Altos Bahia Co - Celda Activa		-321,457	671,299
Altos Bahia Co - Celda Pasiva		-158,274	750,535
Altos Bahia Co - Fundadores		70,1806	671,299
Altos Bahia Co - Piscina de Lix		49,5681	671,299
Bastidas - Celda Activa		-186,003	671,299
Bastidas - Celda Pasiva		-22,821	750,535
Bastidas - Fundadores		205,634	671,299
Bastidas - Piscina de Lix		185,022	671,299
Celda Activa - Celda Pasiva		163,182	750,535
Celda Activa - Fundadores		391,637	671,299
Celda Activa - Piscina de Lix		371,025	671,299
Celda Pasiva - Fundadores		228,455	750,535
Celda Pasiva - Piscina de Lix		207,843	750,535
Fundadores - Piscina de Lix		-20,6125	671,299

\* Indica diferencia significativa.

Se puede observar que no hay influencia en de las emisiones del relleno debido a que las medias encontrado entre las comunidades, las estaciones dentro del relleno y la estación de control son similares, presentándose un solo grupo homogéneo, sin diferencias significativas.

### 8.1.1.2. Análisis de Varianza para Staphylococcus en la Tarde

**Tabla 21 Análisis de Varianza de las concentraciones en las diversas estaciones**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Efectos principales</b>					
A:Staphylococcus	1,59924E7	5	3,19848E6	4,47	0,0010
B:BLOQUE	9261,73	1	9261,73	0,01	0,9096
RESIDUOS	7,79775E7	109	715390,		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>9,39791E7</b>	<b>115</b>			

De este análisis se puede concluir que existe una diferencia significativa entre las estaciones.

**Tabla 22 Prueba de rangos múltiples con Método: 95% LSD, aplicada a la concentración de Staphylococcus en la mañana.**

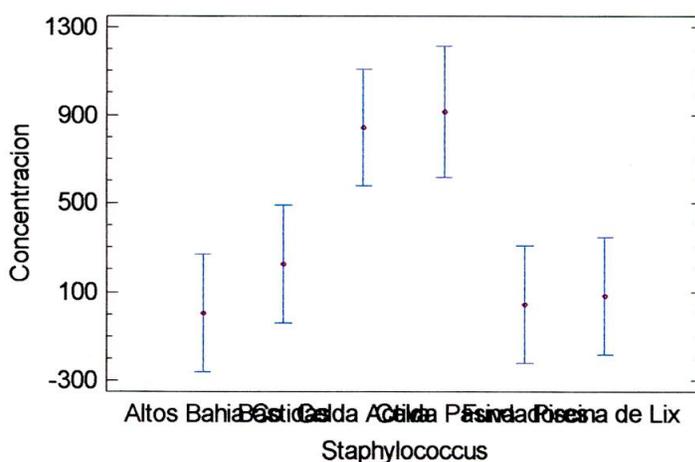
Staphylococcus	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Altos Bahia Co	20	2,35571	189,128	X
Fundadores	20	42,9918	189,128	X
Piscina de Lix	20	78,3274	189,128	X
Bastidas	20	223,793	189,128	X
Celda Activa	20	843,345	189,128	X
Celda Pasiva	16	912,839	211,452	X

**Tabla 23 Diferencias significativas entre las estaciones**

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Altos Bahia Co - Bastidas		-221,437	530,113
Altos Bahia Co - Celda Activa	*	-840,989	530,113
Altos Bahia Co - Celda Pasiva	*	-910,483	562,27
Altos Bahia Co - Fundadores		-40,636	530,113
Altos Bahia Co - Piscina de Lix		-75,9717	530,113
Bastidas - Celda Activa	*	-619,552	530,113
Bastidas - Celda Pasiva	*	-689,046	562,27
Bastidas - Fundadores		180,801	530,113
Bastidas - Piscina de Lix		145,465	530,113
Celda Activa - Celda Pasiva		-69,4935	562,27
Celda Activa - Fundadores	*	800,353	530,113
Celda Activa - Piscina de Lix	*	765,018	530,113
Celda Pasiva - Fundadores	*	869,847	562,27
Celda Pasiva - Piscina de Lix	*	834,511	562,27
Fundadores - Piscina de Lix		-35,3357	530,113

\*Significa Diferencia Significativa

Medias y 95,0% de Fisher LSD



**Figura 85. sinopsis de las medias de Staphylococcus en la tarde por estación.**

Del análisis estadístico anterior se puede observar dos grupos homogéneos, en donde la celda activa y la celda pasiva son muy similares, y se diferencian de las concentraciones obtenidas en la demás estaciones.

### 8.1.1.3. Análisis de Varianza para Hongos en la Mañana

**Tabla 24 Análisis de Varianza de las concentraciones en las diversas estaciones**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Efectos Principales</b>					
A:Hongos	233211,	5	46642,1	2,06	0,0752
B:BLOQUE	6859,2	1	6859,2	0,30	0,5834
RESIDUOS	2,9272E6	129	22691,5		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>3,16727E6</b>	<b>135</b>			

De este análisis se puede concluir que existe una diferencia significativa entre las estaciones.

**Tabla 25 Prueba de rangos múltiples con Método: 95% LSD, aplicada a la concentración de hongo en la mañana.**

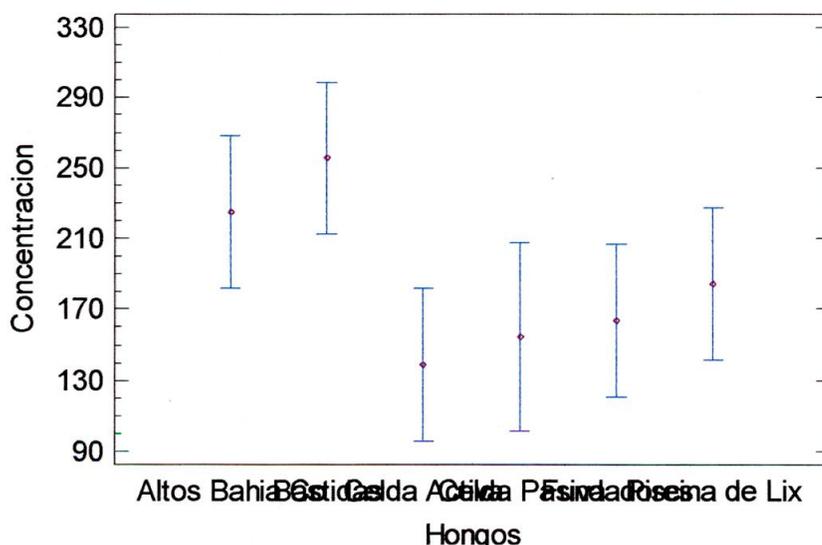
Hongos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos		
Celda Activa	24	138,889	30,7486	X		
Celda Pasiva	16	154,594	37,6592	X		
Fundadores	24	163,918	30,7486	X	X	
Piscina de Lix	24	184,04	30,7486	X	X	X
Altos Bahia Co	24	225,265	30,7486		X	X
Bastidas	24	255,693	30,7486		X	X

**Tabla 26 Diferencias significativas entre las estaciones**

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Altos Bahia Co - Bastidas		-30,428	86,0366
Altos Bahia Co - Celda Activa	*	86,3761	86,0366
Altos Bahia Co - Celda Pasiva		70,6714	96,1918
Altos Bahia Co - Fundadores		61,3467	86,0366
Altos Bahia Co - Piscina de Lix		41,225	86,0366
Bastidas - Celda Activa	*	116,804	86,0366
Bastidas - Celda Pasiva	*	101,099	96,1918
Bastidas - Fundadores	*	91,7746	86,0366
Bastidas - Piscina de Lix		71,6529	86,0366
Celda Activa - Celda Pasiva		-15,7048	96,1918
Celda Activa - Fundadores		-25,0294	86,0366
Celda Activa - Piscina de Lix		-45,1512	86,0366
Celda Pasiva - Fundadores		-9,3247	96,1918
Celda Pasiva - Piscina de Lix		-29,4464	96,1918
Fundadores - Piscina de Lix		-20,1217	86,0366

\* Indica una diferencia significativa

Medias y 95,0% de Fisher LSD



**Figura 86. Sinopsis de las medias de Hongo en la Mañana por estación.**

Para el caso de hongos en la jornada de la mañana se puede decir que las emisiones en las comunidades estas en ligeramente influenciada por las emisiones del relleno, tomando como base los grupos homogéneos presentados en las estaciones, Presentándose diferencia significativa entre las celda activa, la celda pasiva con las comunidades.

#### 8.1.1.4. Análisis de Varianza para Hongo en la Tarde

**Tabla 27 Análisis de Varianza de las concentraciones en las diversas estaciones**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Efectos Principales</b>					
A:Hongos	48289,7	5	9657,93	0,34	0,8849
B:BLOQUE	10122,8	1	10122,8	0,36	0,5493
RESIDUOS	3,05773E6	109	28052,6		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>3,11614E6</b>	<b>115</b>			

De este análisis se puede concluir que no existe una diferencia significativa entre las estaciones.

**Tabla 28 Prueba de rangos múltiples con Método: 95% LSD, aplicada a la concentración de Staphylococcus en la mañana.**

Hongos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Celda Pasiva	16	117,786	41,8722	X
Celda Activa	20	130,742	37,4517	X
Piscina de Lix	20	147,232	37,4517	X
Bastidas	20	148,999	37,4517	X
Altos Bahia Co	20	169,022	37,4517	X
Fundadores	20	179,034	37,4517	X

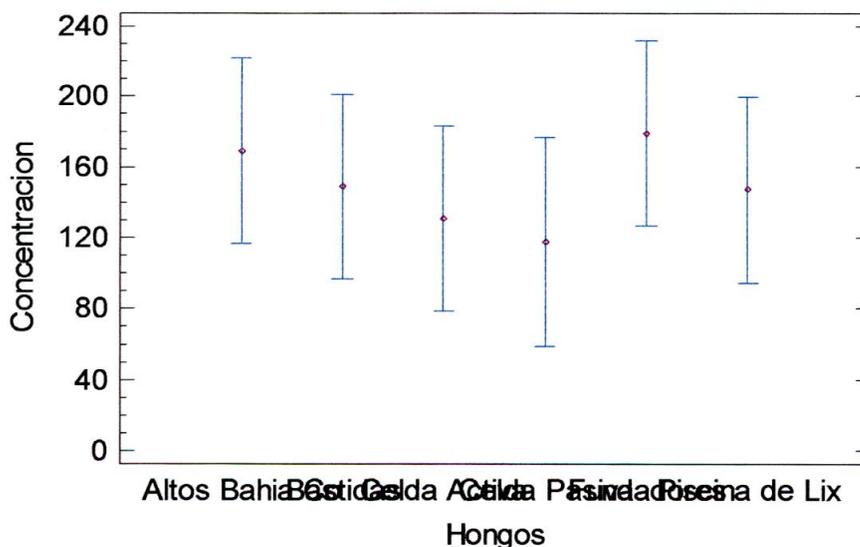


**Tabla 29 Diferencias significativas entre las estaciones**

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Altos Bahia Co - Bastidas	20,0236		104,974
Altos Bahia Co - Celda Activa	38,2803		104,974
Altos Bahia Co - Celda Pasiva	51,2367		111,342
Altos Bahia Co - Fundadores	-10,0118		104,974
Altos Bahia Co - Piscina de Lix	21,7903		104,974
Bastidas - Celda Activa	18,2568		104,974
Bastidas - Celda Pasiva	31,2132		111,342
Bastidas - Fundadores	-30,0353		104,974
Bastidas - Piscina de Lix	1,76678		104,974
Celda Activa - Celda Pasiva	12,9564		111,342
Celda Activa - Fundadores	-48,2921		104,974
Celda Activa - Piscina de Lix	-16,49		104,974
Celda Pasiva - Fundadores	-61,2485		111,342
Celda Pasiva - Piscina de Lix	-29,4464		111,342
Fundadores - Piscina de Lix	31,8021		104,974

\* Indica diferencia significativa

Medias y 95,0% de Fisher LSD



**Figura 87. Sinopsis de las medias de hongos en la tarde por estación.**

Se puede observar que no hay influencia en de las emisiones del relleno debido a que las medias encontrado entre las comunidades, las estaciones dentro del relleno son similares, presentándose un grupo homogéneo.

#### 8.1.1.5. Análisis de Varianza para Bacterias Heterotróficas en la Mañana

**Tabla 30 Análisis de Varianza de las concentraciones en las diversas estaciones**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Efectos Principales</b>					
A: Bacterias Heterotróficas	2,05728E6	5	411456,	1,56	0,1770
B: BLOQUE RESIDUOS	420451,	1	420451,	1,59	0,2096
TOTAL (CORREGIDO)	3,65828E7	135			

De este análisis se puede concluir que existe una diferencia significativa entre las estaciones.

**Tabla 31 Prueba de rangos múltiples con Método: 95% LSD, aplicada a la concentración de Bacterias Heterotróficas en la mañana.**

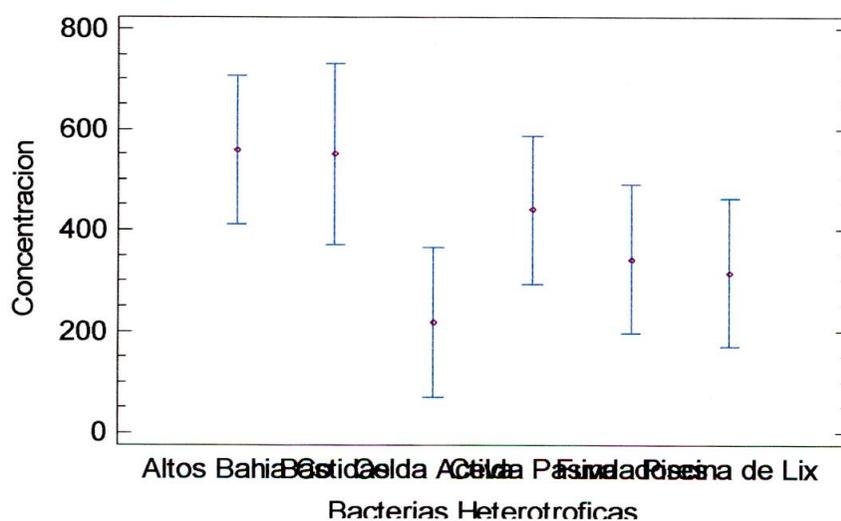
Bacterias Heterotrofica	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos	
Celda Activa	24	217,413	104,956	X	
Piscina de Lix	24	315,077	104,956	X	X
Fundadores	24	342,069	104,956	X	X
Celda Pasiva	24	439,242	104,956	X	X
Bastidas	16	551,384	128,545		X
Altos Bahia Co	24	558,5	104,956		X

**Tabla 32 Diferencias significativas entre las estaciones**

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Altos Bahia Co - Bastidas		7,11622	328,338
Altos Bahia Co - Celda Activa	*	341,088	293,675
Altos Bahia Co - Celda Pasiva		119,258	293,675
Altos Bahia Co - Fundadores		216,431	293,675
Altos Bahia Co - Piscina de Lix		243,424	293,675
Bastidas - Celda Activa	*	333,971	328,338
Bastidas - Celda Pasiva		112,142	328,338
Bastidas - Fundadores		209,315	328,338
Bastidas - Piscina de Lix		236,307	328,338
Celda Activa - Celda Pasiva		-221,83	293,675
Celda Activa - Fundadores		-124,656	293,675
Celda Activa - Piscina de Lix		-97,6639	293,675
Celda Pasiva - Fundadores		97,1731	293,675
Celda Pasiva - Piscina de Lix		124,166	293,675
Fundadores - Piscina de Lix		26,9925	293,675

\* Indica una diferencia Significativa

Medias y 95,0% de Fisher LSD



**Figura 88. sinopsis de las medias de Bacterias Heterotróficas en la Mañana por estación.**

Se puede observar que puede haber influencia en de las emisiones del relleno debido a que las medias encontrado entre las comunidades y las estaciones dentro del relleno poseen dos un grupo homogéneo.

#### 8.1.1.6. Análisis de Varianza para Bacterias Heterotróficas en la Tarde

**Tabla 33 Análisis de Varianza de las concentraciones en las diversas estaciones**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A:Bacterias Heterotroficas	3,57882E6	5	715764,	4,03	0,0021
B:BLOQUE	99200,0	1	99200,0	0,56	0,4564
RESIDUOS	1,93558E7	109	177576,		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	<b>2,30338E7</b>	<b>115</b>			

De este análisis se puede concluir que existe una diferencia significativa entre las estaciones.

**Tabla 34 Prueba de rangos múltiples con Método: 95% LSD, aplicada a la concentración de Bacterias Heterotróficas en la mañana.**

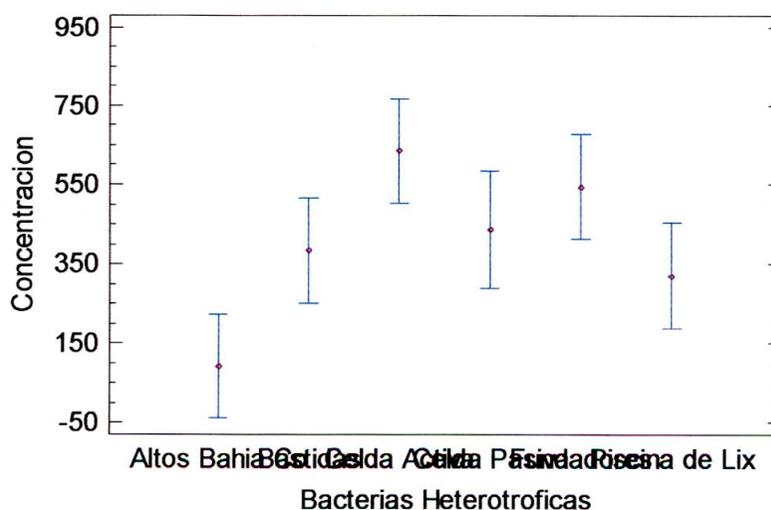
Bacterias Heterotrofica	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos	
Altos Bahia Co	20	91,8728	94,2274	X	
Piscina de Lix	20	319,788	94,2274	X	X
Bastidas	20	383,392	94,2274		X X
Celda Pasiva	16	436,543	105,349		X X
Fundadores	20	544,17	94,2274		X X
Celda Activa	20	635,453	94,2274		X

**Tabla 35 Diferencias significativas entre las estaciones**

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Altos Bahia Co - Bastidas	*	-291,519	264,113
Altos Bahia Co - Celda Activa	*	-543,581	264,113
Altos Bahia Co - Celda Pasiva	*	-344,67	280,134
Altos Bahia Co - Fundadores	*	-452,297	264,113
Altos Bahia Co - Piscina de Lix		-227,915	264,113
Bastidas - Celda Activa		-252,061	264,113
Bastidas - Celda Pasiva		-53,1508	280,134
Bastidas - Fundadores		-160,777	264,113
Bastidas - Piscina de Lix		63,6042	264,113
Celda Activa - Celda Pasiva		198,91	280,134
Celda Activa - Fundadores		91,2839	264,113
Celda Activa - Piscina de Lix	*	315,665	264,113
Celda Pasiva - Fundadores		-107,627	280,134
Celda Pasiva - Piscina de Lix		116,755	280,134
Fundadores - Piscina de Lix		224,382	264,113

\* indica una diferencia Significativa

Medias y 95,0% de Fisher LSD



**Figura 89. Sinopsis de las medias de Bacterias Heterotróficas en la tarde por estación.**

Se puede observar que hay influencia en de las emisiones del relleno debido a existe una diferencia significativa entre la celda activa del relleno con las demás estaciones de monitoreo.

## 9. CONCLUSIONES

### 9.1. Caracterización de los microorganismos presentes

Los microorganismos colectados e identificados en el área de estudio (hongos)<sup>4</sup> son muy similares comparados con otros reportados en investigaciones con objetivo semejante como en el caso de las realizadas por Su et al, 2002; Rodríguez et al, 2005 y Flores et al, 2007. En este estudio se ha encontrado que el género más predominante es el *Aspergillus spp* con un 45.50%; este microorganismo hace parte importante en los procesos de descomposición de residuos domésticos, por ser un hongo termofílico que crece a temperaturas máximas o superiores a 50 °C y a una temperatura mínima de 20 °C (Conney y Emerson, 1964). De las especies de hongos asociadas a las emisiones del Relleno Sanitario Palangana se tiene que el *Aspergillus Terrus* es la especie más predominante en un 41,80%, seguido por el *Aspergillus Niger* con un 35.87%, *Aspergillus Flavus* con 16.28% y en menor porcentaje *Aspergillus Fugimatus* con 6.08%.

Esta última especie de *Aspergillus spp* es uno de los más estudiados debido a que es un hongo oportunista y patógeno, siendo la concentración obtenida con respecto a las demás especies congruente con las emisiones de *A. Fugimatus* en otros rellenos sanitarios (Tolvanen et al., 1998; Sanchez-Monedero y Stentiford, 2003).

También se observa que el *Geotrichum* y el *Penicillium* corresponden a géneros de hongos predominantes en las Partículas Viables Biológicas en el área de estudio, reportándose en 18.60% y 23.25% respectivamente, de las muestras colectadas; de esta manera se corrobora lo demostrado en estudios similares con relación a

---

<sup>4</sup> Sólo se pudo desarrollar la identificación de los géneros de hongos debido a los costos y la complejidad de identificación de bacterias en los ambientes aéreos.

estos géneros de hongos, como organismos típicos de los procesos de tratamiento de residuos sólidos (Kiviranta et al., 1999).

En la mayoría de los casos se observa que las más altas concentraciones para los diecinueve (19) tipos de géneros fúngicos identificados, se encuentran asociados a la gestión de rellenos sanitarios, concluyendo ésta como su fuente principal; los géneros que no presentaron significativa relación con las actividades realizadas en los sistemas de disposición de residuos sólidos son *Acremonium*, *Hormicium*, *Gonatobotrys*, *Curvularia* y *Pullularia*.

Para el caso de las bacterias se observa que la morfología identificada con mayor predominancia corresponde al bacilo, reportado en un 77.58% de las muestras colectadas, siendo el Gram negativo identificado en la gran parte de las muestras; sin embargo, la diferencia obtenida entre los Gram no es significativa, esto se puede atribuir a que las muestras fueron tomadas en diversas jornadas confirmándolo con los estudios realizados por Rosas et al, 2005, quienes afirman que en la noche las Bacterias Gram positivas esporuladas presentan su concentración mínima (aproximadamente 17%) y las Gram negativas su máxima (22%); durante el día se invierte el proceso con 35% y 12%, respectivamente (Tong & Lighthart, 1997). Esto se relaciona con el hecho de que las bacterias Gram positivas son mucho más resistentes que las bacterias Gram negativas, ya que su pared celular es más gruesa (Pott, 1994).

Para el caso de los *Staphylococcus* se reporta en 31,74% del total del material colectado; a pesar de ello, la presencia de este tipo de agente microbiano ha sido poco estudiada en las áreas de influencia de rellenos sanitarios, siendo un agente causante de muchas de las afecciones dermatológicas, así como de muchos de los casos de infecciones respiratorias.

## **9.2. Cuantificación de los aportes de microorganismo emitidos desde el Relleno Sanitaria Palangana.**

En cuanto al aporte de los microorganismos emitidos desde el relleno sanitario hacia las comunidades, se puede concluir que las concentraciones en las comunidades se atribuye en menor medida a las emisiones generadas por el relleno sanitario, tomando como base el hecho de que sólo en la jornada de la tarde se encuentra una relación fundamentada en el análisis estadístico de los datos. Esto se puede reafirmar con el análisis estadístico realizado para establecer la relación existente entre la velocidad del viento y las concentraciones obtenidas.

Esta relación confirma que en las tardes las velocidades son mucho mayores comparadas con las de la jornada de la mañana, y sumándole a esto que el mayor número de partículas colectadas pertenecen a la etapa 6 del equipo impactador de cascada (partículas de tamaño aproximado a  $2\mu\text{m}$ ), se presenta una mayor dispersión de los microorganismos en la jornada de la tarde. Debido a este mismo fenómeno se puede atribuir la baja correlación de los datos meteorológicos (vientos) con las concentraciones obtenidas, ya que la mayor parte de la concentración se puede encontrar de forma suspendida por las fuerzas ejercidas por el viento.

Sin embargo, la distribución espacial de las concentraciones con frecuencia demuestra altas concentraciones que son emitidas desde el relleno hacia las comunidades, más en la comunidad de Bastidas donde se observa un ligero aumento de las concentraciones; este comportamiento se puede atribuir a dos posibles causas, la primera de ellas es que esta comunidad cuenta con un alto tráfico vehicular así como una alta densidad poblacional, y la segunda es que entre las comunidades de Fundadores y Bastidas y el relleno sanitario existe una barrera orográfica (un cerro), que puede inferir en el ascenso de las partículas por acción de la orografía en la dirección de los vientos permitiendo un mayor trayectoria de las partículas hacia esta comunidad.

En cuanto a la distribución de los datos se observa que éstos presentan en su mayoría datos atípicos principalmente en la jornada de la mañana, especialmente para los *Staphylococcus*; esta situación se atribuye a los cambios variables que presentan las velocidades del viento, al tamaño aerodinámico de las partículas y las condiciones orográficas de la zona de estudio, debido a que luego de la observación en el área del relleno sanitario, las estaciones en su mayoría presentan una homogeneidad en los datos obtenidos. Estos datos obtenidos en la estación de control o blanco demostraron que cumplían con los requisitos mínimos para ser establecida como estación de control, debido a que se observa poca dispersión en los datos colectados y por ende presentan baja variabilidad de la población de microorganismos.

### **9.3. Distribución Espacio-temporal de los microorganismo presentes**

La distribución espacio-temporal obtenida para las concentraciones de bacterias heterotróficas son congruentes con las reportadas en la literatura, debido a que se encuentran distribuidas según su Gram en las relaciones estimadas (Tong y Lighthart, 1997).

Para el caso de los hongos se puede decir que el comportamiento temporal de las concentraciones no es más ajustado a lo reportado por la literatura, debido a que las mayores concentraciones se esperaban en la jornada de la tarde, esto se fundamenta en el hecho de que los hongos presentan una mayor dispersión bajo condiciones de temperaturas altas en comparación con las bacterias.

Por último, para el caso de los *Staphylococcus* no es muy clara la variación temporal que estos microorganismos presentan, esto es atribuible al hecho que muchas de las especies de *Staphylococcus* se generan por la actividad humana como es el caso del *Staphylococcus Epidermidis*.

En relación a la distribución espacial de los microorganismos se observa una mayor concentración en el área del relleno y disminuyen hacia las comunidades, sin embargo para el caso de los *Staphylococcus* se observa que no existe una clara identificación sobre el foco de generación de estos microorganismos.

#### **9.4. Establecimiento del comportamiento aerodinámico de las partículas**

En relación al comportamiento aerodinámico de las Partículas Viables Biológicas emitidas desde el Relleno Sanitario Palangana del Distrito de Santa Marta se puede concluir que:

- Las partículas presentan un diámetro predominante inferior a 5  $\mu\text{m}$ , lo que les permite permanecer en el aire por un periodo mayor, bajo condiciones atmosféricas estables, permitiendo ser dispersadas con facilidad por corrientes de viento de baja velocidad.
- La distribución de las partículas en el área de estudio no presenta un patrón uniforme de dispersión espacial, lo que permite concluir que están gobernadas por la dinámica atmosférica local del área.
- Las partículas presentan una mayor dispersión en las horas de la tarde con respecto a la jornada de la mañana, lo que hace inferir que las partículas tienen un comportamiento aerodinámico -en cuanto a la dispersión-, mucho mayor en las horas de la tarde; esto se puede relacionar con el aumento de la velocidad del viento en estas horas del día, además a medida que la temperatura de la atmósfera, así como la humedad y vientos se estabilizan con el aumento de las horas permiten que la estabilidad atmosférica logre un mayor equilibrio dinámico estableciendo un mejor patrón de dispersión de partículas.
- La influencia orográfica del área de estudio parece ser una fuerte variable que influye en el comportamiento aerodinámico de las partículas, por lo que se

consideraría necesario realizar un estudio complementario acerca de la dinámica atmosférica en esta zona, para así poder correlacionar las concentraciones obtenidas con la dispersión que se tiene en esta área; permitiendo establecer en mayor medida, el comportamiento al que se encuentran sujetas las Partículas Viables Biológicas emitidas desde el Relleno Sanitario Palangana.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABDEL HAMEED A.A. Studies on microbial indicators in ambient air in greater Cairo. PhD thesis, Botany Dept., Faculty of Science, Mansoura Univ, Mansoura 1996.

ALFARO-MORENO, E., MARTÍNEZ L., GARCÍA-CUELLAR C., BONNER J., MURRAY C., ROSAS I., PONCE DE LEÓN S. & OSORNIO-VARGAS A. Biologic effects induced in vitro by PM10 from three different zones of Mexico City. En: Environmental Health Perspectives. Vol. 110, No.7 (2002); p. 715-720.

ALLEN, M.R., BRAITHWAITE, A., HILLS, C.C., Trace organic compounds in landfill gas at seven UK waste disposal sites. En: Environmental Science and Technology Vol. 31 (1997); p. 1054–1061.

ALWIS K. U., MANDRYK, J. & HOCKING A. D. Exposure to Biohazards in Wood Dust: Bacteria, Fungi, Endotoxins, and (1-3) - $\beta$ -D-Glucans. En: Applied Occupational and Environmental Hygiene. Volume 14, No. 9 (1999); p. 598–608

AMANN, R., LUDWIG, W., SCHLEIFER, K. H. Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation. En: Microbial Reviews. Vol. 59 (1995); p. 143–169.

ATLAS, R.M. Microbiology, Fundamentals and Applications. Macmillan Publishing Co., New York, London (1984).

ATLAS, R.M., BARTHA, R. Ecología microbiana y microbiología Ambiental. Pearson Education, Cap. 9 (2002); p. 330-337.

BANASZAK, E. F., BARBORIAK J., FINK J., SCANLON G., SCHLUETER D. P., SOSMAN A., THIEDE W. & UNGER G. Epidemiologic studies relating thermophilic

fungi and hypersensitivity lung syndromes. En: Am. Rev. Respir. Dis. Vol. 110 (1974); p. 585-591.

BEFFA T., STAIB F., LOTT FISHER J., LYON P.F., GUMOWSKI P., MARFENINA O.E., DUNOYER-GEINDRE S., GEORGEN F., ROCH-SUSIKI R., GALLAZ L., LATGÉ J.P. En: Mycological Control and Surveillance of Biological Waste and Compost. Medical Mycology. Vol. 36 (suppl.I) (1998); p. 137-145.

BLANCHARD, D.C. SYZDEK, L. Mechanism for the water-to-air transfer and concentration of bacteria. En: Science. Vol. 170 (1970); 626-628.

BOGNER, J., SPOKAS, K., BURTON, E., SWEENEY, R., CORONA, V. Landfills as atmospheric methane sources and sinks. En: Chemosphere. Vol. 31, No. 9 (1995); p. 4119-4130.

BORJA-ABURTO, V., LOOMIS D., BANGDIWALA S., SHY C., & RASCON-PACHECO R. OZONE, suspended particulates and daily mortality in Mexico City. En: American Journal of Epidemiology. Vol. 145, No. 3 (1997); p. 258-268.

BOUTIN, P., J. MOLINE. Health and safety aspects of compost preparation and use, pp. 198-209. En: De Bertoldi, M., M. P. Ferranti, P. L'Hermite y F. Zucchini (eds.), Compost: Production, Quality and Use. Elsevier Applied Science for Commission of the European Communities, The Hague, Netherlands (1987).

BREUM, N.O., NIELSE, B.H., NIELSEN, E.M., MIDTGAARD, U., POULSEN, Y.O.M. Dustiness of compostable waste: a methodological approach to quantify the potential of waste to generate airborne microorganisms and endotoxin. En: Waste Management and Research. Vol. 15, No. 2 (1997); p. 169-187

BURGE, H. A. Bioaerosols Investigation. En: H. A. Burge (ed.). Bioaerosols. Max Eisenberg Series Edition (1994); p.1-24.

BURGE, H.A. & CHRISTINE, A.R. Outdoor allergens. En: Environmental Health Perspectives. Vol. 108, No. 4 (2000); p. 653–659.

BURGUES & ROGER, Outdoor Allergens. En: Environ. Health. Perspect. Vol. 108 (2000); p. 653-659.

BUTTNER, M.P. & STETZENBACH, L.D. Monitoring Airborne Fungal Spores in a Experimental Indoor Environment to Evaluate Sampling Methods and the Effects of Human Activity on Air Sampling. En: Appl. Environ. Microbiol. Vol. 59 (1993); p. 219-226.

CAMPBELL, R. Ecologia Microbiana. Mexico D.F.: Editorial Limusa S.A. de C.V, 2005

CANUP N.D. Andersen Viable (Microbial) Particle Sizing Samplers. Operation Manual (TR#76-900042). Andersen Instrument Inc. Smyrna, GA. 2000.

CHAROUS B.L., HAMILTON R.G., YUNGINGER J.W. Occupational latex exposure: characteristics of contact and systemic reactions in 47 workers. En: J Allergy Clin Immunol. Vol. 94, No. 1 (1994) 12–18.

CLARK C.S., BJORNSON H.S., SCHWARTZ-FULTON J. et al. Biological health risks associated with the composting of wastewater treatment plant sludge. En: Journal WPCF, Vol. 56 (1984); p. 1269-1276.

COLLIN, C.H, KENEDY, V. A. The macro biology cow hazard of municipal and clinical wates. En: Journal of applied microbiology. Vol. 73, No 1 (1992); p. 1-6.

COONEY, D.G., EMERSON, R. Thermophilic Fungi: An Account of their Biology, Activities, and Classification. W.H. Freeman and Co., San Francisco (1964).

COX, C.S. & WATHES, C.M. Bioaerosols Handbook. New York: CRC, Lewis Publishers, 1996. 621 p.

CRAWFORD, J. H. Composting of agricultural wastes. Biotechnology Applications and Research. Technomic Publishing Co. U. S. A. (1985). p. 67-77.

CROWE, J.H., CARPENTER, F., CROWE, C.M., ANCHORDOGUY, T.J. Are freezing and dehydration similar stress factors? A comparison of modes of interaction of stabilizing solutes with biomolecules. En: Cryobiology. Vol. 21 (1990); p. 219–231.

CULLINAN, P., COOK, A., NIEUWENHUIJSEN, M.J. Allergen and dust exposure as determinants of work related symptoms and sensitization in a cohort of flour exposed workers; a case-control analysis. – Annals Occupational Hygiene. Vol. 45 (2001); p. 97-103.

CUTNELL, J. D. JOHNSON, K. W. Physics 3rd ed. New York: John Wiley and Sons, Inc. 1995

DE LA ROSA, M.C., MOSSO M. A. & ULLAN C. El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. En: Observatorio Medioambiental. Vol. 5, (2002); p. 375-402.

DEPORTES, I., BENOIT-GUYOD, J.L., ZMIROU, D. Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review. En: Science of the Total Environment. Vol. 172 (1995); p. 197–222.

DI GIORGIO, C., KREMPFF A., GUIRAUD H., BINDER P., TIRET C. & DUMENIL G. Atmospheric pollution by airborne microorganisms in the city of Marseilles. En: Atmospheric Environment. Vol. 30 (1996); p. 155-160.

DIMMICK, R., WOLOCHOW, H., CHATIGNY, M. Evidences that bacteria can form new cells in airborne particles. En: Applied Environmental Microbiology American Society of Microbiology. Vol. 37 (1979); p. 924-927.

DOUWES J., DUBBELD H., VAN ZWIETEN L. *et al.* Upper airway inflammation assessed by nasal lavage in compost workers: a relation with bio-aerosol exposure. En: Am J Ind Med. Vol. 37, No. 7 (2000); p. 459-468.

DOUWES J., THORNE P., PEARCE N. & HEEDERIK D. Bioaerosol Health Effects and Exposure Assessment: Progress and Prospects. En: Ann. Occup. Hyg. Vol. 47, No. 3 (2003); p. 187-200.

DOUWES, J., WOUTERS, I., DUBBELD, H., VAN ZWIETEN, L., STEERENBERG, P., DOEKES, G, HEEDERIK, D. Upper airway inflammation assessed by nasal lavage in compost workers: A relation with bio-aerosol exposure. En: American Journal of Industrial Medicine. Vol. 37, No. 5 (2002); p. 459-468.

DRIVER C.R., VALWAY S.E., MORGAN W.M., ONORATO I.M., CASTRO K.G. Transmission of Mycobacterium tuberculosis associated with air travel. En: J. Am Med Assoc. Vol. 272, No. 13 (Oct. 1994); p. 1031-1035.

EKLUND, B., ANDERSON, E.P., WALKER, B.L., BURROWS, D.B. Characterization of landfill gas composition at the Fresh Kills municipal solid-waste landfill. En: Environmental Science and Technology Vol. 32 (1998); p. 2233-2237.

Environmental agency. (2001). "Technical guidance on composting operations", Draft for external consultation, October 2001. Reino Unido. <http://www.environment-agency.gov.uk/commondata/acrobat/compostin.pdf>. (fecha de consulta: 16/06/2005)



EPA. 2003. "A standardized EPA protocol for characterizing indoor air quality in large office buildings". February 2003. US Environmental Protection Agency. [http://www.epa.gov/iaq/largebldgs/base/images/2003\\_base\\_protocol.pdf](http://www.epa.gov/iaq/largebldgs/base/images/2003_base_protocol.pdf). (fecha de consulta: 16/06/2005).

FANNIN, K. F., VANA S.C. & JAKUBOWSKI W. Effect of an activated sludge wastewater treatment plant on ambient air densities of aerosols containing bacteria and viruses. En: Applied Environmental Microbiology. Vol. 49, No. 5 (1985); p. 1191-1196.

FISCHER, G., SCHWALBE, R., OSTROWSKI, R., DOTT, W. Airborne fungi and their secondary metabolites in working places in a compost facility. En: Mycoses. Vol. 41 (1998); p. 383–388.

FISCHER, G., MULLER T., SCHWALBE R., OSTROWSKI R. & W. DOTT. Exposure to airborne fungi, MVOC and mycotoxins in biowaste-handling facilities. En: Int. Hyg. Environ.Health. Vol. 203 (2000); p. 97-104.

FLORES, F.J., PARDAVÉ, L.M., VALENZUELA, C.C. Estudio aerobiológico de la zona aledana al relleno sanitario "San Nicolas", Municipios aguas caliente. En: Investigación y Ciencia. Vol. 15, No 37 (2007); p. 13-18.

GALVAO, Luis. Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la Salud de América Latina y el Caribe. Catalogación en la fuente Washington, D.C: Organización Panamericana de la Salud, OPS, 2005. p. 5.

GARCIA, Francisco. Determinación del Material Viable emitido desde el Relleno Sanitario Curva de Rodas de la ciudad de Medellín. En: Revista Ingeniería para el Nuevo Milenio. Vol. 1, No. 1 (2002). p. 57-65

GHIO, A. J. & ROGGLI V. L. Mycotoxins and interstitial lung disease. En: Chest. Vol. 108 (1995); p.1185–1186.

GIBNEY, M. J. Predicting Package Defects: Quantification of Critical Leak Size. 2000, 70 p. Thesis (Master of Science in Food Science and Technology). Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University.

GILBERT, E.J., WARD, C.W.. “Standardised protocol for the sampling and enumeration of airborne microorganisms at composting facilities”. Ed: The Composting Association, Coventry, UK. (1999)

GNANASEKHARAN, V., FLOROS, J.D. A theoretical perspective on the minimum leak size for package integrity evaluation. En: B. A. Blakistone, and C. L. Harper (Ed.). Plastic package integrity testing - assuring seal quality. IOPP. Herndon, VA. 1995.

GRAHAM, B., GUYON, P., MAENHAUT, W., TAYLOR, P.E., EBERT, M., MATTHIAS-MASER, S., MAYOL-BRACERO, O.L., GODOI, R.H.M., ARTAXO, P., MEIXNER, F.X., LIMA MOURA, M.A., D’ALMEIDA ROCHA, C.H.E., VAN GRIEKEN, R., GLOVSKY, M.M., FLAGAN, R.C., ANDREAE, M.O. Composition and diurnal variability of the natural Amazonian aerosol, J. Geophys. Res. Vol. 108 No. D24 (2003); p. 10 4765.

GRAVESEN, S. Fungi as a cause of allergic disease. En: Allergy. Vol. 34 (1979); p. 135-154.

GREGORY, P. H., Microbiology of the Atmosphere. 2nd ed. Leonard Hall. Wiley, New York (1973); p. 377.

GRIFFIN, D., GARRISON V., HERMAN J. & SHINN E. African desert dust in the Caribbean atmosphere: Microbiology and public health. En: *Aerobiologia*. Vol. 17 (2001); p. 203-207.

GRUBER, S., JAENICKE, R. Biological particles in a north Greenland ice core, *J. Aerosol. Sci.* Vol. 30 (1999); 813–814.

HAM, R.K. Overview and implications of United States sanitary-landfill practice. En: *Journal of Air and Waste Management Association*. Vol. 43 (1993); p. 187–190.

HARRISON, M. D.. Aerosol dissemination of bacterial plant pathogens. En: *Ann. N.Y. Acad. Sci.* Vol. 353 (1980); p. 94-104

HEINKE G. W. 1999. *Microbiología y epidemiología*. En: *Ingeniería Ambiental*, 2nd Edition (ed: Henry J. G. y Heinke G. W.). Pearson Education. Mexico. 1999; p. 275-277

HINDS W. C. *Aerosol technology: properties, behavior, and measurement of airborne particles*. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, Inc. 1999.

HUANG C.Y., LEE C.C., LI F.C., MA Y.P., SU H.J. The Seasonal Distribution of Bioaerosols in Municipal Landfill Sites: a 3-yr Study. En: *Atmospheric Environment*. Vol. 36, No. 27 (2002); p. 4385-4395.

HUGHES, K. A. Aerial dispersal and survival of sewage derived faecal coliforms in Antarctica. En: *Atmospheric Environment*. Vol. 37, No. 22 (2003); p. 3147-3155.

INSTITUTE OF MEDICINE (IOM). *Damp Indoor Spaces and Health*. Washington DC, National Academy of Science (2004)

ISRAELI, E., SCHAFFER, B.T., LIGHTHART, B., Protection of freeze-dried *Escherichia coli* by trehalose upon exposure to environmental conditions. En: *Cryobiology*. Vol. 30 (1993).

JENNINGS, S.G., WHITE, C.C., KENNY, C.M. A study of marine and continental aerosol in the west of Ireland, *J. Aerosol. Sci.* Vol. 30 (1999); p. 809

JENSEN, P.A. 1998. Sampling and characterization of bioaerosols. En: "NIOSH Manual of Analytical Methods". National Institute for Occupational Safety and Health. US Department of Health and Human Services. (1998); p. 82. <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/chapter-j.pdf>. (Fecha de consulta: 16/06/2005)

JONES A. M., HARRISON R. M. The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations – a review. En: *Science of the Total Environment*. Vol. 326 (2003); p. 151 – 180.

KELLER, S. Determination of the leak size critical to package sterility maintenance. Ph.D. Dissertation, Blacksburg, VA.: Virginia Polytechnic Institute and State University. (1998).

KIRKHORN, S. R. GARRY V. F. "Agricultural lung diseases". En: *Environmental Health Perspectives*. Vol. 108, No 4 (2000); p. 705-712

KIVIRANTA, H., TUOMAINEN, A., LIESIVUORI, J. Exposure to airborne microorganisms and volatile organic compounds in different types of waste handling. En: *Ann. Agric Environ. Med.* Vol. 6 (1999); p. 39-44.

KOCH, A.L. 1996. What size should a bacterium be? A question of scale. En: *Annual Review of Microbiology*. Vol. 50 (1996); p. 317–348.

KRISTENSEN P., ANDERSEN A., IRGENS L.M. Hormonedependent cancer and adverse reproductive outcomes in farmers' families—effects of climatic conditions favoring fungal growth in grain. En: Scand J Work Environ Health. Vol. 26, No. 4 (2000); p.331–337.

KYOUNG, S.R., HYUNG, M.C., FU, J.T. Solid wastes research. En: Journal of Environmental Science and Health. Vol. 2 (1997); p. 367–390.

LACEY, J. & CROOK B. Fungal and actinomycete spores as pollutants of the workplace and occupational allergens. En: Am. Occup. Hyg. Vol. 32 (1988); p. 515-533.

LAINE, M. M., JORGENSEN K. S., KIVIRANTA H. S., VARTIAINEN T. S., JOKELA J. K., ADIBI A. K. & SALKINOJA-SOLONEN M. K. Bioaerosols and particles release during composting of contaminated sawmill soil. En: Bioremediation Journal. Vol. 3, No. 1 (1999); p. 47-58.

LEWIS D.L., GATTIE D.K., NOVAK M.E., SANCHEZ S., PUMPHREY C. Interactions of Pathogens and Irritant Chemical in Land-Applied Sewage Sludges (Biosolids). En: BMC Public Health. Vol. 1, No. 2 (2002); p. 11-18.

LINDEMANN, J. Upper, C.D. Aerial dispersal of epiphytic bacteria over bean plants. En: Applied Environmental Microbiology. Vol. 50(1985); p. 1229-1232.

LIGHTHAR, B. MOHR, A.J. Estimating the Downwind Concentrations of Viable Airborne Microorganisms in Dynamic Atmospheric Conditions. En: Appl. Environ. Vol. 53 (1987); p. 1580–1583.

LIGHTHART B. & SHAFFER B. T. Airborne Bacteria in the Atmospheric Surface Layer: Temporal Distribution above a Grass Seed Field. En: Applied and Environmental Microbiology. Vol. 61, No. 4 (Apr. 1995); p. 1492–1496.

LIGHTHART, B. SCHAFFER, B.T. Bacterial flux from chapparal into the atmosphere in mid-summer at a high desert location. En: Atmos. Environ. Vol. 28. (1994).

LIGHTHART, B., SHAFFER, B.T., MARTHI, B., GANIO, L. Trajectory of Aerosol Droplets from a Sprayed Bacterial Suspension. En: Appl. Environ. Microbiol. Vol. 57 (1991); p. 1006–1012.

LIS DO ET AL. Microbial air quality in offices at municipal landfills. En: J of Occupational and Environmental Hygiene. Vol. 1 (2004); p. 62-68

LIU D. Atmospheric Chemistry En: "Air Pollution". (ed: Liu D. H. F. y Lipták B. G.). CRC press LLC. Lewis Publishers. USA, (2000); p. 30-35.

LUNDHOLM, I. M. Comparison of methods for quantitative determinations of airborne bacteria and evaluation of total viable counts. En: Applied Environmental Microbiology. Vol. 44, No. 1 (July, 1982); p. 179-183.

MA, T.H., XU, C., LIAO, S., MCCONNELL, H., JEONG, B.S., WON, C.D. In situ monitoring with the Tradescantia bioassays on the genotoxicity of gaseous emissions from a closed landfill site and an incinerator. En: Mutation Research. Vol. 359 (1996); 39–52.

MADELIN, T.M. Fungal aerosols—a review. En: Journal of Aerosol Science. Vol. 25 (1994), p. 1405–1412.

MADRIOLI P., COMTOIS P., LEVIZZANI V. Methods in aerobiology Pitagova Edit 5 rice, Bologna, Italy, 1998; p. 262.

MAIER, R.M., PEPPER, I.L., GERBA, C.P. Environmental Microbiology. Academic Press, San Diego, CA. 2000.

MALMROS P., SIGSGAARD T. & BACH B. Occupational health problems due to garbage sorting. Waste Management & Research. Vol. 10 (1992); p. 227-234. En: BREUM N.O., NIELSEN B.H., MULLER NIELSEN E., POULSEN O.M. Bio-Aerosols Exposure During Collection of Mixed Domestic Waste. An Intervention Study on Compactor Truck Desing. Waste Management and Research. Vol. 14 (1996); p. 527-536.

MARTINEZ, F.D., HOLT, P.G. Role of microbial burden in aetiology of allergy and asthma. En: Lancet Vol. 354 (1999); p. 12–5.

MATTHIAS-MASER, S., OBOLKIN, V., KHODZER, T., JAENICKE, R. Seasonal variation of primary biological aerosol particles in the remote continental region of Lake Baikal/Siberia. En: Atmos Environ. Vol. 34 (2000); p. 3805 –3811.

MATTHIAS-MASER, S. PETERS, K., JAENICKE, R. Seasonal variation of primary biological aerosol particles, En: J. Aerosol Sci. Vol. 26 (1995); p. 545–546.

MILLNER, P.D., OLENCHOCK, S.A., EPSTEIN, E., RYLANDER, R., HAINES, J., WALKER, J., OOI, B.L., HORNE, E., MARITATO, M. Bioaerosols associated with composting facilities. En: Compost Science & Utilization. Vol. 2, No. 4 (1994); p.6-57.

MOHR A.J. Fate and transport of microorganisms in air. En: Manual of Environmental Microbiology, 2nd Edition (Ed: Hurst C. J.). ASM Press, Washington, 2002; p. 827-838.

MORRIS, C.E., SANDS, D. C., BARDIN, M., JAENICKE, R., VOGEL, B., LEYRONAS, C., ARIYA, P.A., PSENNER, R. Microbiology and atmospheric

processes: an upcoming era of research on bio-meteorology. Biogeosciences Discuss. Vol. 5 (2008); p. 191-212. <http://www.biogeosciences-discuss.net/5/191/2008/bgd-5-191-2008-print.pdf> (Fecha de consulta: 06/05/08)

NAVA, A. HILDA, G. LIBERTAD, L. SÁNCHEZ-YÁNEZ, J. Microorganismos en la atmósfera de la ciudad de Monterrey, N.L. México. <http://www.monografias.com/trabajos32/microorganismos-aire-monterrey/microorganismos-aire-monterrey.shtml> (2006). Consultado el 29 de junio de 2007

NAVE, C. R. "Mean free path and refinement of mean free path," (Hyperphysics, Department of Physics and Astronomy at Georgia State University), <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Kinetic/menfre.html> (2000). Consultado el 27 de junio del 2007

NIOSH.. "Bioaerosol sampling". Method 0800, NIOSH Manual of Analytical Methods. En: National Institute for Occupational Safety and Health. US Department of Health and Human Services. 1998. <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/0800.pdf>. (fecha de consulta: 16/06/2005)

OLVER, Jr. W.M. The Aspergillus Fumigatus Problem. Compost Science & Utilization. Vol. 2, No. 3 (1994); p. 27-31.

OPPLIGER, A., HILFIKER, S., VU DUC, T. Influence of Seasons and Sampling Strategy on Assesment of Bioaerosols in Sewage Treatment Plants in Switzerland. En: Ann Occup. Hyg. Vol. 49, No. 5 (2005); p. 393-400.

O'HARA & RUBIN. reducing Bioaerosol Dispersion from Wastewater Treatment and Its Land Application: A review and Analysis. En: Journal Environmental Health. Vol. 68, No. 2 (Sep, 2005); p.24-29.

PADILLA LUCIANO Y. Presencia De Hongos Miceliales Termotolerantes Y Termofílicos En El Vertedero De Lajas, Puerto Rico, Prestando Especial Interés a *Aspergillus fumigatus*. Tesis Universidad de Puerto Rico recinto universitario de Mayagüez., Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de MAESTRO EN CIENCIAS (2004).

PECCIA J. & HERNANDEZ M. Incorporating polymerase chain reaction-based identification, population characterization, and quantification of microorganisms into aerosol science: A review. En: Atmospheric Environment. Vol. 40 (2006); p. 3941–3961

PEDGLEY, D. E. Aerobiology: The Atmosphere as a Source and Sink for Microbes. En: Microbial Ecology of Leaves; Springer-Verlag: New York. 1991.

PERKINS H. C. Air Pollution. McGraw-Hill. Nueva York. 1974

PIATKIN K.D. , KRIVOSHEIN YU.S. Microbiología (con virología e inmunología). 2ª. Edición. Editorial Mir. Moscú (1981).

PILLAI SURESH D. Bioaerosols from land-applied biosolids: Issues and need. Water Environment Research. En: ProQuest agriculture Journals. Vol. 79 (2007); p. 270-278.

POTTS, M. Desiccation tolerance of prokaryotes. En: Microbiol Mol Biol Rev. Vol. 58, No. 4 (1994); p. 755-805

POULSEN O.M., BREUM N.O., EBBEHOJ N. *et al.* Sorting and recycling of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes. En: Sci Total Environ. Vol. 168, No. 1 (May, 1995); p. 33–56.

POULSEN O.M., BREUM N.O., EBBEHOJ N., HANSEN A.M., IVENS U.I., VAN LELIEVELD D., MALMROS P., MATTHIASSEN L., NIELSEN B.H., NIELSEN E.M., SCHIBYE B., SKOV T., STENBAEK, E.I., WILKINS C.K. Collection of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes. En: The Science of the Total Environment. Vol. 170, No. 1 (1995); p. 1-19.

QIAN, Hong. Single-Particle Tracking: Brownian Dynamics of Viscoelastic Materials. En: Biophys Journal. Vol. 79 No. 1 (2000); p. 137-143.

RAHKONEN, P., ETTALA M., & LOIKKANEN I. Working conditions and hygiene at sanitary landfills in Finland. En: Annals of Occupational Hygiene. Vol. 31, No. 4A (1987); p. 505-513.

RAHKONEN, P., ETTALA, M., LAUKKANEN, M., SALKINOJA-SALONEN, M., 1990. Airborne microbes and endotoxins in the work environment of two sanitary landfills in Finland. En: Aerosol Science and Technology. Vol. 13 (1990); p. 505-513.

RANDALL, C. W., & J.O. LEDBETTER. Bacterial air pollution from activated sludge units. En: American Industrial Hygiene Association Journal Vol. 27, No. 6, (Nov.-Dec., 1966); p. 506-519.

REINTHALER, F.F., HAAS, D., FEIERL, G., SCHLACHER, R., PICHLER-SEMMELOCK, F.P., KOCK, M., WUST, G., FEENSTRA, O., MARTH, E., Comparative investigations of airborne culturable microorganisms in selected waste treatment facilities and in neighbouring residential areas. En: Zentralblatt fur Hygiene und Umweltmedizin. 202 (1999); p. 1-17.

RENGASAMY A., ZHUANG Z. & BERRYANN R. Respiratory protection against bioaerosols: Literature review and research needs. En: Am J Infect Control. Vol. 32, No. 6 (2004); p. 345-354.



REPONEN T. A., GRINSHPUN S. A., CONWELL K. L., WIEST J., ANDERSON M. Aerodynamic versus physical size of spores: measurement and implication on respiratory deposition. En: Grana. Vol. 40 (2001); p. 119–125.

RODRÍGUEZ, G.S., SAURI R. M., PENICHE, A. I., PACHECO, A. J., RAMÍREZ, H. J. Aerotransportables Viables en el Área de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales de Mérida, Yucatán. En: Ingeniería Revista Académica. Vol. 9, No. 3 (2005); p. 19-29.

ROSAS I., SALINAS E., MARTINEZ L., ESLAVA C., & CRAVIOTO A. Microbiología Ambiental. Primera edición. México: Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), 2004. 133 p.

ROSAS, I., CALDERÓN C., SALINAS E., & LACEY J. Airborne microorganisms in a domestic waste transfer station. En: MUILENBERG, M. y BURGE H. (eds.) Aerobiology: Proceedings of the Pan-American Aerobiology Association. CRC, Lewis Publishers, 1996. p. 89-98.

SAMET, J. M., S. ZEGER, F. DIMICI, F. CURRIERO, I. COURSAC, D. W. DOCKERY, J. SCHWARTZ & A. ZANOBETTI. The national morbidity, mortality and air pollution study part II: Morbidity, mortality and air pollution in the United States. En: HEI Research Report Number 94, Part II. (2000).

SÁNCHEZ-MONEDERON, M. A. & STENTIFORD, E.I. Production and release of airborne micro-organisms at different keypoints in the waste management chain. En: "Proceedings of the 4th international conference of ORBIT Association on Biological Processing of Organics: Advances for a Sustainable Society". Eds. P. Pullammanappalli, A. McComb, L.F. Díaz and W. Bidlingmaier. (2003); p. 612-621.

SÁNCHEZ-MONEDERO, M.A., ROIG, A., CAYUELA, M.L. & STENTIFORD, E. I. Emisión de bioaerosoles asociada a la gestión de residuos sólidos. En: Revista Ingeniería. Vol. 10, No. 1 (Ene. 2006); p. 39-47

IRACEMA, H., SCHOENLEIN-CRUSIUS, SANDRA, F.B., TRUFEM, ROSELY, A.P., GRANDI, ADAUTO, I., MILANEZ, CARMEN, L.A., PIRES-ZOTTARELLI. Airborne Fungi In The Region Of Cubatão, São Paulo State, Brazil. En: Seção de Micologia e Liquenologia, Instituto de Botânica, São Paulo, SP, Brasil, (2001).

SCHWARTZ J., SLATER D., LARSON T. V., PIERSON W. E. & KOENING J. Q. Particulate air pollution and hospital emergency room visits for asthma in Seattle. En: American Review Respiratory Disease. Vol. 147 (1993); p. 826-831.

SERGEY A.G. & REPONEN T. sampling of Biological Particles from Ambient Environment: Physical Principles, Efficiency, and Exposure Assesment. En: International Aerobiology Newsletter. Vol. 59 (Jun. 2004); p. 1-2.

SHAFFER, B., LIGHTHART, B. Survey of Airborne bacteria at four diverse locations in Oregon: Urban, rural forest and coastal. En: Springer-Verlag, New York, EE.UU. Microbial Ecology. Vol. 34 (1997); p. 167-177

SHELTON, B.G., KIRKLAND, K.H., FLANDERS, W. D., MORRIS, G.K. Profiles of airborne fungi in buildings and outdoor environments in the United States. En: Applied and Environmental Microbiology. Vol. 68 (2002); p. 1743-1753

SIGSGAARD T., BACH B., & MALMROS, P. Respiratory impairment among workers in a garbage-handling plant. En: American Journal of Industrial Medicine. Vol. 17, No. 1 (1990); p. 92-93.

SIGSGAARD T., MALMROS P., NERSTING L., PETERSEN C. Respiratory disorders and atopy in Danish refuse workers. En: Am J Respir Crit Care Med. Vol. 149, No. 6 (1994); p. 1407–1412.

STANLEY, R.G., LINSKINS, H.F., Pollen: biology, chemistry and Management. Berlin. En: Springer-Verlag. 1974.

STEPALSKA, D., WOLEK, J. Variation in fungal spore concentrations of selected taxa associated to weather conditions in Cracow, Poland in 199. En: Aerobiologia. Vol. 21 (2005); p. 43-52.

STETZENBACH, L.D. Introduction to aerobiology. En: HURST C.J. Manual of Environmental Microbiology, 2nd Edition. Washington: ASM Press, 2002. P. 801-813.

SWAN, J.R.M., KELSEY, A., CROOK, B., GILBERT, E.J. Occupational and environmental exposure to bioaerosols from composts and potential health effects – A critical review of published data. En: Research Report 130, HSE Books, Health and Safety Executive, Suffolk, UK. (2003). [consultado 16/06/2005]. Disponible en <<http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr130.pdf> >

TAYLOR, E.J. 1988. editor. Dorland's medical dictionary. Philadelphia: W.B. Saunders Co.

THE PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY. Bioaerosols and bioaerosol dynamics. The Pennsylvania State University. [http://www.engr.psu.edu/AE/iec/abe/topic/bioaerosol\\_dynamics.asp](http://www.engr.psu.edu/AE/iec/abe/topic/bioaerosol_dynamics.asp) (Año de la Publicación Desconocido) The Pennsylvania State University. consultado 26 de Junio de 2007.

TONG, Y. LIGHTHART, B. The Annual Bacterial Particle Concentration and Size Distribution in the Ambient Atmosphere in a Rural Area of the Willamette Valley, Oregon. En: Aerosol Science and technology. Vol. 32, No. 5 (2000); p. 393 – 403.

TONG, Y. & LIGHTHART, B. A study of the relationship between pigmented outdoor atmospheric bacteria and solar radiation. En: Photochem Photobiology Vol. 65 (1997); p. 103-106.

THOMPSON. 1981. WAR editor. Black's medical dictionary, 33 ed. Adam and Charles Black.

THORN J., & RYLANDER R. Airways inflammation and glucan exposure among household waste collectors. En: Am J Ind Med. Vol. 33, No. 5 (May, 1998); p. 463–470.

TOIVOLA M., ALM S., REPONEN T., KOLARI S. & NEVALAINEN A. Personal exposures and microenvironmental concentrations of particles and bioaerosols. En: J. Environ. Monit. Vol. 4 (2002); p. 166–174.

TOLVANEN, O. K., HANNINEN, K.I., VEIJANEN, A., VILLBERG, K. Occupational hygiene in biowaste composting. En: Waste Management and Research. Vol. 16 No. 6 (1998); P. 525-540.

TURJANMAA K. Incidence of immediate allergy to latex gloves in hospital personnel. En: Contact Dermatitis. Vol. 17, No. 5(Nov. 1987); p. 270–275.

VAN DEN ENDE J., LYNEN L., ELSEN P. et al. A cluster of airport malaria in Belgium in 1995. En: Acta Clin Belg. Vol. 53, No. 4 (Aug. 1998); p. 259–63.

VAN TONGEREN M., VAN AMELSFOORT L. & HEEDERIK D. Exposure to organic dusts, endotoxins, and microorganisms in the municipal waste industry. En: Int J Occup Environ Health. Vol. 3, No. 1 (Ene. 1997); p. 30-36.

VERHOEFF, A.P., BURGER, H.A. Health risk assessment of fungi in home environment. En: Ann. Allergy. Asthma. Immunol. Vol. 78, No 6 (1997); p. 544-54 – 555-6

WOUTERS I.M., HILHORST S.K.M., KLEPPE P. *et al.* Upper airway inflammation and respiratory symptoms in domestic waste collectors. En: Occup Environ Med. Vol. 59 (2002); p. 106–112.

## 11. ANEXOS

### **Anexo 1. Formato de recuento y caracterización de Heterotróficos Mesofilos y Staphylococcus**



## **Anexo 2. Formato de recuento y caracterización de Hongos**



**Anexo 3. Unidades Formadora de Colonias obtenidas en las diferentes estaciones de muestreo.**

**Tabla 36 Unidades formadoras de colonias en la Celda Activa CA**

MEDIO	ESTACION	ETAPA	MUESTRA	JORNADA	UFC					
					M1	M2	M3	M4	M5	M6
BP	CA	1	O	M	279	327	0	4	11	0
BP	CA	6	O	M	225	191	0	1	283	30
BP	CA	1	R	M	300	38	0	0	0	2
BP	CA	6	R	M	162	59	0	0	3	30
BP	CA	1	O	T	300	24	0	1	0	0
BP	CA	6	O	T	300	10	0	1	0	0
BP	CA	1	R	T	300	82	0	16	17	0
BP	CA	6	R	T	300	59	0	14	8	0
SD	CA	1	O	M	4	3	3	22	4	3
SD	CA	6	O	M	25	1	20	7	31	43
SD	CA	1	R	M	5	5	1	2	2	4
SD	CA	6	R	M	15	8	21	16	24	14
SD	CA	1	O	T	3	6	6	1	25	0
SD	CA	6	O	T	22	4	19	26	6	0
SD	CA	1	R	T	1	0	2	5	32	0
SD	CA	6	R	T	13	0	15	33	3	0
SPC	CA	1	O	M	45	60	1	11	1	3
SPC	CA	6	O	M	7	5	6	2	1	4
SPC	CA	1	R	M	65	36	16	19	0	1
SPC	CA	6	R	M	110	6	18	25	1	0
SPC	CA	1	O	T	29	185	0	62	5	0
SPC	CA	6	O	T	107	104	2	54	8	0
SPC	CA	1	R	T	9	190	7	35	5	0
SPC	CA	6	R	T	75	123	1	43	35	0

Calculo estimativo.

**Tabla 37 Unidades formadoras de colonias en la Celda Pasiva CP**

MEDIO	ESTACION	ETAPA	MUESTRA	JORNADA	UFC					
					M1	M2	M3	M4	M5	M6
BP	CP	1	O	M	266	16	0	0	0	0
BP	CP	6	O	M	292	4	0	4	0	0
BP	CP	1	R	M	227	49	0	0	0	0
BP	CP	6	R	M	208	9	0	0	0	0
BP	CP	1	O	T	300	0	0	4	0	0
BP	CP	6	O	T	300	0	0	4	0	0
BP	CP	1	R	T	300	15	0	3	0	0
BP	CP	6	R	T	300	6	0	8	0	0
SD	CP	1	O	M	3	3	4	4	0	0
SD	CP	6	O	M	41	10	20	21	0	0
SD	CP	1	R	M	3	7	2	3	0	0
SD	CP	6	R	M	41	15	22	11	0	0
SD	CP	1	O	T	28	4	2	2	0	0
SD	CP	6	O	T	22	3	9	10	0	0
SD	CP	1	R	T	2	9	9	0	0	0
SD	CP	6	R	T	23	15	8	14	0	0
SPC	CP	1	O	M	11	8	2	1	0	0
SPC	CP	6	O	M	44	105	2	120	0	0
SPC	CP	1	R	M	20	14	3	2	0	0
SPC	CP	6	R	M	48	51	1	5	0	0
SPC	CP	1	O	T	24	15	35	86	0	0
SPC	CP	6	O	T	35	42	16	71	0	0
SPC	CP	1	R	T	101	7	9	4	0	0
SPC	CP	6	R	T	99	6	34	9	0	0

Calculo estimativo.

**Tabla 38 Unidades formadoras de colonias en la Piscina de Lixiviado PL**

MEDIO	ESTACION	ETAPA	MUESTRA	JORNADA	UFC					
					M1	M2	M3	M4	M5	M6
BP	PL	1	O	M	292	7	0	2	1	2
BP	PL	6	O	M	195	1	0	1	0	4
BP	PL	1	R	M	300	3	0	3	2	6
BP	PL	6	R	M	300	20	0	0	0	50
BP	PL	1	O	T	0	3	0	3	5	0
BP	PL	6	O	T	0	62	0	0	16	0
BP	PL	1	R	T	0	0	0	1	7	0
BP	PL	6	R	T	0	0	0	17	19	0
SD	PL	1	O	M	3	1	1	10	13	4
SD	PL	6	O	M	22	8	19	13	17	58
SD	PL	1	R	M	5	1	2	9	8	31
SD	PL	6	R	M	30	8	49	26	16	21
SD	PL	1	O	T	4	0	2	16	13	0
SD	PL	6	O	T	22	14	11	3	58	0
SD	PL	1	R	T	4	0	4	9	12	0
SD	PL	6	R	T	13	4	9	16	36	0
SPC	PL	1	O	M	31	20	1	12	25	3
SPC	PL	6	O	M	54	228	19	27	106	1
SPC	PL	1	R	M	8	8	0	0	205	8
SPC	PL	6	R	M	76	33	8	8	58	2
SPC	PL	1	O	T	15	6	4	36	26	0
SPC	PL	6	O	T	75	22	9	126	56	0
SPC	PL	1	R	T	9	10	1	22	18	0
SPC	PL	6	R	T	42	18	8	33	7	0

Calculo estimativo

**Tabla 39 Unidades formadoras de colonias en Altos de Bahía Concha AB**

MEDIO	ESTACION	ETAPA	MUESTRA	JORNADA	UFC					
					M1	M2	M3	M4	M5	M6
BP	AB	1	O	M	0	0	0	166	5	4
BP	AB	6	O	M	300	5	0	168	2	28
BP	AB	1	R	M	188	2	0	0	0	2
BP	AB	6	R	M	300	101	0	0	3	16
BP	AB	1	O	T	0	0	0	0	1	0
BP	AB	6	O	T	1	0	0	0	0	0
BP	AB	1	R	T	0	2	0	0	0	0
BP	AB	6	R	T	0	0	0	0	0	0
SD	AB	1	O	M	6	12	11	14	13	13
SD	AB	6	O	M	19	4	44	33	37	45
SD	AB	1	R	M	4	2	24	13	16	16
SD	AB	6	R	M	30	17	44	12	30	0
SD	AB	1	O	T	1	1	3	3	8	0
SD	AB	6	O	T	16	13	8	21	65	0
SD	AB	1	R	T	4	12	5	3	3	0
SD	AB	6	R	T	19	1	30	11	60	0
SPC	AB	1	O	M	6	10	0	71	2	8
SPC	AB	6	O	M	69	1	1	93	25	93
SPC	AB	1	R	M	2	16	2	120	3	148
SPC	AB	6	R	M	47	8	4	32	9	29
SPC	AB	1	O	T	18	2	2	0	2	0
SPC	AB	6	O	T	21	8	1	0	3	0
SPC	AB	1	R	T	22	10	0	1	23	0
SPC	AB	6	R	T	13	10	3	0	17	0

Calculo estimativo

**Tabla 40 Unidades formadoras de colonias en Fundadores F**

MEDIO	ESTACION	ETAPA	MUESTRA	JORNADA	UFC					
					M1	M2	M3	M4	M5	M6
BP	F	1	O	M	234	8	0	4	25	5
BP	F	6	O	M	260	5	0	19	21	28
BP	F	1	R	M	143	3	0	53	9	5
BP	F	6	R	M	247	14	0	21	11	32
BP	F	1	O	T	0	0	0	5	1	0
BP	F	6	O	T	0	35	0	10	0	0
BP	F	1	R	T	1	5	0	9	0	0
BP	F	6	R	T	0	2	0	5	0	0
SD	F	1	O	M	6	5	8	0	6	13
SD	F	6	O	M	12	13	12	13	48	38
SD	F	1	R	M	7	6	10	12	8	5
SD	F	6	R	M	15	16	10	6	37	28
SD	F	1	O	T	1	3	3	13	9	0
SD	F	6	O	T	21	14	11	33	59	0
SD	F	1	R	T	3	1	4	5	10	0
SD	F	6	R	T	2	14	15	18	65	0
SPC	F	1	O	M	32	49	27	0	91	23
SPC	F	6	O	M	107	141	5	144	57	2
SPC	F	1	R	M	50	39	0	56	33	12
SPC	F	6	R	M	79	1	7	0	8	11
SPC	F	1	O	T	66	32	80	1	19	0
SPC	F	6	O	T	42	16	99	25	63	0
SPC	F	1	R	T	56	32	63	1	13	0
SPC	F	6	R	T	87	65	158	1	5	0

**Tabla 41 Unidades formadoras de colonias en Bastidas EB**

MEDIO	ESTACION	ETAPA	MUESTRA	JORNADA	UFC					
					M1	M2	M3	M4	M5	M6
BP	EB	1	O	M	234	179	1	6	17	3
BP	EB	6	O	M	201	4	0	42	63	27
BP	EB	1	R	M	162	2	0	190	3	1
BP	EB	6	R	M	221	2	0	173	9	26
BP	EB	1	O	T	2	87	0	0	2	0
BP	EB	6	O	T	4	101	0	1	4	0
BP	EB	1	R	T	0	67	0	6	5	0
BP	EB	6	R	T	0	91	0	0	10	0
SD	EB	1	O	M	41	12	12	21	22	12
SD	EB	6	O	M	9	25	18	24	40	30
SD	EB	1	R	M	14	3	23	24	28	1
SD	EB	6	R	M	26	7	38	17	40	34
SD	EB	1	O	T	4	22	2	7	1	0
SD	EB	6	O	T	26	2	24	8	41	0
SD	EB	1	R	T	1	4	3	4	28	0
SD	EB	6	R	T	21	11	21	23	0	0
SPC	EB	1	O	M	1	3	1	124	84	110
SPC	EB	6	O	M	112	18	0	2	36	89
SPC	EB	1	R	M	9	13	0	95	116	8
SPC	EB	6	R	M	56	9	29	30	19	6
SPC	EB	1	O	T	27	13	8	48	66	0
SPC	EB	6	O	T	50	23	24	47	56	0
SPC	EB	1	R	T	26	48	10	51	28	0
SPC	EB	6	R	T	39	12	0	48	27	0

**Tabla 42 Unidades formadoras de colonias en el Blanco B**

MEDIO	ESTACION	ETAPA	MUESTRA	JORNADA	UFC					
					M1	M2	M3	M4	M5	M6
BP	B	1	O	M	300	40	0	0	7	0
BP	B	6	O	M	300	34	0	1	0	4
BP	B	1	R	M	300	42	0	1	2	5
BP	B	6	R	M	300	53	0	1	0	1
BP	B	1	O	T	0	0	0	0	4	0
BP	B	6	O	T	0	0	0	0	1	0
BP	B	1	R	T	0	0	0	0	1	0
BP	B	6	R	T	300	20	0	0	4	0
SD	B	1	O	M	2	3	6	8	0	1
SD	B	6	O	M	23	19	0	31	18	28
SD	B	1	R	M	4	5	23	6	8	23
SD	B	6	R	M	20	45	0	10	25	5
SD	B	1	O	T	5	19	23	20	16	0
SD	B	6	O	T	15	4	22	21	29	0
SD	B	1	R	T	3	16	1	16	17	0
SD	B	6	R	T	1	3	16	12	31	0
SPC	B	1	O	M	7	6	11	20	11	17
SPC	B	6	O	M	62	25	14	34	17	29
SPC	B	1	R	M	6	2	1	1	53	16
SPC	B	6	R	M	28	5	16	9	8	24
SPC	B	1	O	T	15	11	4	0	58	0
SPC	B	6	O	T	53	3	22	132	58	0
SPC	B	1	R	T	3	5	5	1	4	0
SPC	B	6	R	T	32	7	17	49	48	0

Calculo estimativo

**Anexo 4. Datos Meteorológicos.**

**Tabla 43 Parámetros Meteorológicos en el muestreo 4.**

Jornada	Estación	Velocidad Max	Velocidad promedio	Temperatura Max	Temperatura Promedio	Humedad Max	Humedad promedio
M	CA	1.7	0.8	28.3	25.6	90.9	82.7
T	CA	3.2	1.1	35.5	27.4	90.9	68.3
M	CP	3.5	1.9	28.3	25.7	90.9	81.6
T	CP	4.6	1.7	33.9	31.1	59.1	55.8
M	PL	2.7	1.8	29.4	26	90.9	79.9
T	PL	3.8	1.1	35.9	35.9	59.1	54.2
M	AB	1.6	0.1	27.3	25.2	90.9	83.6
T	AB	3	1	34.8	31.2	56.1	53.8
M	F	0.7	0.1	27.3	25.2	90.9	83.5
T	F	2.7	0.7	37.2	32.3	50	56.1
M	EB	0.8	0.1	27.3	25.7	86.2	80,3
T	EB	3	1	37.8	32.6	56.3	49.6
M	B	2.6	0.8	30	26.2	90.9	78.7
T	B	2.3	0.5	37.8	32.9	61.8	51.1

**Tabla 44 Parámetros Meteorológicos en el muestreo 5**

Jornada	Estación	Velocidad Max	Velocidad promedio	Temperatura Max	Temperatura Promedio	Humedad Max	Humedad promedio
M	CA	2.5	0.7	33.9	30.5	63.6	56.1
T	CA	4.4	1.5	31.1	29	62.9	61
M	CP	-	-	-	-	-	-
T	CP	-	-	-	-	-	-
M	PL	3.3	1.1	34.4	29.9	61.1	50.5
T	PL	2.7	0.7	31.9	28.7	91.5	75.6
M	AB	1.3	0.4	31	27.7	86.5	71.5
T	AB	1.6	0.6	31.9	28.1	87.2	80.4
M	F	0	0	28	25.4	87.2	83
T	F	1.1	0.3	30	27.9	83.9	80.8
M	EB	0	0	27	27	64.9	64.9
T	EB	1.5	0.2	31.1	28.6	75.9	70.7
M	B	1.7	0.8	33.9	29.3	85.6	73.1
T	B	2.1	0.7	35.5	31.7	60.7	53.7

**Tabla 45 Parámetros Meteorológicos en el muestreo 6**

Jornada	Estación	Velocidad Max	Velocidad promedio	Temperatura Max	Temperatura Promedio	Humedad Max	Humedad promedio
M	CA	0	0.7	30.4	28.4	74.9	68.1
T*	CA	-	-	-	-	-	-
M	CP	-	-	-	-	-	-
T*	CP	-	-	-	-	-	-
M	PL	0.4	1.6	35.5	29.9	73.7	64.3
T*	PL	-	-	-	-	-	-
M	AB	1.1	0.3	28.6	24.8	80.2	80.1
T*	AB	-	-	-	-	-	-
M	F	0	0	24.5	23.3	93	91.4
T*	F	-	-	-	-	-	-
M	EB	0	0.3	25.6	25.6	85.6	85.6
T*	EB	-	-	-	-	-	-
M	B	3.4	0.5	36.2	31.4	67.1	59
T*	B	-	-	-	-	-	-

\* No monitoreado por lluvia.

**Anexo 5. Fundamentos de los medios de cultivo.**

**Tabla 46 Fundamento del Agar Standard Plate Count (SPC)**

Nombre del Medio	Agar Standard Plate Count (SPC)
Microorganismos	Heterótrofos – Mesofilos
Composición del Agar (gr/l)	5.0 Peptona de Caseína 2.5 Extracto de Levadura 1.0 D(+) Glucosa 14.0 Agar-Agar

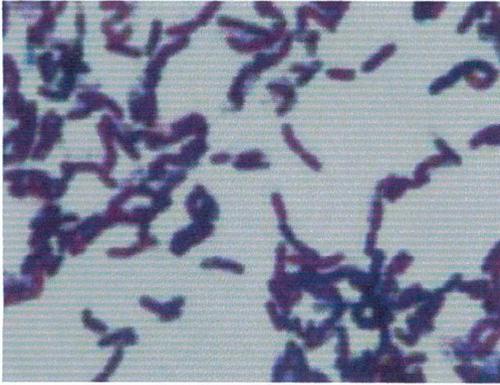
**Tabla 47 Fundamento del Agar Baird Parker**

Nombre del Medio	Agar Baird Parker (BP)
Microorganismos	Staphylococcus
Composición (gr./l)	10.0 Peptona de Caseína 5.0 Extracto de Carne 1.0 Extracto de Levadura 10.0 Piruvato Sódico 12.0 Glicina 5.0 Cloruro de litio 15.0 Agar-Agar

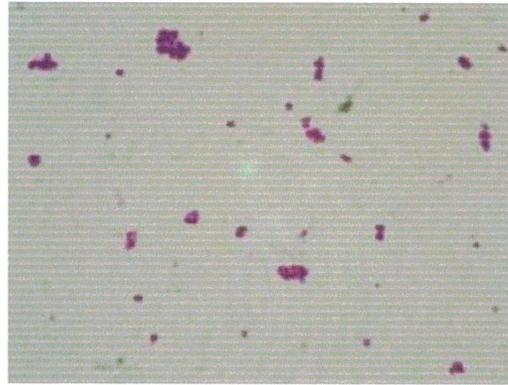
**Tabla 48 Fundamento del Agar Sabouraud Dextrosa 2%**

Nombre del Medio	Agar Sabouraud Dextrosa 2% (SD)
Microorganismos	Hongos
Composición (gr./l)	10.0 Peptona de Caseína 20.0 D(+) Glucosa 17.0 Agar-Agar

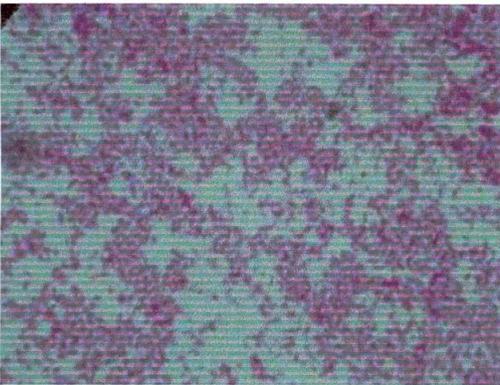
**Anexo 6. Figuras Microscópicas de las Bacterias Heterotróficas**



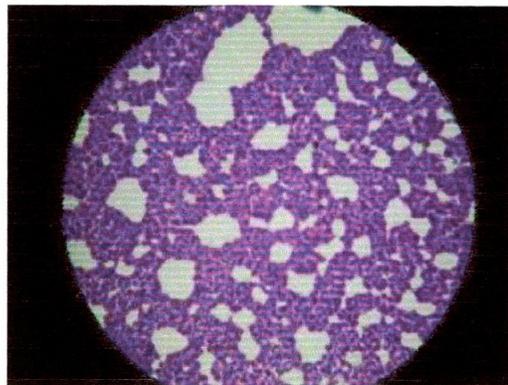
**Figura 90. Bacilos Gram +**



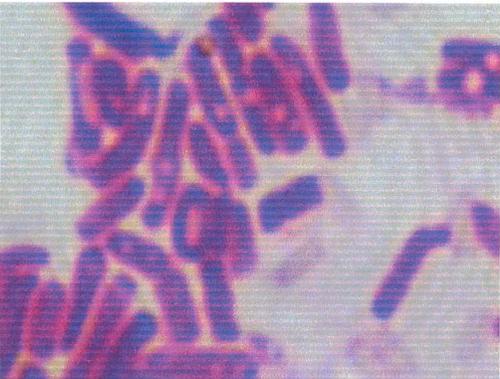
**Figura 93. Cocos Gram -**



**Figura 91. Bacilos Gram -**



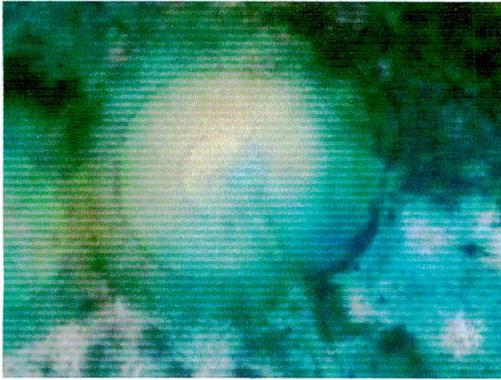
**Figura 94. Cocos Gram +**



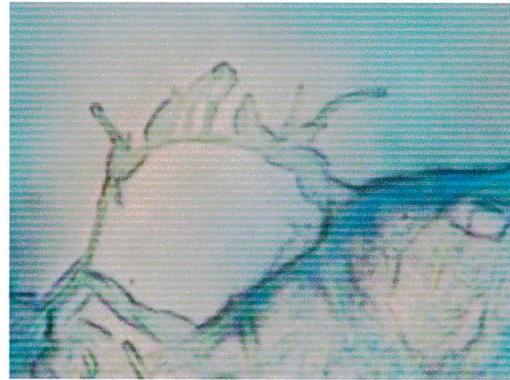
**Figura 92. Bacilos Esporulados Gram+**

**Anexo 7. Figuras Microscópicas de los géneros de Hongos.**





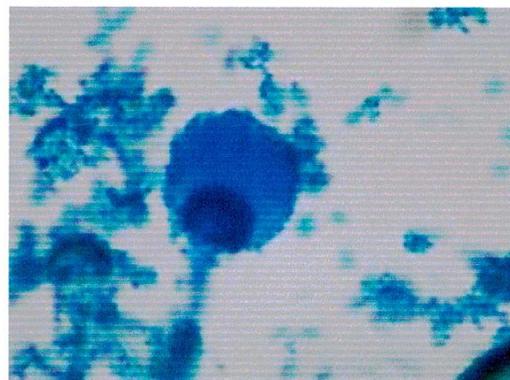
**Figura 95. Mucor**



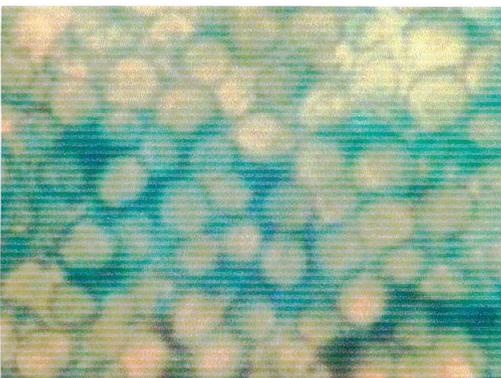
**Figura 98. Fusarium**



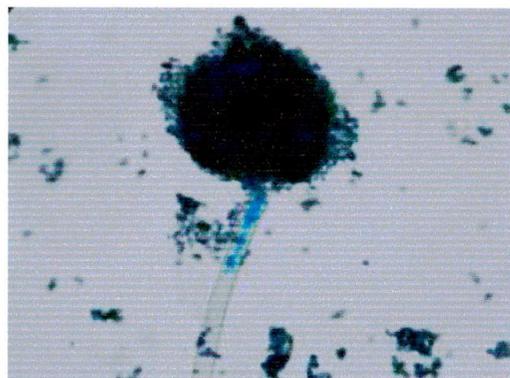
**Figura 96. Curvularia**



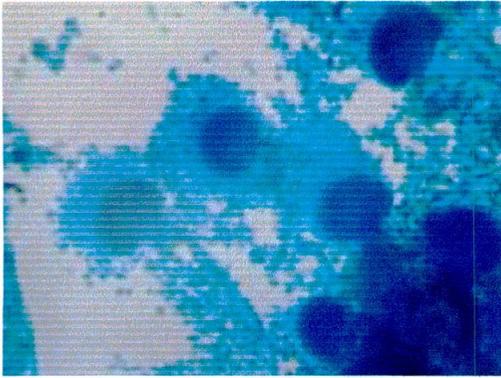
**Figura 99. Aspergillus Terrus**



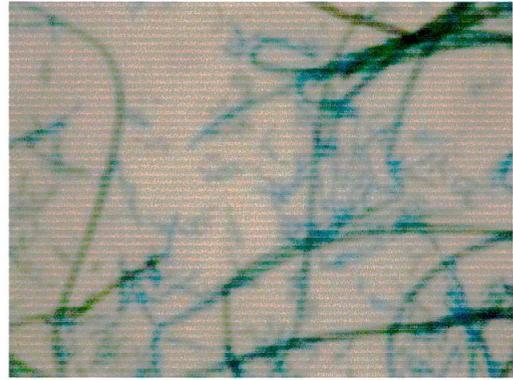
**Figura 97. Peyronellacea**



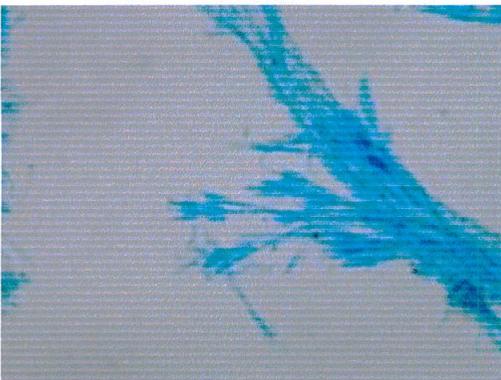
**Figura 100. Aspergillus Niger**



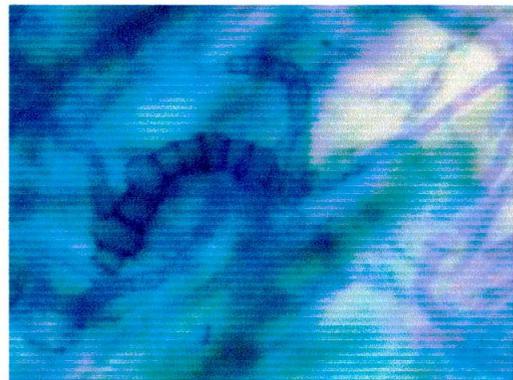
**Figura 101. Aspergillus Flavus**



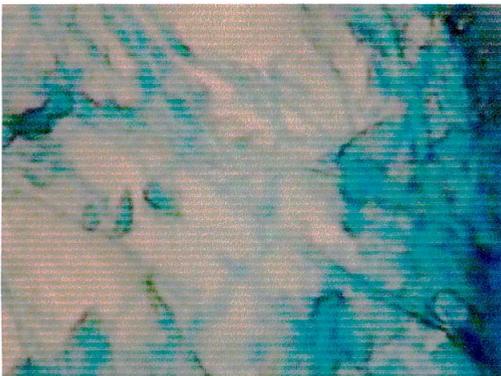
**Figura 104. Monillia**



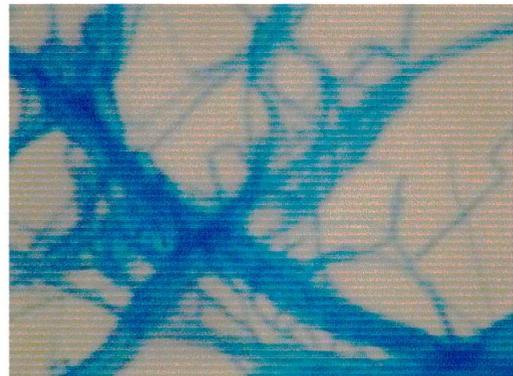
**Figura 102. Penicillium**



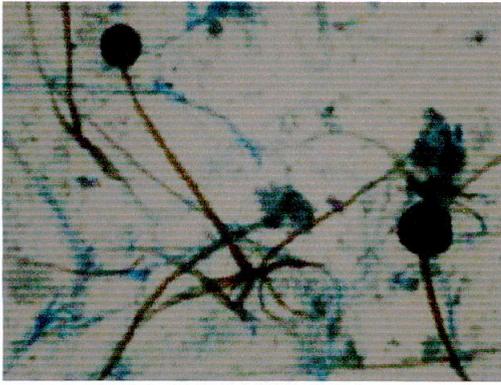
**Figura 105. Hormicium**



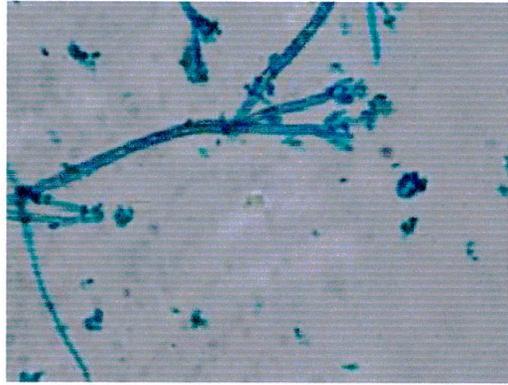
**Figura 103. Pullularia**



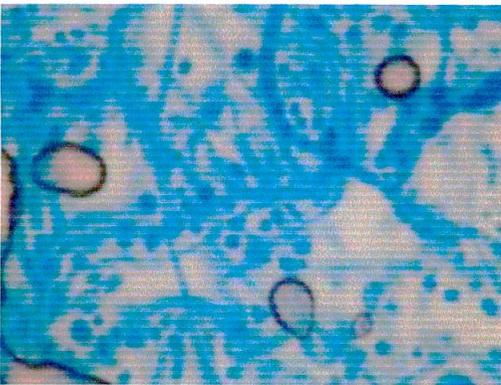
**Figura 106. Geotrichum**



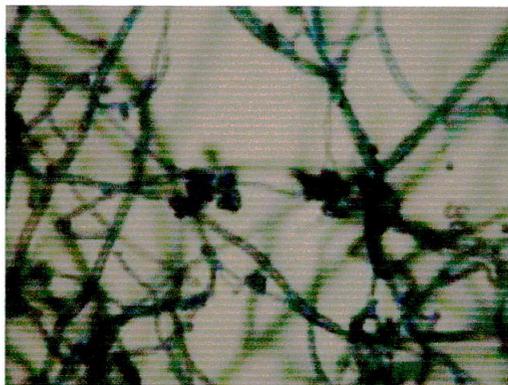
**Figura 107. Rhizopus**



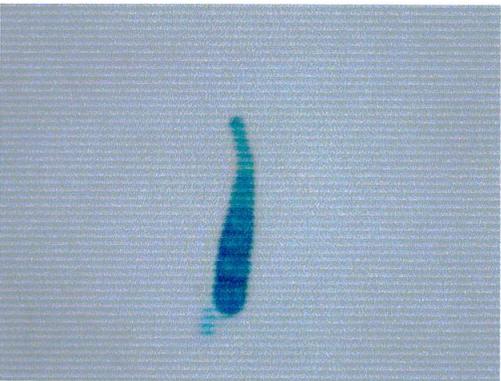
**Figura 110. Verticillium**



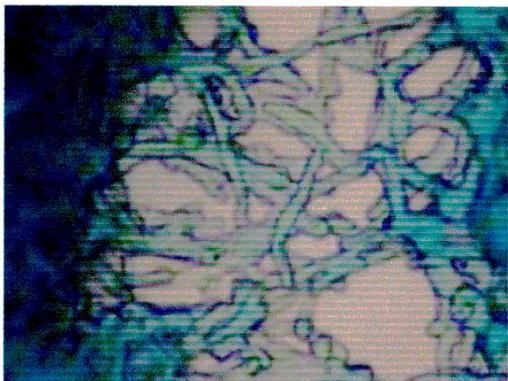
**Figura 108. Blastomyces**



**Figura 111. Streptomyces**



**Figura 109. Alternaria**



**Figura 112. Sporobolomyces**