

RELACIÓN DE LA ENTOMOFAUNA ASOCIADA A LA DESCOMPOSICIÓN DE CUERPOS
DE CERDO CON EL TIEMPO DE SUMERSIÓN POSMORTEM (ISPM) EN UN ECOSISTEMA
LENTICO DE LA SABANA DE BOGOTÁ

LILIANA LATORRE CORTÉS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
BOGOTÁ D.C.

RELACIÓN DE LA ENTOMOFAUNA ASOCIADA A LA DESCOMPOSICIÓN DE CUERPOS
DE CERDO CON EL TIEMPO DE SUMERSIÓN POSMORTEM (ISPM) EN UN ECOSISTEMA
LENTICO DE LA SABANA DE BOGOTÁ

LILIANA LATORRE CORTÉS

Código: 190155

Tesis para optar al título de Magíster en Ciencias, en Biología- Línea Ecología

Dirigido por:

RODOLFO OSPINA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

BOGOTÁ D.C.

2010

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	9
2. INTRODUCCIÓN	11
3. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	12
4. OBJETIVOS	13
4.1 OBJETIVO GENERAL	13
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
5. MARCO CONCEPTUAL	14
5.1 ANTECEDENTES	14
5.2 ECOLOGÍA DE COMUNIDADES	17
5.3 ESQUEMAS DE LAS COMUNIDADES EN EL TIEMPO – SUCESIÓN	17
5.3.1 Sucesión Degradativa	18
5.4 FENÓMENOS CADAVERÍCOS	19
5.5 SUCESIÓN DE LA FAUNA EN LOS CADÁVERES	20
5.6 LA ENTOMOLOGIA FORENSE	22
5.6.1 Métodos para la estimación del intervalo posmortem	22
5.6.2 Insectos Acuáticos De Importancia Forense	23
6. METODOLOGÍA	25
6.2 Fase de campo	25
6.3 Fase de Laboratorio	28
6.4 Fase de análisis.	28
7. RESULTADOS Y DISCUSION	29
7.1 Fauna cadavérica	29
7.2 Estados de descomposición	31

7.2.1 Estado fresco	31
7.2.2 Flotación temprana	32
7.2.3 Descomposición flotante	35
7.2.4 Deterioro de la hinchazón	37
7.2.5 Restos flotantes	40
7.2.6 Restos hundidos	40
7.3 Comparación con los estados de descomposición terrestre	41
7.4 Análisis Estadísticos	43
7.5 Secuencia de aparición de insectos acuáticos	45
7.6 Grupos funcionales y estados de descomposición.	50
7.7 Secuencia de aparición de insectos terrestres	54
7.8 Condiciones ambientales	58
7.8.1 Temperatura ambiental y humedad relativa	58
7.8.2 Factores fisico-químicos del agua	59
8. CONCLUSIONES	60
9. RECOMENDACIONES	61
10. BIBLIOGRAFIA	62
11. ANEXOS	68
Anexo A: Protocolo Para Variables Ambientales Y Fisicoquímicas	68
Anexo B - D: Fenómenos Tempranos	69-71
Anexo E - F: Fenómenos Tardíos	72-73
Anexo G: Posturas De Dípteros	74
Anexo H: Insectos En Los Estados De Descomposición Por Sitio De Muestreo	75
Anexo I: Mediciones De Las Variables Fisicoquímicas De Los Sitios De Muestreo	80-81

INDICE DE TABLAS

Tabla1. Definición de los fenómenos cadavéricos, información tomada de Trujillo (1999), Faracio 1997), Teke (1993), Calabuig (1991).	19
Tabla 2. Grupos funcionales y mecanismo de alimentación de los insectos que se pueden encontrar en la descomposición de carroña en ambientes acuáticos.	21
Tabla 3. Listados de insectos colectados en Cerdo 1 y 2 y el Sitio Control.	29
Tabla 4. Duración de los estados de descomposición en cada una de los cerdos.	34
Tabla 5. Comparación de la duración de los estados de descomposición acuática con los reportados para el ambiente terrestre por Segura (2008).	42
Tabla 6. Índices de similaridad y Kruskal Wallis. Ct: Control, C1Int: cerdo 1 interno, C1Ext: cerdo 1 externo, C2Int: cerdo 2 interno, C2Ext: cerdo 2 externo	43
Tabla 7. Número de especies y de individuos colectados en cada zona de muestreo.	44
Tabla 8. Matriz sucesional de insectos acuáticos del cerdo 1	48
Tabla 9. Matriz sucesional de insectos acuáticos del cerdo 2.	49
Tabla 10. Clasificación de los insectos colectados en los grupos funcionales basados en Merrit y Cummins (1996)	50
Tabla 11. Matriz sucesional de insectos terrestres	57

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Marco conceptual de la presente investigación.	16
Figura 2. Área de muestreo, Finca San José de Guausa.	25
Figura 3. Elección de los sitios de muestreos, sitio control, ubicación de las jaulas para cerdo 1,2 y 3.	26
Figura 4. Porcentaje de abundancia de los órdenes coleccionados durante el muestreo	31
Figura 5. Temperatura rectal del Cerdo 1, Cerdo 2, Cerdo3.	32
Figura 6. Postura de dípteros colonizadores Cerdo 1	33
Figura 7. Máxima distención abdominal y partes expuestas del Cerdo 1.	35
Figura 8. Máxima distención abdominal y partes expuestas del Cerdo 2.	36
Figura 9. Máxima distención abdominal y partes expuestas del Cerdo 3.	37
Figura 10. Medición del perímetro abdominal del Cerdo 1, Cerdo 2, Cerdo3.	38
Figura 11. Actividad larval e intestinos expuestos del Cerdo 1.	38
Figura 12. Deflación y actividad larval interna del Cerdo 2.	38
Figura 13. Deflación y actividad larval interna del Cerdo 3.	39
Figura 14. Hundimiento de los restos del Cerdo 1.	41
Figuras 15 -20. Porcentaje de individuos de acuerdo a los grupos funcionales en los estados de descomposición del cerdo 1.	51-52
Figuras 21-24. Porcentaje de individuos de acuerdo a los grupos funcionales en	51-52

los estados de descomposición del cerdo 2.

Figura 25. Desprendimiento de piel. 53

Figura 26. Larvas de *R. marchali* sobre el cuerpo de cerdo. 53

Figura 27. Temperatura mínima, máxima, actual y humedad relativa en la zona de muestreo. 59

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a:

Dr. Rodolfo Ospina Torres, director del presente trabajo, por su tiempo, paciencia y valiosos aportes en la investigación.

A la Universidad Nacional de Colombia por permitirme realizar mis estudios de Maestría.

Al profesor León Pérez por el tiempo dedicado en la corroboración de las especies del orden Odonata.

A Alexandra Segura por su colaboración en la corroboración de las especies de las familias Calliphoridae y Muscidae y por sus valiosos aportes.

A Victor Solarte por su valiosa colaboración en la parte estadística.

A Daniel Galindo por sus valiosos aportes.

A mis padres y hermanos por su apoyo, paciencia y amor.

A Jovany A. Fuenmayor por su colaboración durante la fase de campo y por su apoyo incondicional en todo momento.

A Nury Piraquive, Mónica Medina y Patricia Jaime por su colaboración, amistad y apoyo en los momentos de adversidad

A mis amigos Gabriel, Liseth, Jimena y Silenya.

A Dios por iluminar y guiar siempre mi camino.

1. RESUMEN

RESUMEN EN ESPAÑOL

El objetivo principal de este trabajo fue establecer el intervalo de sumersión post mortem (ISPM) en un reservorio de agua ubicado en la localidad de Usaquén de Bogotá D.C. Para tal fin se seleccionaron cuatro sitios ocho días antes del inicio de la fase de campo, los cuales se designaron como sitio control, sitio 1, 2, 3, colocando en estos últimos jaulas metálicas forradas en malla que permitían el acceso de los insectos y evitaba la acción de grandes carroñeros. Se sacrificaron 3 cerdos con impacto de bala en la base del cráneo y posteriormente se sumergieron en el agua en los sitios donde se encontraban las jaulas. Con el fin de determinar la sucesión entomológica se realizaron muestreos para coleccionar los insectos asociados a los cuerpos tanto acuáticos como terrestres durante el proceso de descomposición cadavérica. Se estableció un ISPM de 77 días en el cual se coleccionaron artrópodos pertenecientes a 9 órdenes y 42 familias siendo el orden díptera más abundante en insectos acuáticos como en terrestres. Se identificaron seis estados de descomposición fresco, flotación temprana, descomposición flotante, deterioro de la hinchazón, restos flotantes y restos hundidos en un solo cuerpo, los otros dos solo alcanzaron restos flotantes. La colonización de los insectos solo se da hasta el estado de flotación temprana, después de haberse proyectado la parte abdominal de los cerdos, los insectos terrestres se posaron sobre esta individuos de las familias de Díptera Calliphoridae y Muscidae; la colonización por parte de los insectos acuáticos se dio por individuos de las familias Chironomidae, Culicidae, Baetidae, Notonectidae, Aeshnidae y Libellulidae. Se clasificaron los taxones coleccionados de acuerdo con el grupo funcional al que pertenecen según sus relaciones tróficas basados en Merrit y Cummins (1996) encontrando predadores, colectores – recolectores, trozadores y raspadores que presentaron un patrón de colonización en los cuerpos; los predadores asociados a los primeros estados de descomposición, posteriormente los colectores – recolectores, trozadores y raspadores asociados a los estados finales del proceso. Los terrestres se clasificaron en necrófagos (Calliphoridae y Muscidae), predadores (Silphidae), incidentales (Vellidae (adultos), Sciomyzidae) y parásitos (Braconyidae) según Smith (1986); siendo los insectos necrófagos los responsables del mayor consumo de la biomasa de los cuerpos.

PALABRAS CLAVE:

Intervalo de sumersión post mortem (ISPM), Díptera: Calliphoridae, Muscidae Chironomidae, Culicidae; Baetidae, Notonectidae, Aeshnidae y Libellulidae.

RESUMEN EN INGLES

The main objective of this study was to establish the postmortem submersion interval (PMSI) in a water reservoir located in the Usaquén locality of Bogotá D.C. For this purpose we selected four sites eight days before the start of the field phase, which were designated as control site, site 1, 2, 3, placing the latter lined metal mesh cages that allowed access of insects and prevented the emergence of large scavengers. 3 pigs were sacrificed with a bullet at the base of the skull and then immersed in water at sites where there were cages. In order to determine the succession entomological surveys were conducted to collect the insects associated with aquatic and terrestrial bodies during the decomposition process mortis. ISPM was established 77 days in which arthropods were collected belonging to 42 families, 9 orders Diptera being the most abundant insects on both land and in water. We identified six stages of decomposition fresh, early floating, floating decay, Bloated deterioration, floating remains and Sunken remains in one body, the other two only reached floating remains. The colonization of the insect is only given to the state early floating, after the pigs abdomen had raised, individual of the families Calliphoridae and Muscidae placed and laid eggs on it; the colonization by aquatic insects given by individuals of the families Chironomidae, Culicidae, Baetidae, Notonectidae, Aeshnidae and Libellulidae. Taxa collected were classified according to functional group to which they belong according to their trophic relationships based on Merritt and Cummins (1996) finding predators, Collectors – collectors Shredders and scrapers, which showed a pattern of colonization in the body, associated predators the early stages of decomposition, then the collectors - collectors, scrapers cutworms and final states associated with the process. The land insects were classified as scavengers (Calliphoridae and Muscidae), predators (Silphidae), incidental (Vellidae (adults), Sciomyzidae) and parasites (Braconyidae) by Smith (1986), being carrion insects responsible for the increased use of biomass bodies.

KEY WORDS

Postmortem Submersion Interval (PMSI), Diptera: Calliphoridae, Muscidae Chironomidae, Culicidae; Baetidae, Notonectidae, Aeshnidae y Libellulidae.

2. INTRODUCCIÓN

La entomología forense es el estudio de los insectos asociados con cadáveres, principalmente se utiliza para determinar el tiempo transcurrido desde la muerte o intervalo *postmortem* (IPM) (Anderson & VanLaerhoven 1996). Lord y Stevenson (1986) (Citados por Catts & Haskell 1997; Byrd & Castner 2001) la dividieron en tres componentes: **la entomología urbana** se concentra principalmente en casos legales donde se involucran insectos que generan problemas en el ambiente humano. **La entomología de productos almacenados** está relacionada con los procedimientos legales que investigan la infestación de insectos en elementos de consumo humano donde pueden hallarse partes de insectos. Ejemplo: en el cereal del desayuno, larvas en enlatados vegetales entre otros. La última división es **la entomología medicolegal** o "entomología médico forense" ahora conocida como entomología médico criminal, puesto que los insectos son utilizados como evidencia en la investigación de las muertes principalmente violentas.

Pero hacer la estimación de PMI no es la única aplicación de la evidencia entomológica. Investigaciones legales han demostrado que la entomología médico criminal también ha sido útil en casos de abuso infantil, negligencia con personas de la tercera edad, en la detección de drogas y toxinas (causales de muerte), y en demostrar que los cuerpos fueron trasladados después de la muerte de una región a otra (Goff 1993).

3. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo está constituida la estructura de la comunidad de insectos acuáticos asociada a los estados de descomposición de cuerpos de cerdo con el tiempo postmortem de sumersión en dos sitios de muestreo en una poceta de la finca San José de Guausa en la localidad de Usaquén?

En ambientes terrestres la comprensión del proceso de descomposición y la secuencia de colonización de insectos ha sido una herramienta eficaz y considerablemente estudiada para la estimación del tiempo de muerte o intervalo postmortem (PMI) (Payne y King, 1972; Keiper *et al.*, 1997; Campobasso *et al.* 2001), (Anderson, 2001; Bourel *et al.*, 2004 citados por Anderson y Hobischak 2004). Este proceso de descomposición y la secuencia de colonización de insectos pueden modificarse por varios factores como cuerpos enterrados, semisepultos, con luz con sombra etc., pero uno de los factores que ejerce mayor influencia tanto en el proceso de descomposición como en la sucesión es la inmersión de los cuerpos en ambientes acuáticos. Al igual que en ambientes terrestres, algunas especies de insectos pueden proveer información para la determinación del tiempo transcurrido entre la inmersión y el hallazgo del cuerpo o intervalo posmortem de sumersión (ISPM). A pesar de que en estos ambientes no se encuentran insectos necrófagos como tal, varios estudios han demostrado que algunos grupos de insectos acuáticos presentan en el cadáver una secuencia predecible (Haskell *et al.* 1989, Vance *et al.* 1995, Keiper *et al.* 1997, Payne & Kind 1972). Una dificultad que se presenta con el uso de los insectos acuáticos en estos casos se debe a la falta de información básica como matrices de ocurrencia y ciclos de vida especialmente en el trópico y particularmente en nuestro país. Además de esta información, hacen falta también estudios donde se relacione a los insectos acuáticos con los estados de descomposición y factores físico-químicos del agua que permitan establecer patrones sucesionales para la estimación del ISPM.

4. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la relación entre la sucesión de la entomofauna asociada a los estados de descomposición de cuerpos de cerdo (*Sus scrofa*) y el tiempo de sumersión postmortem (ISPM) en un ecosistema lentic de la finca San José de Guausa, localidad 1 Usaquén en la sabana de Bogotá.

4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la sucesión de la entomofauna presente en cuerpos de cerdo inmersos en un ecosistema lentic de la finca San José de Guausa, localidad 1 Usaquén en la sabana de Bogotá.
- Relacionar la sucesión de la entomofauna con los estados de descomposición y el tiempo post mortem en cada una de los sitios.
- Evidenciar si la estructura de la comunidad acuática se ve influenciada por la presencia de los cuerpos en descomposición inmersos en ecosistemas acuáticos a lo largo de la sucesión.
- Determinar la estructura de las comunidades acuáticas y terrestres de acuerdo con sus roles tróficos (grupos funcionales) asociados a los estados de descomposición.

5. MARCO CONCEPTUAL

5.1 ANTECEDENTES

Los relatos históricos de la entomología forense son prácticamente inexistentes (Keh 1985), solo fue hasta el siglo XIII en un manual chino de medicina forense en el cual se referencia un caso de homicidio en el que apareció un labrador degollado por una hoz. Un día después el investigador hizo que todos los labradores colocasen las hoces en el suelo al aire libre, observando que tan solo en una de ellas se posaban las moscas, lo cual llevo a la conclusión que el dueño de la hoz era el asesino, y este termino confesando su crimen (Gupta & Setia 2004, Beneke 2001, Magaña 2001, Catts y Haskell 1997, Keh 1985). Posteriormente el biólogo Carl von Liné en 1767 dice que tres moscas pueden comerse el cuerpo de un caballo como lo haría un león (Beneke 2001).

En 1855 el francés Bergeret comienza a utilizar de una forma más o menos continua y seria la entomología como ayuda en la medicina legal. La primera publicación se realizó en "La Gazette hoddomaire de medicine et de chirugie" en un artículo titulado "De l'application de l'entomologie à la médecine légale", y después en una comunicación a la Academia de Ciencias, en 1887, bajo el titulo de "La Faune des Tombeaux" (Magaña 2001). En 1894 Méning no solamente continuó y expandió los métodos de sus antecesores, si no que propuso el concepto que un cuerpo en descomposición atraviesa por 8 oleadas sucesionales de insectos a las que denomino escuadrillas de la muerte y publico el libro "La faune des Cadávres" (Gupta & Setia 2004, Magaña 2001, Catts y Haskell 1997, Mégnin 1894).

Durante las siguientes décadas muchos entomólogos centraron sus investigaciones en la creación de bases de datos por área geográfica y condiciones ambientales específicas (Gupta & Setia 2004) como cuerpos expuestos, semisepultos (Anderson & VanLaerhoven 1999), condiciones de sol y sombra (Shean *et al.* 1993) entre otras. Por otro lado, a finales de los 70 surge la entomotoxicología como una rama de la entomología forense, en esta rama se

determina la presencia de tóxicos en los tejidos de los insectos para encontrar la causa de muerte (Gupta & Setia 2004).

En Colombia la entomología forense se ha venido desarrollando a partir del año 1999 en Cali con un primer trabajo de sucesión empleando como biomodelo cuerpos de cánidos (Olaya, 1999); trabajos realizados en sucesión con cuerpos de cerdo blanco (*Sus scrofa*), en Medellín (Wolff *et al.* 2001; Perez *et al.* 2005), en Mosquera (Cundinamarca) (Camacho, 2003), en el Parque Nacional Bogotá (Jiménez & Latorre, 2003), en el área rural de la localidad 1 de Bogotá (Segura, 2008), en pasto (Ortega, 2008). Se realizó una investigación en la cual se establecen curvas de crecimiento y desarrollo de los dípteros colonizadores en hígados humanos con barbitúricos y cianuro (entomotoxicología) (Cañón & Segura, 2003). Un estudio con cuerpos de conejos fue realizado en Tenjo (Cundinamarca) (Ordóñez *et al.* 2004). En Cali se realizó un trabajo recuperando insectos en cuerpos humanos (Barreto *et al.* 2002). También se desarrollo una clave para la identificación de larvas de la familia Calliphoridae (Florez y Wolff, 2009).

El primer reporte de la fauna cadavérica en cuerpos inmersos se encuentra referenciado por Payne & Kind (1972) quienes realizaron un estudio de sucesión con cuerpos de cerdo; en 1989 Haskell *et al.* establecieron el potencial de algunas especies de insectos para determinar el intervalo de sumersión postmortem (ISPM); Vance *et al.* en 1995 proponen un dispositivo para muestreo de insectos acuáticos asociados con carroña en agua; Keiper *et al.* (1997) reporta a las larvas de Chironomidos como indicadores del intervalo de sumersión postmortem (ISPM), MacDonell & Anderson en 1997 y Hobischak, (1997) realizaron estudios de sucesión empleando cuerpos de cerdo en aguas corrientes y estancadas; Anderson & Hobischak en el 2004, observaron la descomposición y la fauna asociada en ambientes marinos en British Columbia Canadá. Con relación a cuerpos sumergidos se han realizado en Colombia hasta ahora dos investigaciones: La primera, empleando un cuerpo de cerdo sumergido en un ambiente léntico en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca) en el cual se establecen algunos parámetros sucesionales y su relación con los estados de descomposición (Cortes y

Salazar, 2006). La segunda de ellas se realizó en el municipio de Facativa (Cundinamarca) en un ambiente lótico y léntico (Barrios, 2007).

El análisis de los insectos y otros artrópodos como evidencia en investigaciones criminales está basado en el concepto ecológico de sucesión (Anderson y Vanlerhover, 1996), de esta manera la sucesión de insectos y las características biológicas de las especies asociadas son empleadas como indicadores entomológicos para la resolución de crímenes convirtiéndose en un método confiable en la estimación del intervalo post mortem; por lo tanto el marco conceptual de la presente investigación (Figura 1) se desarrollará dentro de la temática de ecología de comunidades.

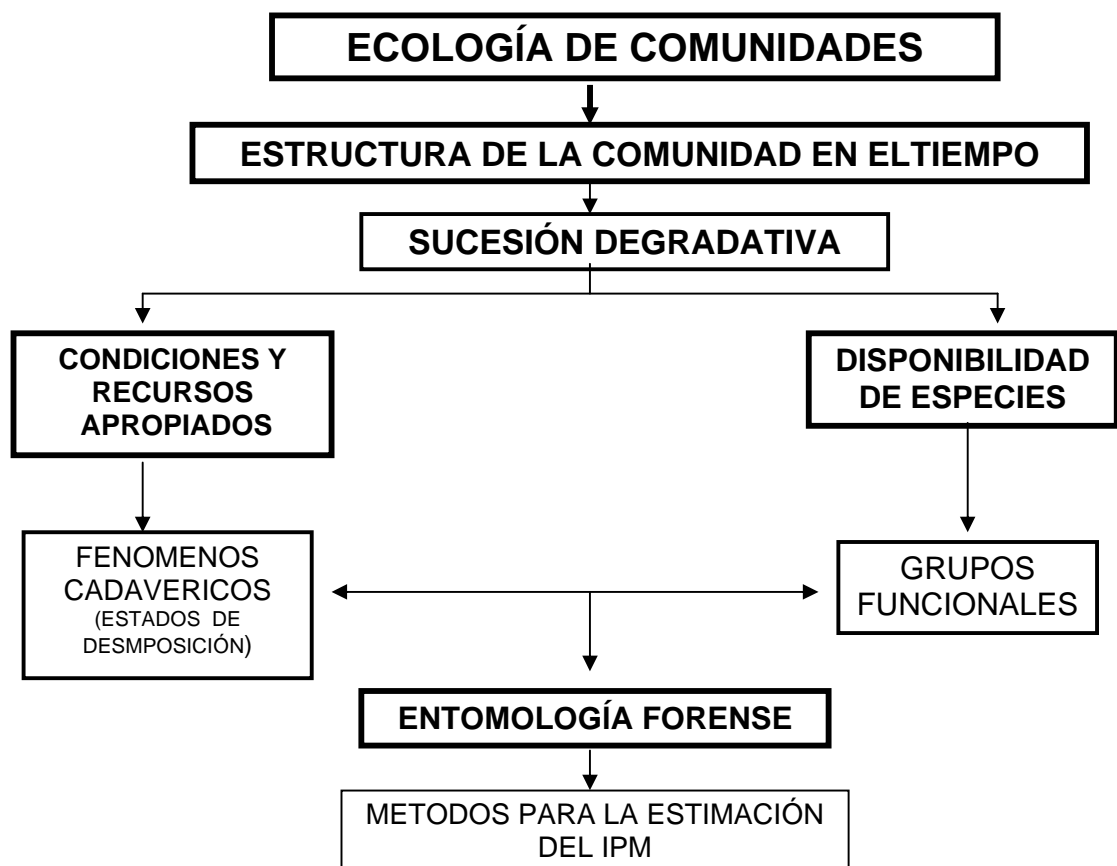


Figura 1. Marco conceptual de la presente investigación.

5.2 ECOLOGÍA DE COMUNIDADES

Desde el punto de vista conceptual la ecología de las comunidades estudia las propiedades que se observan en la estructura y el comportamiento de las agrupaciones de especies (Curtis y Barnes, 2000). La comunidad es una agrupación de poblaciones de especies que se presentan juntas en el espacio y en el tiempo; el eje principal de las comunidades estriba en el modo en que las especies están distribuidas en la naturaleza y en la forma en que pueden ser influidas por las interacciones entre ellas y por las fuerzas físicas del medio que las rodea (Begon *et al.*, 1996).

En las comunidades, especies distintas interactúan entre sí en procesos de mutualismo, parasitismo, depredación y competencia. Estas agrupaciones de organismos tienen unas propiedades que son la suma de las propiedades de los organismos y de sus interacciones. Por consiguiente existen propiedades imprevistas o emergentes que existen cuando la comunidad es el centro de investigación. Un ejemplo de las propiedades emergentes de la comunidad es la diversidad, los límites similitud de las especies competidoras, la estructura de la red trófica, la biomasa de la comunidad y su productividad (Begon *et al.*, 1996).

Una de las metas principales de la ecología de las comunidades radica en determinar si existen esquemas repetitivos en dichas propiedades, incluso cuando se observan grandes diferencias en las especies que se hallan agrupadas (Curtis y Barnes 2000, Begon *et al.* 1996).

5.3 ESQUEMAS DE LAS COMUNIDADES EN EL TIEMPO – SUCESIÓN

La sucesión, en sentido más general, es el esquema continuo, direccional y no estacional de colonización y extinción de las poblaciones de especies en una localidad. Esta definición

general comprende una gama de secuencias de sucesión que se producen en escalas de tiempo muy distintas y a menudo como resultado de mecanismos diferentes. Del mismo modo la importancia relativa de las especies varía en el espacio, sus esquemas de abundancia pueden cambiar con el tiempo. En cualquier caso, una especie solo se presentará donde y cuando es capaz de alcanzar un crecimiento, existen allí las condiciones de recursos apropiados y los competidores junto con los depredadores no la eliminan (Begon *et al.*, 1996).

Las especies iniciales o tempranas de la sucesión (a menudo llamadas especies pioneras o colonizadoras) se caracterizan habitualmente por una elevada tasa de crecimiento, amplia dispersión y rápido crecimiento poblacional; en contraste, las especies tardías generalmente presentan tasas de dispersión y colonización menores (Curtis y Barnes 2000); el patrón de reemplazamiento de especies en el tiempo no es aleatorio (Smith R.I. & T.M. Smith. 2000). Un ejemplo de esto, es que a cada estado de descomposición se encuentran asociados diferentes insectos debido a los cambios físicos y químicos en el sustrato (durante el proceso de descomposición de los cuerpos de cerdo), que posteriormente dan origen a nuevos recursos y por tanto son atraídas nuevas especies (Campobasso *et al.* 2001).

5.3.1 Sucesión Degradativa

Una clase de cambios en la composición de especies en la comunidad genera series, que pueden recibir el nombre de *sucesiones degradativas* y se producen en una escala de tiempo relativamente breve, de meses o años. Ocurren en cualquier tipo de materia orgánica muerta, ya sea animal o vegetal (el cuerpo de un animal, una planta, la piel vieja de una serpiente, la muda de un artrópodo, o la descomposición de heces), es explotado por microorganismos y por los animales detritívoros y necrófagos. Habitualmente diferentes especies aparecen y desaparecen una tras otra, a medida que la degradación de la materia orgánica agota ciertos recursos y convierte en disponibles a otros, mientras los cambios que ocurren en la condición física del detritus favorecen a una especie y luego a otra. (Puesto que en estas secuencias intervienen generalmente organismos heterótrofos, las secuencias suelen recibir el nombre

de sucesiones heterotrófica (Smith & Smith 2000). Finalmente las sucesiones degradativas llegan a su fin por que el recurso ha quedado ya completamente metabolizado y mineralizado (Begon *et al.* 1996).

5.4 FENÓMENOS CADAVERICOS

Se designan así a los cambios que suceden en el cuerpo sin vida a partir del momento en que se extinguen los procesos bioquímicos vitales, y que el cuerpo va a sufrir pasivamente por la acción de las influencias ambientales:

Tabla1. Definición de los fenómenos cadavéricos, información tomada de Trujillo (1999), Faracio 1997), Teke (1993), Calabuig (1991).

FENÓMENOS CADAVERICOS		DEFINICIÓN
TEMPRANOS	ENFRIAMIENTO	Es la disminución de la temperatura corporal de modo progresivo, en un grado por hora, aproximadamente, nivelándose a las 24 horas con la del medio ambiente.
	DESHIDRATACION	Este proceso consiste en la evaporación excesiva de líquidos corporales, esta evaporación determina el enfriamiento, la pérdida de peso, la desecación de las mucosas.
	LIVIDECES	Son manchas de color rojo vinosas, producidas por la acumulación de sangre en los sitios declives por la acción de la fuerza de la gravedad; se inician con el cese de la actividad cardiaca.
	RIGIDEZ	Es un estado de endurecimiento de los músculos estriados, lisos, cardiaco debido a fenómenos bioquímicos tales como la acidificación y deshidratación postmortem.
TARDIOS	FASE CROMATICA	Se inicia con el primer síntoma de putrefacción, una mancha verde localizada inicialmente y por lo general en la fosa iliaca derecha extendiéndose por el abdomen, posteriormente el cadáver va cubriéndose de manchas verdosas y negruzcas.
	FASE ENFISEMATOSA	Se caracteriza por el desarrollo de gran cantidad de gases que abomban y desfiguran el cadáver por la acción de las bacterias
	FASE COLICUATIVA	Consiste en la licuefacción o desaparición de los tejidos blandos.
	REDUCCION ESQUELETICA	Todas las partes blandas del cadáver desaparecen y los elementos más resistentes (ligamentos, cartílagos y huesos) se conservan.

La observación de los cambios físicos y la reducción de la biomasa del cuerpo son empleados para determinar los estados de descomposición. En ambientes acuáticos Payne & Kind (1972) propusieron 6 estados:

Fresco: Comprende desde el momento de la inmersión hasta cuando el cadáver inicia la flotación.

Flotación temprana: En este estado el abdomen sigue hinchándose lo cual hace que el área corporal se exponga sobre la superficie del agua. La coloración de la piel se puede observar livideces, veteado venoso, la mancha verde de la fosa iliaca o una coloración pálida.

Descomposición flotante: Este estado se caracteriza por el desprendimiento de piel, pelo y uñas acompañado de un olor pútrido.

Deterioro de la hinchazón: Se caracteriza por la deflación del abdomen especialmente, debido a la salida de los gases y a la disminución de los tejidos blandos.

Restos flotantes: se caracteriza por la aparición de putrilago como producto de la disminución de los tejidos blandos y la desarticulación de los huesos, las partes expuestas se desecan formando el apergaminamiento cutáneo.

Restos hundidos: Los huesos se han alojado en el fondo y restos de piel quedan flotando en la superficie del agua.

5.5 SUCESIÓN DE LA FAUNA EN LOS CADÁVERES

La fauna de invertebrados que colonizan los cuerpos en descomposición consiste principalmente en insectos y su forma más simple de aplicación forense es el estudio de la secuencia en que aparecen los insectos en el cadáver (sucesión). Sin embargo, es importante

recordar que no todos los insectos se alimentan de tejidos en descomposición. Sólo pocas especies participan activamente en la descomposición de un cadáver acelerando la tasa de descomposición (Smith 1986).

El estudio de la ecología de las aguas dulces, se ha centrado en la clasificación de los insectos acuáticos por el papel funcional del consumidor. Merrit & Cummins (1996) plantean un esquema que reconoce cuatro grupos funcionales de insectos consumidores en estos ambientes así:

Tabla 2. Grupos funcionales y mecanismo de alimentación de los insectos que se pueden encontrar en la descomposición de carroña en ambientes acuáticos.

GRUPO FUNCIONAL	MECANISMO DE ALIMENTACIÓN	ORDENES REPRESENTATIVOS
<i>Los trozadores</i>	Son detritívoros que se alimentan de materia orgánica en partículas gruesas (con un tamaño superior a 2 mm.) y que mientras se alimentan fragmentan la materia.	Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Coleóptera y Díptera
<i>Los colectores</i>	Obtienen las partículas muertas de los residuos y sedimentos del lecho del río, mientras que los colectores-filtradores toman pequeñas partículas de la corriente.	Collembola, Ephemeroptera, Hemiptera, Trichoptera, Coleóptera.
<i>Los ramoneadores Raspadores</i>	Presentan piezas bucales apropiadas para raspar y consumir la capa orgánica fijada sobre las rocas, piedras y otras superficies que consta de algas y de materia orgánica muerta absorbida sobre el sustrato.	Ephemeroptera, Hemiptera, Trichoptera, Coleóptera y Díptera
<i>Los Predadores</i>	Son los que se comen a otros animales o insectos, algunos como los odonatos están equipados con poderosos labios con los cuales sujetan a la presa y luego la devoran.	Hemípteros, Megalóptera, algunos Ephemeroptera, Díptera, Coleóptera y Plecóptera

Las heces y los cuerpos de los invertebrados acuáticos suelen ser procesados por los trituradores y colectores junto con la materia orgánica muerta procedente de otras fuentes. La carroña en ambientes acuáticos carece de una fauna especializada, muchos invertebrados acuáticos son omnívoros y se alimentan en gran parte de detritus vegetales y de heces con sus microorganismos asociados, pero siempre están dispuestos a ingerir un invertebrado o un pez muertos si se les presenta la ocasión. Esto difiere en gran medida de la situación observada en el ambiente terrestre, donde las heces y la carroña tienen sus detritívoros especializados (Begon *et al.* 1996).

5.6 LA ENTOMOLOGIA FORENSE

La entomología forense o médico criminal es el estudio de los insectos asociados a un cadáver, principalmente para determinar el intervalo post mortem (PMI), el cual, puede ser usado para refutar o confirmar la coartada de un sospechoso y es de gran ayuda en la identificación de víctimas desconocidas enfocando la investigación dentro de un marco correcto de tiempo. Esta información puede llegar a ser de vital importancia en la investigación de un homicidio (Anderson & VanLaerhoven 1996).

5.6.1 Métodos para la estimación del intervalo posmortem

El uso de insectos y de otros artrópodos en la determinación del intervalo postmortem se basa en el concepto ecológico de sucesión. Este concepto fue promovido por primera vez, con propósitos forenses por el entomólogo francés Pierre Mening en 1894. Las sucesivas llegadas y salidas de los insectos son predecibles y al ser comprendidas permiten estimar el PMI (Goff 1993).

La entomología forense emplea dos métodos para la determinación PMI usando como evidencia los insectos. El primero utiliza la edad de las larvas de dípteros y sus índices de desarrollo, por que son los primeros en llegar al cadáver. El segundo método usa la sucesión de insectos en la descomposición del cuerpo. Ambos métodos se pueden utilizar por separado o conjuntamente dependiendo del tipo de resto que se esté estudiando. Por lo general, en las primeras fases de la descomposición las estimaciones se basan en el estudio del crecimiento de una o dos especies de insectos, particularmente dípteros; en las fases más avanzadas se utiliza la composición y grado de crecimiento de la comunidad de artrópodos encontrada en el cuerpo y se compara con patrones conocidos de sucesión de fauna para el hábitat y condiciones ambientales más próximas (Anderson & VanLaerhoven 1996, Magaña 2001). La identificación de especies asociadas con cadáveres es un prerrequisito necesario para cualquier evaluación o valoración del tiempo desde la muerte (Campobasso *et al.*, 2001).

5.6.2 Insectos Acuáticos De Importancia Forense

La fauna encontrada en cuerpos sumergidos es muy diferente a la que comúnmente colonizan los cuerpos terrestres. Sin embargo, cuando el cuerpo flota, las partes expuestas pueden ser colonizadas por moscas (Smith 1986). Esta fauna también varía entre aguas dulce y salada (Anderson & Hobischak 2004).

Aproximadamente 8 de los 13 órdenes de insectos que contienen especies con estados acuáticos o semiacuáticos están probablemente asociados con cuerpos en descomposición en hábitats acuáticos, (Byrd & Castner 2001).

Orden Ephemeroptera: Se encuentran más comúnmente en aguas corrientes y se caracterizan por ser insectos de corta vida en su estado adulto, generalmente 2 – 3 días de duración (Byrd & Castner 2001). Algunos individuos de las familias Baetidae, Heptageniidae, Caenidae, han

sido observados alimentándose sobre y cerca a los cuerpos de cerdo en descomposición (Vance *et al.* 1995), al igual que Hobischak (1997) en British Columbia.

Orden Plecoptera: Se encuentran principalmente asociados a aguas limpias, corrientes y frías, aunque un número de especies se adaptó a ambientes oligotróficos. Las familias Taeniopterygidae, Nemouridae, Pteronarcyidae (trituradoras), Perlodidae y Perlidae (predadoras o carnívoras) han sido observadas alimentándose de cadáveres de salmón y cerdos en aguas corrientes (Byrd & Castner 2001).

Orden Tricoptera: Se encuentran por lo general en aguas dulces (ríos, lagos y pozos). La alta diversidad de tricópteros ha sido atribuida a la habilidad para producir seda; las larvas usan esta seda para construir sus casas o refugios con diferentes materiales (granos de arena, palos etc.). Individuos de Limnephilidae: *Pycnopsyche* spp. (Trituradores) y Hydropsychidae: *Hydrpsyche* spp. (filtradores), han sido observados sobre cuerpos de cerdo en aguas corrientes en Indiana (Schultenover & Wallace, datos no publicados citados por Byrd & Castner 2001). Y Hobischak (1997) encontró las mismas familias asociadas con cuerpos de cerdo sumergidos en aguas estancadas.

Orden Díptera: La familia más abundante de este orden es Chironomidae (Ward 1992) (citado por Byrd & Castner 2001). Los quironomidos son de particular interés forense debido a su amplia diversidad y presencia en casi todos los hábitats acuáticos (Byrd & Castner 2001). En un estudio realizado por Keiper *et al.* (1997) sobre la colonización de cuerpos de ratas por insectos, encontraron que en la colonización de los cuerpos dominaron larvas de quironomidos y a medida que transcurría el tiempo, el número de géneros presentes fue aumentando.

6. METODOLOGÍA

6.1 Descripción del área de estudio

La zona de estudio corresponde a un reservorio de agua de 30 m. de largo por 15 m. de ancho ubicado en la finca San José de Guausa (**Figura 2**) de la localidad de Usaquén de Bogotá (Localidad 1 del distrito capital).

Figura 2. Área de muestreo, Finca San José de Guausa.



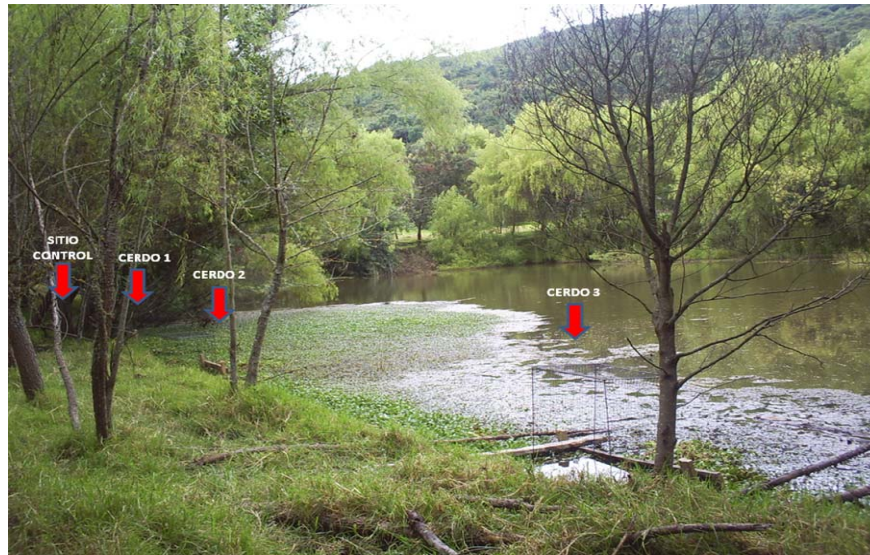
6.2 Fase de campo

Preparación del sitio:

Una semana antes de comenzar el estudio se eligieron cuatro puntos de muestreo. El primer sitio se denominó *sitio control* en el cual se tomaron muestras de insectos durante toda la fase de muestreo. En los otros tres sitios se colocaron tres jaulas metálicas con las siguientes dimensiones 170x100x60 cm. forradas en malla plástica de 2 cm. de diámetro (Hobischak, 1997); a una distancia

de cuatro metros entre la jaula 1 y 2, y de 6 metros entre jaula 2 y 3; para minimizar el disturbio en la fauna acuática antes de colocar los cuerpos de cerdo como se observa en la **Figura 3** (Vance *et al*, 1995). Las jaulas protegen a los cuerpos de grandes depredadores pero no impiden la entrada de invertebrados, de pescados pequeños, y no restringen la flotación y la sumersión de los cadáveres durante la descomposición (Hobischak 1997). Se tomo una muestra de los invertebrados acuáticos en los sitios, para examinar los insectos que se encontraban presentes antes de la inmersión de los cerdos.

Figura 3. Elección de los sitios de muestreos, sitio control, ubicación de las jaulas para cerdo 1,2 y 3.



Procedimiento:

Se sacrificaron tres cerdos en tamaño promedio de 20 Kg. con impacto de bala 9 mm. en la base del cráneo. Se emplearon cerdos (*Sus scrofa*) como modelos experimentales porque son aceptados para el estudio de la descomposición humana (Goff, 1993), debido a la similaridad con el humano en que son omnívoros, y el sistema digestivo, incluyendo la fauna intestinal, es de gran importancia en el proceso de descomposición de los cuerpos (MacDonell & Anderson, 1997). Posterior a la muerte de cada cerdo se introdujo un termómetro de mercurio en la zona rectal, para la toma de la temperatura corporal, una vez introducido no fue removido en ninguno de los muestreos; al igual que

la medición del perímetro abdominal, el cual fue medido con metros los cuales fueron dejados alrededor del abdomen. Luego se colocó un cuerpo en cada una de las jaulas en los tres sitios dejándolos totalmente inmersos a una profundidad de 80 cm. El cerdo 3 fue el cerdo control al cual no se le colectó la entomofauna, pero se realizó el seguimiento de los estados de descomposición y la toma de las variables ambientales y fisicoquímicas del agua.

Se instaló un termómetro de máximas y mínimas para la medición de la temperatura ambiental. La humedad relativa se registró con un termo-higrómetro que se colocó en cada muestreo. Los datos obtenidos se registraron en el correspondiente protocolo (**Ver anexo A**).

Para la medición de la variable oxígeno disuelto, se empleó el kit Aquamerck® - Merck y tiras indicadoras de pH; para la temperatura del agua y conductividad se empleó un conductímetro WTW.

Los muestreos se llevaron a cabo durante 77 días en las horas del medio día, de la siguiente manera: para las variables fisicoquímicas del agua y la colección de macroinvertebrados se muestreo a las, 24 y 72 horas después de la muerte (Anderson & Hobischak 2004), posteriormente cada tercer día hasta completar los 10 primeros días, y de ahí en adelante cada 8 días hasta finalizar el muestreo. Para las variables ambientales, el seguimiento de los fenómenos cadavéricos y la colección de individuos terrestres fue todos los días los primeros 15 días después de la muerte, posteriormente cada tercer día hasta completar 45 días, y de ahí en adelante cada 8 días hasta finalizar el muestreo

En cada muestreo, los cuerpos fueron examinados para colectar los macroinvertebrados y observar cambios en el proceso de descomposición, las observaciones y mediciones se registraron en protocolos diseñados para cada una de las fases (**Anexos B - F**) e igualmente se llevó un registro fotográfico.

Para la colección de los macroinvertebrados se empleó una red acuática para barrer el área dentro de cada jaula y fuera de ella por separado así como el sitio control, cada muestra se depositó en un frasco de plástico de 500 ml. y se preservó en etanol al 95% (Merritt & Cummins 1996). Las

muestras se llevaron al laboratorio para su posterior análisis. Se empleo una jama para coleccionar los insectos terrestres que colonizaron y sobrevolaron el cuerpo cuando este se encontraba en fase de flotación. Los insectos coleccionados se preservaron en etanol al 70% y fueron conducidos al laboratorio de invertebrados de la Universidad Nacional de Colombia para su posterior identificación.

6.3 Fase de Laboratorio

Las muestras de los macroinvertebrados coleccionados se limpiaron con agua destilada en una bandeja esmaltada y bajo estereoscopio; todos los invertebrados encontrados se preservaron en etanol al 95% para su identificación (Hobischak, 1997).

La identificación taxonómica de los ejemplares coleccionados se realizo en el laboratorio de invertebrados de la Universidad Nacional, empleando claves taxonómicas de Borror *et al.* (1992), Carrejo y González (1992), Smith (1986), Florez y Wolff (2009), Merritt y Cummins (1996), Fernandez y Dominguez (2001) Lopretto y Tell (1995) .

6.4 Fase de análisis.

Con los datos obtenidos se realizaron análisis estadísticos descriptivos, índices de similaridad de Sorenson cuantitativo y Morisita Horn. De igual manera se realizaron pruebas (Test) no paramétricas de Kruskal Wallis, para establecer si los insectos y la sucesión que se presentó en cada una de las condiciones vario de un punto de muestreo al otro. Se realizó un análisis de la varianza simple ANOVA con las mediciones de los factores fisicoquímicos de cada uno de los sitios de muestreo.

Se elaboraron matrices de ocurrencia (matrices sucesionales), de presencia ausencia de los individuos en cada uno de los estados de descomposición, para relacionarlo con el tiempo de sumersión.

7. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Fauna cadavérica

Durante los 77 días de muestreo se colectaron 5542 individuos de insectos acuáticos y terrestres, pertenecientes a 9 órdenes y 42 familias (Tabla 3). El orden Díptera fue el más abundante con el 71% de los individuos (Figura 4) (3930), representados principalmente por las familias Chironomidae (2905), Dixidae (265) y Muscidae (260). Seguido por el orden Odonata con el 22% (1200) individuos representado por las familias Coenagrionidae (828), Aeshnidae (284), Libellulidae (78); el orden Heteróptera 3% (166) y Coleóptera 3% (147), y en menores cantidades los ordenes Acarí de la clase Arácnida, Collembola, Ephemeroptera, Hymenoptera, Lepidoptera.

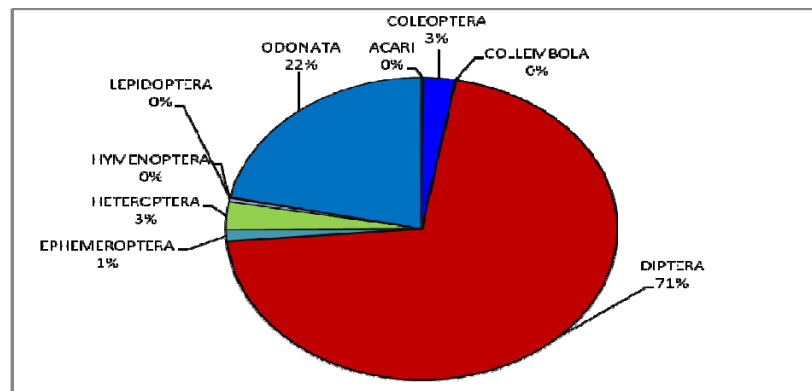
Tabla 3. Listados de insectos colectados en Cerdo 1 y 2 y el Sitio Control.

ORDEN	FAMILIA	GENERO	Total
ACARI	HYDROZETIDAE		2
	TETOCEPHEIDAE		1
			4
COLEOPTERA	CARABIDAE		2
	DYSTICIDAE	<i>Cybister</i>	1
			7
	ELMIDAE		3
	GYRIDAE	<i>Dineutus</i>	1
	HIDROPHILIDAE	<i>Tropisternus</i>	52
	SILPHIDAE	<i>Oxelytrum</i>	72
	STAPHYLINIDAE	<i>Caperlimus</i>	1
		<i>Psephidonus</i>	1
			2
INDETERMINADO		5	
COLLEMBOLA	ENTOMOBRYIDAE		1

DIPTERA	CALLIPHORIDAE	<i>Calliphora</i>	12
		<i>Chrysomia</i>	21
		<i>Compsomyiops</i>	15
		<i>Sarconesia</i>	18
	CHIRONOMIDAE		2905
	CLOROPIDAE		23
	CULICIDAE		77
	DIXIDAE	<i>Dixella</i>	265
	EPHYDRIDAE		47
	FANNIDAE		4
	HELEOMYZIDAE		1
	LONCHOPTERIDAE		1
	MUSCIDAE	<i>Limnophora</i>	19
		<i>Synthesiomyia</i>	139
			102
	PIOPHILIDAE		24
	PSYCHODIDAE		41
	SARCOPHAGIDAE		6
	SCATHOPHAGIDAE		1
	SCIOMYZIDAE	<i>Sepedon</i>	1
			1
	SEPSIDAE		2
	SPHAEROCERIDAE	<i>Leptocera</i>	63
	STRATIOMYZIDAE	<i>Stratiomys</i>	113
	SYRPHIDAE	<i>Eristalis</i>	2
			4
	PSYCHODIDAE		5
	TIPULIDAE	<i>Tipula</i>	2
			17
	EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	<i>Callibaetis</i>
<i>Camelobaetis</i>			64
HETEROPTERA	CORIXIDAE	<i>Ectemnostega</i>	1
		<i>Hesperocorixa</i>	1
		<i>Tricoroxina</i>	1
			2
	HYDROMETRIDAE	<i>Hydrometra</i>	4
	NOTONECTIDAE	<i>Buena</i>	6
		<i>Martarega</i>	40
		<i>Notonecta</i>	101
	SALDIDAE	<i>Saldula</i>	1

	VELIIDAE	<i>Microvelia</i>	8
			1
HYMENOPTERA	BRACONYDAE		17
			4
LEPIDOPTERA	COSSIDAE		1
			5
ODONATA	AESHNIDAE	<i>Rhionaeschna</i>	284
	COENAGRIONIDAE	<i>Enigmata</i>	828
	LIBELLULIDAE	<i>Sympetrum</i>	78
			8
Total general			5542

Figura 4. Porcentaje de abundancia de los órdenes coleccionados durante el muestreo



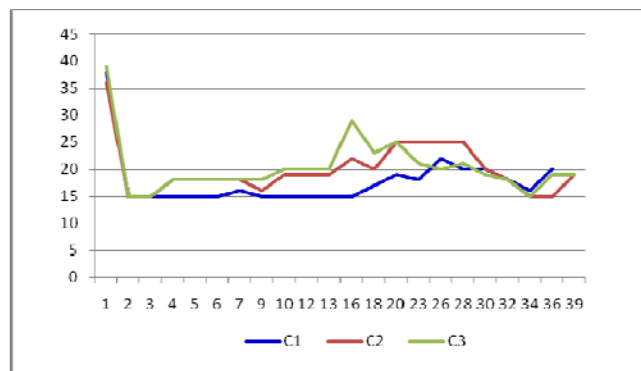
7.2 Estados de descomposición

7.2.1 Estado fresco:

Este estado inició con la muerte de los cerdos y su posterior hundimiento bajo el agua, y finalizó cuando se observó una leve flotación del abdomen. La duración de este estado fue de un día en los tres cerdos (0 – 1) (Tabla 4), la misma duración que reporta Cortés & Salazar (2006) en el municipio de Zipaquira (Cundinamarca); diferente a lo reportado por Barrios (2007) de 1 - 8 en ambiente lotico

y de 1 – 5 en el ambiente lentic en el municipio de Facatativa. Durante este estado no se observaron cambios físicos significativos en los cuerpos; pero si minutos después del hundimiento se observaron burbujas de sangre que salían hacia la superficie. Los fenómenos cadavéricos tempranos como las livideces, la rigidez cadavérica y la deshidratación no se registraron debido a que se observó que la medición de estos alteraba la dinámica de flotación de los cuerpos. Mientras que el enfriamiento cadavérico si fue evidenciado, la temperatura corporal descendió rápidamente a 15° C (figura 5) estando por debajo de la temperatura del agua que para el cerdo 1 y 2 era de 19° C y para el cerdo 3 era de 15,4°C. En ninguno de los cerdos se presentó colonización de insectos acuáticos en este estado; y debido a que el cuerpo se encontraba bajo el agua, los insectos terrestres no pudieron colonizar los cuerpos.

Figura 5. Temperatura rectal del Cerdo 1, Cerdo 2, Cerdo3.



7.2.2 Flotación temprana:

El abdomen fue la primera parte que se proyectó sobre el agua y es el signo evidente del inicio de este estado; la distensión abdominal comenzó al mismo tiempo en los tres cerdos, teniendo una duración de 6 días (2 – 7) (Tabla 4); Cortés & Salazar (2006) reportaron una duración para este estado de 18 días; Barrios (2007) reportó para este estado de 9 – 24 en la quebrada y 6 – 17 día en lago; la duración de este estado fue mucho mayor en los otros trabajos que en la presente investigación.

El cerdo 1 en general tomó una coloración blanca pálido pero en la parte expuesta del abdomen se observó una red de pequeñas venas que se conocen con el nombre de veteado venoso, a diferencia del cerdo 2 y 3 en la cual se formó la mancha verde de la fosa iliaca que evidencia la actividad bacteriana, que al pasar el tiempo se fue aclarando; estas diferencias se pueden atribuir a condiciones propias del cadáver o a la diferencia en la dinámica de flotación de los cuerpos.

Aproximadamente dos días después de haberse proyectado la parte abdominal los dípteros colonizaron los cuerpos (Calliphoridae y Muscidae) posándose sobre estos, y comenzaron a ovopositar especialmente cerca al metro que rodeaba al abdomen (**Figura 6**) y en los pliegues de los miembros inferiores. La colonización por parte de los insectos acuáticos se dio por individuos de las familias Chironomidae, Culicidae, Baetidae, Notonectidae, Aeshnidae, Libellulidae.

Figura 6. Postura de dípteros colonizadores Cerdo 1

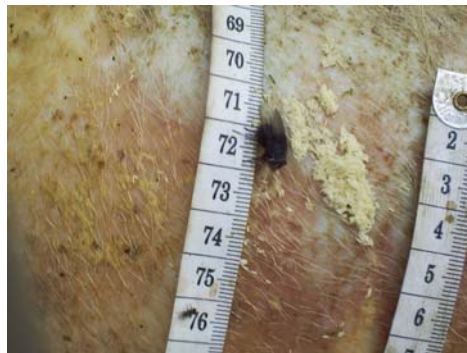








Tabla 4. Duración de los estados de descomposición en cada una de los cerdos.

CERDOS	TIEMPO DESPUES DE LA MUERTE																													
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12	13	16	18	20	23	26	28	30	32	34	36	39	43	50	57	64	71	77		
CERDO 1	Fresco	FLOTACION TEMPRANA	FLOTACION TEMPRANA	FLOTACION TEMPRANA	FLOTACION TEMPRANA	FLOTACION TEMPRANA	FLOTACION TEMPRANA	DESCOMPOSICIÓN FLOTANTE	DESCOMPOSICIÓN FLOTANTE	DESCOMPOSICIÓN FLOTANTE	DESCOMPOSICIÓN FLOTANTE	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	RESTOS FLOTANTES	RESTOS FLOTANTES	RESTOS FLOTANTES	RESTOS FLOTANTES	RESTOS HUNDIDOS		
CERDO 2	Fresco	FLOTACION TEMPRANA	FLOTACION TEMPRANA	FLOTACION TEMPRANA	FLOTACION TEMPRANA	FLOTACION TEMPRANA	FLOTACION TEMPRANA	DESCOMPOSICIÓN FLOTANTE	DESCOMPOSICIÓN FLOTANTE	DESCOMPOSICIÓN FLOTANTE	DESCOMPOSICIÓN FLOTANTE	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON
CERDO 3	Fresco	FLOTACION TEMPRANA	FLOTACION TEMPRANA	FLOTACION TEMPRANA	FLOTACION TEMPRANA	FLOTACION TEMPRANA	FLOTACION TEMPRANA	DESCOMPOSICIÓN FLOTANTE	DESCOMPOSICIÓN FLOTANTE	DESCOMPOSICIÓN FLOTANTE	DESCOMPOSICIÓN FLOTANTE	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	DETERIORO DE LA HINCHAZON	

-  FRESCO
-  FLOTACION TEMPRANA
-  DESCOMPOSICIÓN FLOTANTE
-  DETERIORO DE LA HINCHAZON
-  RESTOS FLOTANTES
-  RESTOS HUNDIDOS

7.2.3 Descomposición flotante:

La distención abdominal se fue acrecentando y haciendo que otras partes del cuerpo se expusieran hasta casi un 80% del cuerpo del cerdo; la duración de este estado fue de 6 días (9 – 13) para el cerdo 1 y de 8 días para los cerdos 2 y 3 (9 – 16) (**Tabla 4**) esto debido a que en el cerdo 1 las larvas perforaron el abdomen dejando orificios por los cuales los gases se escaparon más rápidamente y la deflación se inició antes que en los otros cerdos. Cortés & Salazar (2006) reportan una duración de 16 días, Barrios (2007) reportó para este estado una duración en la quebrada del día 25 – 43 y en el lago del día 18 al día 40; mucho mayor que para el presente estudio lo cual se pudo presentar por las condiciones ambientales propias de cada lugar como altitud, temperatura ambiental y del agua etc. Este estado se caracterizó por el desprendimiento de pelo, de piel, parte de la nariz y uñas (cascos) en los tres cerdos.

La flotación se presentó de manera diferente en los tres cerdos; en el cerdo 1 la exposición fue de costado pero dejando bien expuestos las orejas, los ojos y la parte anal (**Figura 7**), en donde se observaron la mayoría de las posturas de dípteros, y cuando eclosionaron las larvas empezaron hacer pequeños orificios para adentrarse en la parte abdominal, observándose al final de este estado una gran actividad larval.

Figura 7. Máxima distención abdominal y partes expuestas del Cerdo 1.



En el cerdo 2 la flotación se hizo más evidente y de los tres cerdos fue el de mayor distención abdominal, esto se pudo dar debido a que este cerdo estaba más expuesto al sol y las altas temperaturas hacen que la actividad bacteriana sea mayor, produciendo mayor cantidad de gases (Shean *et al*, 1993). A diferencia del cerdo 1 este cerdo proyectó más su parte abdominal (**Figura 8**), haciendo que las cuatro extremidades quedaran por fuera del agua, dejando la boca, una oreja y el pliegue de la extremidad superior derecha como los sitios de mayor ovoposición. La actividad larval se observó en la cabeza y fue por allí donde las larvas ingresaron al interior del cuerpo.

Figura 8. Máxima distención abdominal y partes expuestas del Cerdo 2.



El cerdo 3 fué el cerdo control y la flotación se presentó al contrario que el cerdo 2, debido a que las extremidades quedaron totalmente bajo el agua (**Figura 9**) dejando expuestos los ojos, las orejas, la herida, la parte dorsal y anal. Los sitios de mayor actividad larval fueron la zona de la herida, las orejas y la parte anal.

Figura 9. Máxima distensión abdominal y partes expuestas del Cerdo 3.



Los insectos acuáticos presentes en estado pertenecen a las familias Chironomidae, Culicidae, Dixidae, Baetidae, Notonectidae, Aeshnidae, Coenagrionidae. Los insectos terrestres adultos asociados a este estado de descomposición pertenecen a las familias Silphidae, Calliphoridae, Muscidae, Piophilidae, Sarcophagidae, Sphaeroceridae.

7.2.4 Deterioro de la hinchazón:

La mayor distensión abdominal se dió hacia el día 13 (**Figura 10**) después de la muerte en los tres cerdos y de ahí en adelante se observó la deflación debido a la salida de gran cantidad de gases y a la disminución de los tejidos por la alimentación larval. La duración de este estado para el cerdo 1 fue de 28 días (16 – 43) (**Tabla 4**). En este cerdo se pudo observar la actividad larval debido a que las larvas en el cerdo 1 crearon varios orificios dejando a los intestinos expuestos (**Figura 11**); en contraste en el cerdo 2 y 3 no hubo apertura en la parte abdominal si no por el contrario la actividad larval se dio internamente (**Figuras 12 y 13**).

Figura 10. Medición del perímetro abdominal del Cerdo 1, Cerdo 2, Cerdo3.

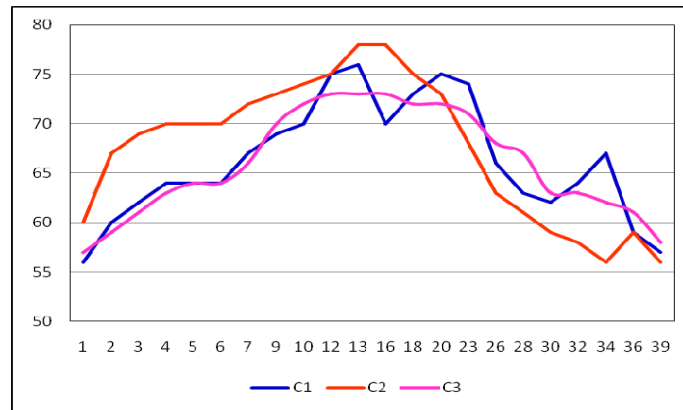


Figura 11. Actividad larval e intestinos expuestos del Cerdo 1.



Figura 12. Deflación y actividad larval interna del Cerdo 2.



Figura 13. Deflación y actividad larval interna del Cerdo 3.



La duración de este periodo para el cerdo 2 fue de 15 días (18 – 32) (Tabla 4) mucho menos tiempo que los otros dos cerdos debido a que por estar expuesto a los rayos solares favorece el crecimiento y desarrollo de las larvas; como se aprecia en la figura 5 la temperatura rectal del cerdo 2 del día 20 al día 28 fué mayor en este periodo, lo cual hace que la actividad larval sea intensa, por lo tanto los tejidos son consumidos más rápidamente. Para el cerdo 3 fue de 32 días (18-49), esto se pudo presentar debido a la posición del cuerpo ya que la parte abdominal quedó bajo el agua haciendo que la temperatura interna fuera menor (figura 5), lo que nos indica que la actividad bacteriana y larval fue menor. Adicionalmente la manipulación del cuerpo para la toma de insectos tanto terrestres como acuáticos pudo favorecer la salida de gases haciendo que la deflación se diera más rápidamente y que al salir los olores pútridos este se vuelva mucho más atrayente a los insectos necrófagos. Cortés & Salazar (2006) reportan una duración de 41 días para este estado, y Barrios (2007) reporta para la quebrada del día 41 al 51 y para el lago 41 – 48; tiempos post mortem muy cortos en comparación con la presente investigación y la realizada en Zipaquirá esto se puede presentar por las diferencias ambientales del lugar y de la época del año en que realizó.

Finalizando este estado se observó a las larvas de los dípteros terrestres migrando del cuerpo hacia diferentes partes, algunas se refugiaron bajo las hojas del buchón de agua y otras en la orilla de la poceta. De igual manera se observó gran cantidad de dípteros adultos de las familias Muscidae, Piophilidae, Sphaeroceridae, e individuos de las familias Braconyidae y Silphidae. Los insectos

acuáticos presentes en estado pertenecen a las familias Chironomidae, Dixidae, Baetidae, Notonectidae, Aeshnidae, Coenagrionidae, Staphylinidae, Libellulidae.

7.2.5 Restos flotantes:

Luego de la deflación los restos del cuerpo que aún persistieron fueron la piel con algo de adipocira y putrilago; en el putrilago se pudo observar muy pocas y pequeñas larvas de dípteros. La duración de este estado para el cerdo 1 fue de 34 días (49 – 82) mientras que para el cerdo 2 y 3 este estado se mantuvo hasta el final del muestreo. De la misma manera lo reportó Cortés & Salazar (2006) hasta los 85 días después de la muerte; a diferencia de lo reportado por Barrios (2007) debido a que en esta investigación este periodo fue muy corto en la quebrada del día 52 al 61 y en el lago del día 49 al 60.

En cuanto a los insectos terrestres se observó un aumento de dípteros adultos sobre los cadáveres y nuevamente se observaron pequeñas posturas sobre la piel seca de los cerdos, dándose una recolonización de los restos por individuos de las familias Muscidae, Calliphoridae. Insectos acuáticos pertenecientes a las familias Hydrophilidae y Stratiomyidae colonizaron los cuerpos al igual que permanecieron individuos de las familias Chironomidae, Dixidae, Notonectidae, Aeshnidae, Coenagrionidae, Libellulidae.

7.2.6 Restos hundidos:

Este estado se presentó únicamente en el cerdo 1 en el cual, gracias a los orificios en la piel hechos por las larvas de dípteros, el cuerpo no se conservó intacto por lo cual perdió gran cantidad de piel y esta al contacto con el agua se empezó a ablandar y a desprenderse en pequeños pedazos dejando expuestos a los huesos y por el peso de estos se hundieron (**Figura 14**). Algunos pedazos pequeños de piel permanecieron y se dispersaron dentro de la jaula. Barrios (2007) reportó una duración del día 62 al 80 en la quebrada y de 61 al 74 en el lago una duración similar que en la presente investigación. Pero al parecer este tiempo se encuentra asociado a la manera como los

insectos consumen los tejidos especialmente la piel, acelerando o retardando el proceso de descomposición y de esta manera se altera el intervalo postmortem.

No se observaron dípteros adultos ni inmaduros. Los insectos acuáticos colectados en los restos hundidos pertenecieron a las familias Hydrophilidae, Stratiomyidae, Chironomidae y Dixidae,

Figura 14. Hundimiento de los restos del Cerdo 1.



7.3 Comparación con los estados de descomposición terrestre

En el presente estudio se describieron 6 estados de descomposición, propuestos por Payne & Kind (1972) (Tabla 5); Segura (2008) describe 5 estados de descomposición en ambiente terrestre en la misma zona geográfica (en los alrededores del reservorio) (Tabla 5). La descomposición en el ambiente acuático tuvo una menor duración que en el ambiente terrestre, alcanzado la fase de esqueletización en un periodo de 77 días para uno de los cerdos. Los otros dos cerdos no alcanzaron este estado, mientras la esqueletización completa en ambiente terrestre se dió a los 97 días de muestreo. En ambiente terrestre los estados cromático y enfisematoso se presentaron del día 4-10 postmortem, mientras que en ambientes acuáticos las características de estos estados se dieron del día 2-16, comprendiendo los estados de flotación temprana y descomposición flotante, con una duración del doble de días que en el terrestre. El periodo colicuativo en ambiente terrestre

se presentó del 11-20 y en ambiente acuático comprende deterioro de la hinchazón y restos flotantes que se presentaron del día 16-49, tres veces más que en los terrestres. La razón para estas diferencias en la descomposición es la velocidad a la cual el cuerpo pierde calor, en el agua es dos veces la velocidad a la cual el cuerpo pierde calor que en aire (Smith, 1986; Gennard, 2007), así mismo las bajas temperaturas no favorecen la actividad bacteriana (Shean *et al*, 1993) ni la actividad de los insectos (Knight, 1997; Rodriguez, 1997 citados por Byrd & Castner 2001).

El estado de descomposición en el ambiente terrestre tuvo una duración del día 21-97 (Segura, 2008), mientras que en el ambiente acuático uno de los cerdos alcanzó este estado en restos hundidos del día 82-87, lo cual se presentó por que este cerdo tuvo una gran actividad larval de dípteros externa, esto ayudo a la remoción de la mayoría de piel por cuanto los restos óseos quedaron expuestos y propensos al hundimiento. En los otros dos cerdos la carcasa quedo intacta, la piel sufrió un apergamiento cutáneo, que hace que la descomposición se dé mas por hongos y bacterias que por insectos.

Tabla 5. Comparación de la duración de los estados de descomposición acuática con los reportados para el ambiente terrestre por Segura (2008).

PRESENTE ESTUDIO				SEGURA (2008)
	C1	C2	C3	
Fresco	0-1	0-1	0-1	Fresco 0-3
Flotación temprana	(2-7)	2-7	2-7	Cromático
Descomposición flotante	9 – 13	9 – 16	9 – 16	Enfisematoso 4-10
Deterioro de la hinchazón	16 – 43	18 – 32	18 – 32	Colicuativo 11-20
Restos flotantes	49 – 82	49--	49--	
Restos hundidos	77			Esqueletización 21- 97

7.4 Análisis Estadísticos

Los resultados obtenidos de los índices de similaridad y de la prueba de Kruskal Wallis entre los diferentes sitios de muestreo se resumen en la **Tabla 6**. Para la prueba no paramétrica se plantearon dos hipótesis nulas:

Ho1: No hay variación en el número de especies por conteo entre los sitios

Ho2: No hay variación en el número de especies por conteo entre la sucesión

Tabla 6. Índices de similaridad y Kruskal Wallis. Ct: Control, C1Int: cerdo 1 interno, C1Ext: cerdo 1 externo, C2Int: cerdo 2 interno, C2Ext: cerdo 2 externo

Muestras comparadas	Especies comunes	Sorenson cuanti.	Morisita-Horn	Kruskal Wallis.		
				H	Grados de Libertad	P
Ct - C2Ext	15 de 31	0.838	0.983	0.882	1	>0.25
				21.227	4	< 0.001
Ct - C2Int	13 de 30	0.430	0.954	0.743	1	>0.25
				26.271	4	< 0.001
Ct - C1Ext	13 de 32	0.825	0.976	0.0017	1	>0.95
				12.062	5	<0.05
Ct - C1Int	13 de 25	0.393	0.963	4.883	1	< 0.05
				19.074	5	< 0.01
C1Int - C1Ext	13 de 29	0.431	0.950	5.1328	1	< 0.05
				15.691	5	< 0.01
C1Int - C2Int	13 de 26	0.691	0.923	0.541	1	>0.25
				29.569	4	< 0.001
C1Ext - C2Ext	16 de 33	0.875	0.993	0.483	1	>0.25
				14.589	4	< 0.01
C2Int - C2Ext	15 de 32	0.446	0.979	4.657	1	< 0.05
				27.470	4	< 0.001
C1 terr- C2terr	15 de 22	0.717	0.84	0.384	1	>0.50
				33.676	3	< 0.001

Con el índice de Morisita Horn todos los sitios de muestreo presentan una alta similaridad. Según el índice de Sorensen cuantitativo se observa que los sitios más similares son las partes externas de los 2 cerdos, y estas con el sitio control respectivamente; de igual manera se observa una similaridad relativamente alta entre las zonas internas de los dispositivos; Así mismo este índice indica una baja similaridad del sitio control con las zonas internas de los cerdos y de estas con su respectiva zona externa.

Con la prueba no paramétrica todas las comparaciones de los sitios de muestreo presentan diferencias significativas en el número de especies por conteo en la sucesión (hipótesis 2), debido a que la aparición de insectos durante la sucesión se dio de manera diferente en los sitios por que existieron individuos que solo aparecen en un sitio y en el otro no, y viceversa; otros en cambio aparecen en las dos sitios pero en estadios de descomposición diferentes (**Anexo H**). Las comparaciones donde se presentan diferencias significativas en cuanto al conteo de especies por sitio de muestreo (hipótesis 1), son: por un lado las zonas internas de los dispositivos con las zonas externas de los mismos y por el otro la zona interna del dispositivo 1 con el sitio control, esto se pudo presentar debido a que las zonas externas y el sitio control poseen mayor riqueza y mayor abundancia de individuos que las zonas internas (con la excepción del sitio control y la zona interna del cerdo 2) (**Tabla 7**).. En general este conjunto de resultados se presenta debido a que el cerdo puede ser un sitio de anclaje y o alimentación pero no es atrayente para la fauna acuática, porque en las partes externas de la jaula y en el sitio control había buchón de agua, lo cual aumenta la riqueza y la abundancia de las especies.

Tabla 7. Número de especies y de individuos colectados en cada zona de muestreo.

Sitio	Muestra	N. especies	Nº individuos
Ct	1	21	1416
C1 Int	2	17	438
C1 Ext	3	24	1317
C2 Int	4	22	436
C2 Ext	5	25	1394
Total	-	-	5001

Para las variables fisicoquímicas el análisis de varianza univariado (ANOVA) dió como resultado que no existen diferencias significativas en las mediciones de estas variables entre los sitios de muestreo entre la temperatura de los sitios, entre la conductividad de los sitios y el oxígeno disuelto, debido a que le p valor es mayor a punto 0.05.

7.5 Secuencia de aparición de insectos acuáticos

Debido a que el sitio control y los sitios externos con los sitios internos presentan diferencias significativas, se describieron las matrices sucesionales (**Tablas 8 y 9**) de las zonas internas o en asociación al cuerpo. Se da un ISPM de 77 días para cuerpos inmersos en agua en esta zona; Barrios (2007) reporta un duración de 74 días para el ambiente lenticó en y de 80 días para el ambiente lotico en Facatativa; existiendo poca diferencia con el intervalo encontrado en la presente investigación. Cortes y Salazar (2006) reportan 85 días de ISPM hasta restos flotantes. En Canadá Hobischak (1997) reporta un ISPM de 300-336 días para aguas estancadas y de 40 a 360 días en aguas corrientes dependiendo de la estación. Cada proceso de descomposición en ambientes acuáticos como en terrestres es único y está influenciado por las condiciones ambientales de cada región, la fauna específica, el hábitat en que se desarrolle y aspectos propios del cadáver (Keiper y Casamatta, 2001; citados por Barrios, 2007).

Para la determinación de las especies asociadas a cada uno de los estados de descomposición se considero que estas estuviesen presentes tanto en el cerdo 1 como en el cerdo 2. Como se ve en las tablas 8 y 9, la colonización de los cuerpos se presentó en el estado de flotación temprana de manera diferente en los dos cerdos, esta se presentó primero en el cerdo 2 en el día 4 después de la muerte y en el cerdo 1 en el día 7 después de la muerte. Los individuos asociados a este estado y que colonizaron los dos cerdos pertenecen a Orthocladinae (Chironomidae), *Camelobaetis* (Baetidae), *Martarega*, *Notonecta* (Notonectidae); los individuos que solo colonizaron el cerdo 1 fueron Staphylinidae, Culicidae, y la especie *S. gilvum* (Libellulidae) (**Tabla 8**); los individuos que colonizaron únicamente al cerdo 2 fueron Chironominae, Tanypodinae (Chironomidae), y las especies *R. marchali* (Aeshnidae), *E.civile* (Coenagrionidae) (**Tabla 9**). En el día 7 después de la muerte para el cerdo 2 disminuye el número de especies en el cuerpo, permaneciendo en este

Chironominae, Orthocladinae (Chironomidae) y *Notonecta* (Notonectidae). A diferencia de lo reportado por Barrios (2007) quién reporta colonización desde el estado fresco y los taxones que comparte con la presente investigación en el ambiente lenticó son *Notonecta* (Notonectidae) y *Chironomus sp.* integrante de la familia Chironomidae y *Rionaeschna sp* de la familia Aeshnidae

En el estado de descomposición flotante se asocia la especie *R. marchali* en los dos cerdos debido a que se presenta durante todo este estado. En el cerdo 1 las subfamilias Chironominae, y Tanypodinae colonizaron este cerdo al igual que los géneros *Dixella* y *Buena*. En el cerdo 2 la descomposición se dio más lento y la sucesión contrasta con la del cerdo 1 debido a que se encontraron menor cantidad de especies y aparecen en los días de una forma irregular, cabe resaltar que para este estado no se presentó ninguna de las subfamilias de Chironomidae en este cerdo y estas son considerados de importancia forense (Byrd & Castner 2001); de igual manera sucedió en el trabajo realizado por Hobischak (1997), en donde no se colectó Chironomidos durante los meses de noviembre, enero y febrero.

Los individuos asociadas al estado de deterioro de la hinchazón son Chironominae, *Dixella*, *Notonecta*, *Martarega* y *E. civile*; aunque algunos individuos no se presentan durante todo el estado si no algunos en los primeros días y otros al finalizar (Tablas 8 y 9).

En el estado de restos flotantes se asociaron principalmente los individuos de Chironominae, *Notonecta* y *E civile*, debido a que se presentan en todo el estado; así como los individuos de *Tropisternus*, *Stratiomys* y Ephydriidae que se presentan por primera vez en los cuerpos marcando la finalización de este estado. En contraste Barrios (2007) reporta a *Tropisternus* durante toda la sucesión en el lago asociándolo a las macrofitas presentes en el lugar.

Únicamente el cerdo 1 alcanzó el estado de restos hundidos y hubo una marcada disminución de individuos presentándose nuevamente *Tropisternus* y *Stratiomys*, mientras que *Dixella* se presenta de manera irregular en todos los estados de descomposición.

Debido a las diferencias en las observaciones de la cantidad de especies y en la aparición y duración en los estados de descomposición se podría decir que estas observaciones solas pueden ser insuficientes en el establecimiento del ISPM; y deben emplearse en asociación con las características de los estados de descomposición anteriormente descritas.

Tabla 8. Matriz sucesional de insectos acuáticos del cerdo 1

ORDEN / DIA	FAMILIA /SUBFAMILIA	GENERO	ESTADOS DE DESCOMPOSICION															
			F.		F. T			D. F	D. H					R. F				R. H
			1	2	3	4	7	10	16	23	30	36	43	50	57	64	71	77
COLEOPTERA	HIDROPHILIDAE	<i>Tropisternus</i>																•
	STAPHYLINIDAE						•											
DIPTERA	CHIRONOMIDAE																	
	Chironominae							•	•	•			•	•	•	•	•	•
	Orthocladinae						•	•	•				•	•	•	•		
	Tanypodinae							•		•			•	•	•	•		
	CULICIDAE						•	•										
	DIXIDAE	<i>Dixella</i>						•					•	•				•
	EPHYDRIDAE																	•
	MUSCIDAE	<i>Limnophora</i>																•
	PSYCHODIDAE														•			•
	SEPSIDAE									•								
	STRATIOMYIDAE	<i>Stratiomys</i>																•
EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	<i>Camelobaetis</i>					•											
HETEROPTERA	NOTONECTIDAE	<i>Buenoa</i>						•										•
		<i>Martarega</i>					•			•			•					
		<i>Notonecta</i>					•				•	•	•	•	•	•	•	•
ODONATA	AESHNIDAE	<i>Rhionaeschna</i>						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	COENAGRIONIDAE	<i>Enallagma</i>								•		•	•	•	•	•	•	•
	LIBELLULIDAE	<i>Sympetrum</i>					•											•

F. =FRESCO, F. T.= FLOTACION TEMPRANA, D. F. = DESCOMPOSICIÓN FLOTANTE, D.H.= DETERIORO DE LA HINCHAZÓN, R. F.= RESTOS FLOTANTES, R. H.= RESTOS HUNDIDOS

• 1 - 10 ● 11 - 50 ● 51 - 100 ● > 100

7.6 Grupos funcionales y estados de descomposición.

Se clasificaron los taxones colectados de acuerdo con el grupo funcional al que pertenecen según sus relaciones tróficas, (Tabla 10) basados en Merrit y Cummins (1996). Este sistema de clasificación se utiliza para identificar de que manera los insectos acuáticos se asocian al proceso de descomposición en estos ecosistemas, enfoque el cual ha sido utilizado en otras investigaciones forenses (Hobischak, 1997; Byrd y Castner, 2001; Barrios, 2007)

Tabla 10. Clasificación de los insectos colectados en los grupos funcionales basados en Merrit y Cummins (1996)

GRUPO FUNCIONAL	MECANISMO DE ALIMENTACION	TAXONES	
Trozadores		COLEOPTERA	HIDROPHILIDAE <i>Tropisternus</i>
Colector-recolector	Detritivoros	DIPTERA	CHIRONOMIDAE Chironominae Orthocladinae DIXIDAE <i>Dixella</i> STRATIOMYIDAE <i>Stratiomys</i> SYRPHIDAE <i>Eristalis</i> <i>Camelobaetis</i>
		EPHEMEROPTERA	BAETIDAE
Predadores	Carnivoros	HETEROPTERA	HYDROMETRIDA E <i>Hydrometra</i> NOTONECTIDAE <i>Martarega</i> <i>Buena</i> <i>Notonecta</i> SALDIDAE <i>Saldula</i> VELIIDAE <i>Microvelia</i> <i>Rhionaeschna</i>
		ODONATA	AESHNIDAE COENAGRIONID AE <i>Enallagma</i> LIBELLULIDAE <i>Sympetrum</i>
		DIPTERA	CHIRONOMIDAE Tanypodinae
		COLEOPTERA	STAPHYLINIDAE CARABIDAE

			DYSTICIDAE
Raspadores	Hervivoros	HETEROPTERA	CORIXIDAE <i>Hesperocorixa</i>

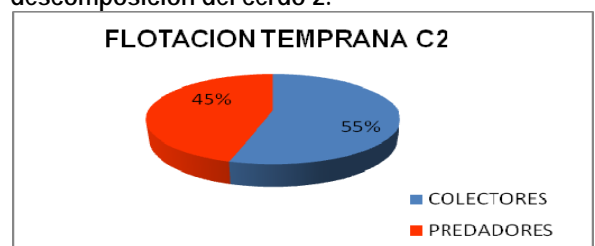
Aunque no se observa un patrón sucesional evidente en los grupos taxonómicos de insectos acuáticos, si se observó un patrón de acuerdo a los grupos funcionales asociados a los estados de descomposición (Figuras 15-24). Este patrón inicia siendo más abundante los predadores en los estados tempranos de la descomposición y luego son reemplazados por los colectores recolectores, trozadores y raspadores en los estados finales de la descomposición, sugiriendo que el cadáver se convierte en fuente de alimento, cuando emerge a la superficie, para los organismos terrestres; mientras que las partes inmersas son un recurso de anclaje y protección de los grupos estrictamente acuáticos (Barrios, 2007).

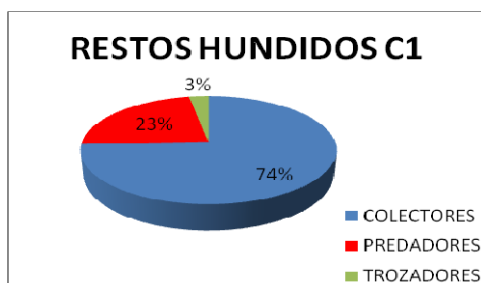
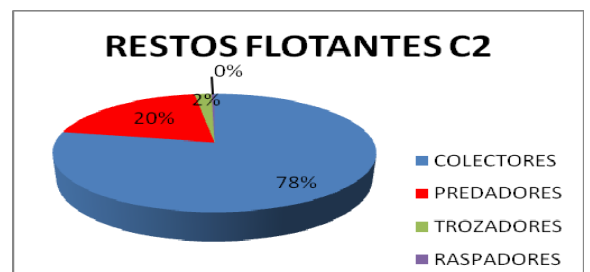
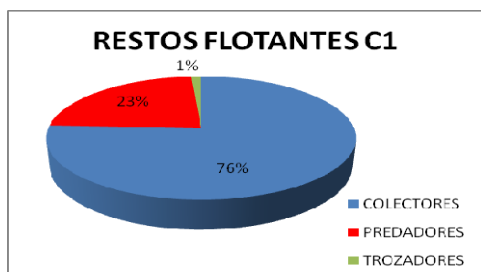
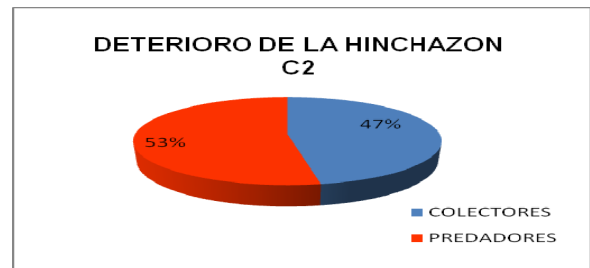
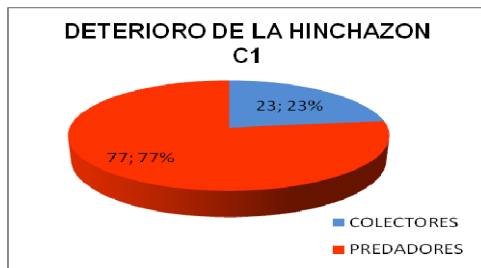
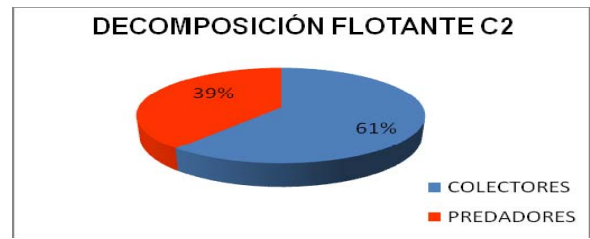
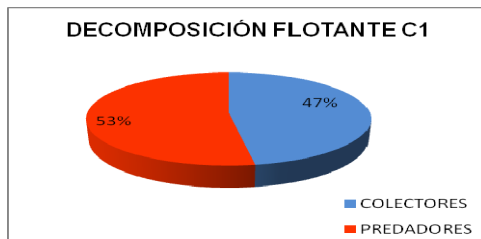
En los cerdos la colonización se realiza en el estado de flotación temprana, cuando las larvas de los dípteros terrestres ya han eclosionado especialmente en el cerdo 1 donde estas se encuentran expuestas y se vuelven presumiblemente atractivas para los predadores acuáticos (Barrios, 2007), por lo cual estos tienen una abundancia del 71%, mientras que en el cerdo 2 las masas larvales no son evidentes, siendo menos atractivo y el porcentaje de estos individuos es 45%. En contraste, en este cerdo se formó más rápidamente una capa de algas en la parte sumergida del cuerpo, que pudo haber atraído más a los colectores-recolectores (55%) que en el cerdo 1 (29%) y por esta razón la colonización se dio primero en este cerdo. Barrios (2007) reporta en el lago mayor porcentaje de predadores en esta fase y una disminución en los colectores y trituradores.

Figuras 15 -20. Porcentaje de individuos de acuerdo a los grupos funcionales en los estados de descomposición del cerdo 1.



Figuras 21-24. Porcentaje de individuos de acuerdo a los grupos funcionales en los estados de descomposición del cerdo 2.





En el estado de descomposición flotante se observó una disminución de los predadores y aumento en los colectores-recolectores. Esto se pudo presentar por el desprendimiento de piel, pelo y pezuñas (Figura 25) que caracterizó a este estado; los pedazos quedaban en suspensión alrededor de los cuerpos convirtiéndose en un recurso alimenticio para estos. En este estado, Barrios (2007) reporta un elevada proporción en los predadores y colectores y menores proporciones para los trituradores (trozadores) que en este estado no se presentaron en esta investigación.

Figura 25. Desprendimiento de piel.



Lo contrario ocurrió en el estado de deterioro de la hinchazón, en el cual se observó un aumento de los predadores en los dos cerdos, que concuerda con el abandono del cuerpo por parte de las larvas de dípteros terrestres, que quedan expuestas en el agua tratando de buscar la orilla o algún sitio propicio para la pupación. Algunas de estas se refugiaron bajo las hojas del buchón. En este estado en especial se observó a la especie *R. marchali* alimentándose de larvas de dípteros que caían al agua o directamente sobre el cuerpo (Figura 26). O tal vez se vean atraídos por los colectores-recolectores que se encontraban en el estado anterior. Estas características fueron más evidentes en el cerdo 1. A diferencia de lo reportado por Barrios (2007) en donde presentaron un mayor porcentaje los colectores que los predadores y los trituradores aumentaron la proporción en comparación con el estado anterior.

Figura 26. Larvas de *R. marchali* sobre el cuerpo de cerdo.



Tanto en restos flotantes como en hundidos, aparecen por primera vez los trozadores compuestos por el género *Tropisternus*, y vuelve a haber un aumento en colectores-recolectores ya en las partes hundidas de los cerdos. Se formó una densa capa de algas y debido a la manipulación de estos se desprendieron trozos de estas unidas a la piel que quedó flotando cerca al cuerpo. La disminución de los predadores se pudo dar debido a que se observó que la actividad larval de los dípteros era muy baja y la oferta de recursos alimenticios era proporcionada por el buchón. Barrios (2007) reporta de igual manera para estos estados un aumento en los colectores y en los trituradores (trozadores), y una disminución en los predadores en el lago.

7.7 Secuencia de aparición de insectos terrestres

El índice de similitud de especies entre el cerdo 1 y 2 es del 71% compartiendo 15 de las 22 especies; aunque la prueba no paramétrica indica que se presentan diferencias significativas entre el número de especies en la secuencia de aparición pero no en el conteo de las especies en los sitios. Se describirá la dinámica de aparición de los insectos teniendo en cuenta la artropofauna de los dos cerdos; basados en el comportamiento y no en la abundancia de los insectos (ya que la abundancia marca la predominancia de dichas especies durante la sucesión) debido a que por el diseño experimental en el cual se colectaba primero la fauna acuática y los datos físico-químicos la fauna terrestre adulta abandonaba el cuerpo y lo colectado no representa una muestra significativa de la fauna observada en los cuerpos en cada uno de los estados. De igual manera los estados de descomposición se presentaron de manera diferente en los dos cerdos pero la fauna terrestre tuvo un mismo comportamiento en cada uno de los estados sin importar su duración.

Los individuos que se encontraron únicamente en el cerdo 1 pertenecieron a, Heleomyzidae, *Microvella* (Vellidae), Braconyidae; las que se encontraron únicamente en el cerdo 2 son Sciomyzidae, Sepsidae, Coenagrionidae. La presencia de *Microvella* (Vellidae), Sciomyzidae y Coenagrionidae en los cuerpos es considerada de manera incidental o adventicia utilizando al cuerpo como una extensión de su hábitat y parte de su ambiente (Magaña, 2001; Smith, 1986; Catts y Haskell, 1997). En general el orden Hymenoptera ha sido reportado sobre los restos en diferentes categorías como predadores, parásitos y omnívoros (Smith, 1986; Catts y Haskell, 1997); En el

presente trabajo la familia Braconyidae fue observada parasitando larvas de dípteros que se encontraban sobre el cuerpo del cerdo 1, el cerdo 2 no tuvo masas larvales expuestas y por esta razón solo se encontró en este cerdo. Las familias Sciomyzidae y Sepsidae son consideradas especies necrófagas ya que sus larvas se alimentan directamente de los tejidos corporales (Smith, 1986); y la presencia de estos individuos allí se podría decir que se debe a condiciones microclimáticas, ya que el cerdo 1 estaba bajo la sombra de un árbol y el cerdo 2 se encontraba expuesto a los rayos solares directamente.

La colonización de los cuerpos se realizó en el estado de flotación temprana aproximadamente al tercer día después de la muerte por insectos necrófagos, observándose posturas de huevos de dípteros de la familia Calliphoridae; aunque en este tiempo no fue posible su colección debido a que el número era bajo y abandonaban el cuerpo rápidamente. Adultos de *Synthesiomyia sp.* (Muscidae) (**Tabla 11**) fueron los primeros en ser colectados de ahí en adelante se mantiene constante durante los primeros estados de descomposición. Al finalizar el periodo de restos secos no se colectó, ni se observó sobre los restos siendo la especie más abundante durante la sucesión. Este mismo comportamiento fue observado en el trabajo de Segura (2008) en ambiente terrestre, en el cual su máxima abundancia la obtuvo en el día 7 después de la muerte en los estados cromático y enfisematoso y que para el presente trabajo se compara con Flotación temprana y descomposición flotante en donde también se obtuvo su mayor abundancia.

Las especies de Calliphoridae que colonizaron primero los cuerpos fueron *C. nigribasis*, *Ch. albiceps*, *C. verena* y *S. magellanica*; (**Tabla 11**) colectándose en el estado de descomposición flotante y al finalizar el estado de deterioro de la hinchazón y comienzos de restos flotantes cuando se produce una recolonización observándose nuevas posturas. Este comportamiento fue diferente al que obtuvo Segura (2008) ya que *C. nigribasis* se presenta de una forma intermitente durante la sucesión y la presencia de *Ch. albiceps* fue constante a partir del día 6, al igual que *C. verena* la cual tuvo su mayor abundancia el día 12. La especie *S. magellanica* fue la primera colonizadora y se mantuvo durante los primeros 8 días de la sucesión. Barrios (2007) reporta las mismas especies para esta familia, pero únicamente incluye a larvas de *C. nigribasis* en la matriz de ocurrencia.

Otra especie de Muscidae no identificada y Piophilidae se mantuvo constante desde su aparición finalizando descomposición flotante hasta casi la mitad de restos flotantes. Estas familias están asociadas a procesos tempranos de descomposición y en restos secos, encontrándose involucradas en la determinación del IPM dependiendo de la región donde se encuentren (Byrd y Castner, 2001). La familia Piophilidae tuvo un comportamiento similar al ambiente terrestre en el trabajo de Segura (2008).

La familia Sarcophagidae se presentó en los estados de descomposición flotante y deterioro de la hinchazón colonizando los cuerpos después de Calliphoridae marcando estados donde la actividad larval de estos es intensa. En el ambiente terrestre esta familia se presentó de una manera irregular desde el estado fresco hasta el colicuativo, que comparado con el presente estudio corresponde a deterioro de la hinchazón.

Para la familia Sphaeroceridae, el género *Leptocera* se colectó constantemente durante la sucesión desde su arribo al cadáver en el estado descomposición flotante; mientras que el ambiente terrestre se presentó de manera irregular en los estados intermedios de la descomposición. Otro género colectado en el ambiente terrestre fue *Coproica* que fue mucho más constante en la sucesión, y que no mostró preferencias por cuerpos flotando en el agua.

O. discicolle (Silphidae) fue el único coleóptero terrestre que colonizó los cuerpos. Su arribo fue en descomposición flotante hasta restos flotantes, y su papel principal fue la depredación de larvas de dípteros hasta donde se observó mínima actividad larval, de la misma manera que lo reporta Barrios (2007); siendo más abundantes en el cerdo 1. Se observó en su forma adulta únicamente a diferencia del ambiente terrestre donde se presentó en forma larval y adulta (Segura, 2008).

Tabla 11. Matriz sucesional de insectos terrestres

• 1 - 10 • 11 - 50 ● 51 - 100 ●● > 100

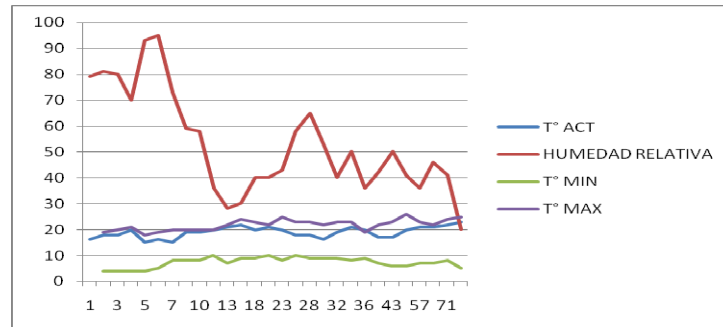
ESTADOS DE DESCOMPOSICIÓN		FLOTACION TEMPRANA	DESCOMPOSICION FLOTANTE				DETERIORO DE LA HINCHAZON												RESTOS FLOTANTES			
FAMILIA	GENERO/SP	7	9	10	12	13	16	18	20	23	26	28	30	32	34	36	39	43	50	57	64	71
SILPHIDAE	<i>O. discicolle</i>				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
CALLIPHORIDAE	<i>Calliphora nigribasis</i>		•			●					•								•			
	<i>Chrysomia albiceps</i>		•		•	•								•	•	•	•	•				
	<i>Compsomyiops verena</i>			•	•			•						•	•	•						
	<i>Sarconesia magellanica</i>			•	•									•	•	•						
CLOROPIDAE																		•		•	●	•
EPHYDRIDAE						•	•							•								
FANNIDAE				•	•												•					
HELEOMYZIDAE						•																
LONCHOPTERIDAE																						
MUSCIDAE	<i>Synthesiomyia sp</i>	•	•	•	•	●	●	•	●	●	•	•		●	●	●	•	•	•	•	●	
PIOPHILIDAE						•	•		•	•			•	•	•							
SARCOPHAGIDAE					•	•	•		•	•										•		
SCIOMYZIDAE								•														
SEPSIDAE								•														
SPHAEROCERIDAE	<i>Leptocera</i>			•		•		•				•		•	•		•	●		•	•	•
SYRPHIDAE			•			•		•														
VELIIDAE	<i>Microvelia</i>			•									•	•								
BRACONYDAE					•								•	•	•	•	•					
COENAGRIONIDAE				•																		

7.8 Condiciones ambientales

7.8.1 Temperatura ambiental y humedad relativa

Se registró temperatura ambiental máxima, mínima y actual (la hora del muestreo) al igual que la humedad relativa (**Anexo I**); el rango de temperatura que se presentó durante el periodo de muestreo fue de 16° a 23°C, el de humedad relativa fue del 20% al 95% (**Figura 27**). En los primeros días del muestreo se observó el mayor pico de humedad relativa (95%) debido a que estaba finalizando la época de lluvias, lo cual no era muy favorable para que los dípteros terrestres colonizaran los cuerpos. Por esta razón se observaron muy pocos adultos en este tiempo y su captura fue de muy pocos individuos. De igual manera, la temperatura fue la más baja registrada en el periodo del muestreo (16°C), al igual que el día 30 después de la muerte donde se volvieron a presentar algunas lluvias; presentándose una relación inversa cuando la humedad relativa aumentaba la temperatura disminuye y viceversa, haciendo que los días más calurosos era donde se presentaban mayor cantidad de dípteros adultos. Segura (2008) plantea que si se colecta individuos en un día lluvioso o frío los datos podrían estar sesgados y se perderá información valiosa para la estimación del IPM; debido a que los factores ambientales que ejercen un efecto mayor sobre el desarrollo de los insectos terrestres son probablemente la temperatura y la humedad relativa debido a que estos influyen sobre el nivel de respuesta a actividades tales como alimentación, dispersión, ovoposición o larviposición y en el ciclo de desarrollo (Marco, 2001). Por esta razón es que estos factores juegan un papel importante en las investigaciones forenses en ecosistemas terrestres, por lo tanto es de suponer que la temperatura tiene el mismo efecto en sistemas acuáticos (Byrd y Castner, 2001). Adicionalmente las temperaturas ambientales son importantes en la descomposición de los cuerpos debido al efecto que tienen los rayos solares en el cadáver actúan como un catalizador acelerando el proceso de descomposición y estimulando la actividad y desarrollo larval (Shean *et al.*, 1993); pero estos tienen influencia en la forma como las larvas de los dípteros terrestres transforman el cadáver, si se encuentran en condiciones de sombra las larvas pueden estar sobre el cadáver como lo ocurrido con el cerdo 1 mientras que si las larvas están expuestas a los rayos solares directos están se posan dentro o en los pliegues del cuerpo para evitar la desecación larval (Casst y Haskell, 1989) como lo ocurrido en los cerdos 2 y 3.

Figura 27. Temperatura mínima, máxima, actual y humedad relativa en la zona d muestreo.



7.8.2 Factores físico-químicos del agua

La lectura del pH fue de 7 (neutro); en todos los sitios se mantuvo durante todo el muestreo y en todos los estados de descomposición; este valor neutro no modifica los procesos de descomposición; pero puede propiciar la formación de la saponificación (Sánchez, 1994); lo cual no ocurrió en ninguno de los cuerpo pero si se formó el apergaminamiento cutáneo lo cual hace que el proceso de descomposición se aumente. Con respecto a las mediciones de Temperatura del agua, Oxígeno disuelto y conductividad (**Anexo I**) no se presentaron diferencias significativas entre los sitios de muestreo; mostrando así que estos factores no ejercen mayor influencia con respecto a la duración de los estados de descomposición ya que los factores no muestran diferencias pero la duración de los estados de descomposición de los cerdos sí. Al igual no mostraron alguna tendencia, en la aparición, ni en las abundancias de los insectos acuáticos obtenidos durante la sucesión; debido a que la temperatura fría del agua mantiene los niveles de oxígeno más o menos constantes pues favorece su solubilidad, independientemente del estado de descomposición. Sin embargo se debe tener en cuenta los niveles de oxígeno dado que algunos grupos de invertebrados acuáticos tienen adaptaciones respiratorias y comportamentales para vivir en aguas con altos o bajos niveles de OD, de esta forma la composición de la comunidad que colonice un cadáver será diferente dependiendo de la concentración de OD (Barrios, 2007)

8. CONCLUSIONES

Se estableció un intervalo de sumersión postmortem (ISPM) de 77 días, cuando uno de los cuerpos alcanzó el estado de restos hundidos.

La diferencia entre la secuencia de colonización de las zonas internas de los dispositivos no muestra un patrón sucesional evidente que permita la relación de los insectos acuáticos con un estado de descomposición en particular y el cual pueda ser empleado para la estimación del intervalo de sumersión postmortem (ISPM).

La secuencia de colonización de insectos acuáticos se presentó de manera diferente en los sitios de muestreo. Lo cual sugiere que el cuerpo de cerdo puede ser un sitio de anclaje y o alimentación pero no es atrayente para la fauna acuática.

La comunidad de insectos acuáticos presente en los cuerpos se clasificó en 4 grupos funcionales: los predadores predominaron en los estados de flotación temprana, descomposición flotante y deterioro de la hinchazón; mientras que Colectores-recolectores predominan en los estados de restos flotantes y restos hundidos al igual que trozadores y raspadores.

Las especies de insectos terrestres que colonizaron los cuerpos fueron *C. nigribasis*, *Ch. albiceps*, *C. verena* y *S. magellanica* de la familia Calliphoridae y adultos de *Synthesiomyia* sp. (Muscidae). Siguiendo un patrón sucesional que coincide con las especies encontradas en el ambiente terrestre pero que depende del inicio de la flotación de los cuerpos; y el cual podría ser un indicio en la estimación del intervalo de sumersión postmortem (ISPM).

Los factores fisicoquímicos no ejercieron mayor influencia en el proceso de descomposición, ni tampoco mostraron alguna tendencia en la aparición ni en la abundancia de los individuos que se presentaron durante el periodo de muestreo.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios posteriores en ambientes acuáticos sin protección contra grandes carroñeros, para observar el efecto de estos en el proceso de descomposición y en el intervalo de sumersión postmortem.

Se recomienda realizar estudios de sucesión de la entomofauna cadavérica simulando situaciones como traslado de cuerpos, muerte con armas corto punzantes, intoxicaciones entre otras, en ambientes acuáticos y en diferentes épocas del año.

Se recomienda realizar estudios en los cuales se investigue la dinámica de flotación de los cuerpos y en especial los factores que puedan alterar el tiempo del inicio de dicha flotación.

10. BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, G. S., VANLAERHOVEN, S. L. 1996. Initial studies on insect succession on carrion in Southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Sciences*. 41 (4): 617-625.

ANDERSON, G. S., VANLAERHOVEN, S. L. 1999. Insect succession on buried carrion in two biogeoclimatic zones of British Columbia. *Journal of Forensic Sciences*. Vol. 44, No. 1; p. 32-43.

ANDERSON, G. S. HOBISCHAK, N. R. 2004 Descomposición de carrion in the marine environment in British Columbia, Canada. *Int J Legal Med* 118: 206-209.

BARRETO, M., BURBANO M, E.,BARRETO, P. 2002. Flies (Calliphoridae, Muscidae) and Beetles (Silphidae) from human cadavers in Cali. *Mem Inst Oswaldo cruz, Rio de Janeiro*; Vol. 97 (1) 137-138.

BARRIOS, M. 2007. Artrópodos como indicadores en la determinación del intervalo de sumersión postmortem (ISPM) de cerdos (*Sus scrofa*) en dos ecosistemas dulceacuícolas andinos (Facatativá-Colombia. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias, Departamento de Ciencias Biológicas. Bogotá Colombia.

BEGON, M., J.L HARPER, C.R. TOWNSEND. 1996. *Ecología Individuos, Poblaciones y Comunidades*. Pags Capítulos Ediciones Omega, S:A.

BENEKE, M. 2001. A brief history of forensic entomology. *Forensic Sciences International* 120: 2-14

BOROR, D., TRIPLEHORN, C., JOHNSON, N. 1992. *Study of insects*. Sixth Edition, Harcourt Brace College Publishers. Unite States of America.

BYRD J. Y CASTNER, J. 2001. *Forensic Entomology the Utility of Arthropod in Legal Investigations*. Ed. CRC Press LLC . E.U.A. 418 p.

CALABUIG, J.A. 1991. Medicina Legal y Toxicología. Cuarta edición. Barcelona, España.

Salvat Editores S.A.

CAMACHO, G. 2003. Sucesión de la entomofauna cadavérica y ciclos de vida de las primeras especies colonizadoras, utilizando como modelo cerdo blanco (*Sus scrofa*) en la sabana de Bogotá. Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". Facultad de Ciencias y Educación. Proyecto curricular de Licenciatura en Biología. Trabajo de grado. Bogotá Colombia.

CAMPOBASSO, C., DI VELLA, G y F. INTRONA. 2001. Factors affecting decomposition and Diptera colonization. Forensic Science International 120: 18-27.

CAÑÓN, L. Y SEGURA, A. 2003. Efecto de cianuro y barbitúricos en el ciclo de vida de Dípteros colonizadores en hígados humanos bajo condiciones de campo en la Universidad Nacional de Colombia y de laboratorio en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, regional Bogotá. Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". Facultad de Ciencias y Educación. Proyecto curricular de Licenciatura en Biología. Trabajo de grado. Bogotá, Colombia.

CARREJO, N., GONZALEZ, R. 1992. Introducción al conocimiento de los Díptera. Colección de Edición previa. Universidad del valle. Serie Investifaciones. Cali Colombia.

CATTS, E. P. HASKELL, N. H. 1997. Entomology & Death: A Procedural Guide. Second Priting. Joyce´s Print Shop, Inc. Clemson, South Carolina. 182 p.

CORTÉS, R. Y SALAZAR M. 2006. Determinación de la artropofauna cadavérica y fenómenos de descomposición para cerdo domestico (*sus scrofa*) inmerso en agua en el municipio de Zipaquira, Vereda San Jorge, Finca El Jazmín. Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". Facultad de

Ciencias y Educación. Proyecto curricular de Licenciatura en Biología. Trabajo de grado. Bogotá, Colombia.

CURTIS, H., BARNES, S. 2000. Biología. Sexta Edición en Español. Editorial Medica Panamericana. 1946.

DILLON, L.C., and ANDERSON, G.S. 1995. Forensic entomology—the use the insects in death investigations to determine elapsd time sind;ce death. Technical Report TR-3-95. Canadian Police Research Centre, Ottawa, Ontario. 38 p.

FERANDEZ H., DOMINGUEZ, E. 2001. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Serie investigaciones.

FLOREZ, E., WOLFF, M. 2009. Descripción y clave de los estadios inmaduros de las principales especies de Calliphoridae (Díptera) de importancia forense en Colombia. Neotropical Entomology; 38 (3); 418-429.

GENNARD, D. 2007. Forensic Entomology: an Introducction. British Library.

GOFF, M. L. 1993. Festín de pruebas insectos al servicio forense. INFORME CIENTIFICO. No. 4. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Publicado Las Memorias del Taller de la Academia Americana de Ciencias Forenses, Reunión anual de la AAFS. Boston Boston 1 Massachussets, 28-34 p.

GUPTA, A., SETIA, P. 2004. Forensic Entomology – Past, Present and Future. Journal of Forensic Medicine and Toxicology 5 (1): 50-53.

HASKELL, N. H., McSHAFFREY, D. G., HAWLEY, D. A., WILLIAMS, R. E., & PLESS, J. E. 1989. Use of Aquatic Insects in Determining Submersion Interval. *Journal of Forensic Sciences* 9 (4): 227-235.

HOBISCHAK, N. R. 1997. Freshwater Invertebrate Succession and Decompositional Studies on Carrion in British Columbia, Technical Report TR-10-98. Canadian Police Research Centre, Ottawa, Ontario. 63 p.

HOBISCHAK, N. R. and ANDERSON, G. S. 2002. Time of Submergence Using Aquatic Invertebrate Successional and Descompositional Change. *Journal of Forensic Sciences* 47 (1): 142- 151.

JIMENEZ, S. S., LATORRE, L. 2003. Determinación de la incidencia del sol y la sombra en la sucesión de la entomofauna cadavérica en dos cerdos (*Sus scrofa*) ubicados en la Estación – XXVI- de Carabineros Coronel José A. Ramos del Parque Nacional Bogotá. Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”. Facultad de Ciencias y Educación. Proyecto curricular de Licenciatura en Biología. Trabajo de grado. Bogotá Colombia.

KEH, B. 1985. Scope and applications of forensic entomology. *Annual Review of Entomology*. 30: 137-154 p.

KEIPER, J B., CHAPMAN E G., FOOTE B A. 1997. Migde larvae (Diptera: *Chironomidae*) as indicators of Postmortem Submersion Interval of Carcasses in a Woodland Stream: a Preliminary Report. *Journal of Forensic Sciences* 42 (6): 1074-1079.

LOPRETTO, E., TELL, G. 1995. Ecosistemas de aguas continentales. Tomo III. Ediciones sur.

MACDONELL, N., and ANDERSON G.S. 1997. Aquatic Forensic Determination of Time Since Submergence Using Aquatic Invertebrates. Technical Report TR-09-97, Canadian Police Research Centre, Ottawa, Ontario. 24 pp.

MAGAÑA, C. 2001. La Entomología Forense y su aplicación a medicina legal. Data de la muerte. Aracnet 7- Bol. S.E.A., 28: 49-57.

MERRIT, R. W., CUMMINS, K. W. 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Tercera Edición. Kendel / Hont Publishing.

OLAYA L. A. 1999. Estudio de la entomofauna sucesional en el cadáver de dos cánidos en condiciones de campo. Universidad del Valle. Cali, Colombia. Trabajo de grado. 96 p.

ORDOÑEZ, A., FAGUA, G., GARCIA, M. D. 2004. Evaluación de la sucesión sarcosaprófaga asociada a cadáveres de conejo en la zona de Tenjo (Cundinamarca) utilizando trampas Schoenly cebadas. Resúmenes XXXI Congreso Socolen Pag. 51

ORTEGA, S. J. 2008. Estudio de la fauna sucesional asociada a la descomposición de un cadáver de cerdo doméstico (*Sus scrofa*) en condiciones de campo. Universitas Scientiarum; 13 (1); 21-32.

PAYNE, J. A., KING, E. W. 1979. Insect succession and decomposition of pig carcasses in water. Journal Georgia Ent Soc 1972; 7 (3); 153-62

PEREZ, S. P., DUQUE, P., WOLFF, M. 2005. Successional Behavior and Occurrence Matrix of Carrion-Associated Arthropods in the Urban Area in Medellín, Colombia Journal of Forensic Sciences Technical Note 50 (2) 1-7.

SANCHEZ, M. 1984. Medicina Legal. Bogotá Colombia.

SEGURA, A. 2008. Estimación del intervalo postmortem mediante la sucesión de la entomofauna cadavérica en la localidad 1 de Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Departamento de Biología Trabajo de grado. Bogotá Colombia.

SHEAN, B.S; MESSINGER, L and PAPWORTH, M. 1993. Observations of differential decomposition on sun exposed v. shaded pig carrion in coastal Washington State. *Journal of Forensic Sciences*. 38 (4): 938-949.

SMITH, K. 1986. *A Manual of forensic entomology*. Department of Entomology British Museum (Natural History) and Cornell University Press. London. 205 p.

SMITH, R. L., SMITH, T. M. 2000. *Ecología*. Cuarta Edición. Addison Wesley longmo, Inc.

TEKE, S. A. 1993. *Medicina legal*. Santiago de Chile. Editorial, Mediterráneo.

TRUJILLO, N. A. 1999. *Medicina forense*. Méjico. Editorial, Ciencia y Cultura Latinoamericana.

VANCE, G. M., VANDYK, J. K., Y ROWLEY W. A. 1995. A Device for sampling Aquatic Insects Associated with Carrion in Water. *Journal of Forensic Sciences* 40 (3) 479-482.

WOLFF, M., URIBE, A., ORTIZ, A. y DUQUE, P. 2001. A preliminary study of forensic entomology in Medellin Colombia. *Forensic Sciences International* 20: 53-5

11. ANEXOS

ANEXO A: PROTOCOLO PARA VARIABLES AMBIENTALES Y FISICO-QUIMICAS

SITIO _____ CERDO N° _____ CONTROL _____

FECHA	HORA	MEDICIÓN PERÍMETRO ABDOMINAL	T° RECTAL	T° AMBIENTE	T° AGUA	HUMEDAD R	O ₂ disuelto	PH	CLIMA				
									S	D	N	LL	

S: soleado, D: despejado, N: nublado y LL: lluvioso

ANEXO H: INSECTOS EN LOS ESTADOS DE DESCOMPOSICIÓN POR SITIO DE MUESTREO

ESTADO DE DESCOMPOSICION	C1		C2	
	EXT	INT	EXT	INT
FRESCO				
DIPTERA				
CHIRONOMIDAE	X		X	
Chironominae	X		X	
Orthocladinae			X	
Tanypodinae			X	
DIXIDAE				
<i>Dixella</i>	X		X	
EPHEMEROPTERA				
BAETIDAE				
<i>Camelobaetis</i>	X			
HETEROPTERA				
HYDROMETRIDAE				
<i>Hydrometra</i>			X	
NOTONECTIDAE				
<i>Martarega</i>	X		X	
<i>Notonecta</i>	X		X	
VELIIDAE			X	
ODONATA				
AESHNIDAE				
<i>Rhionaeschna</i>			X	
COENAGRIONIDAE				
<i>Enallagma</i>			X	
FLOTACION TEMPRANA				
ACARI	X			X
COLEOPTERA		X	X	X
COLLEMBOLA	X			
DIPTERA				
CHIRONOMIDAE				
Chironominae	X		X	X
Orthocladinae	X	X		X
Tanypodinae	X		X	X
CULICIDAE	X	X	X	
DIXIDAE				

<i>Dixella</i>	X		X	
TIPULIDAE			X	
EPHEMEROPTERA				
BAETIDAE				
<i>Camelobaetis</i>	X	X	X	X
HETEROPTERA				
CORIXIDAE				
<i>Ectemnostega</i>	X			
HYDROMETRIDAE				
<i>Hydrometra</i>				X
NOTONECTIDAE				
<i>Martarega</i>	X	X	X	X
<i>Notonecta</i>	X	X	X	X
LEPIDOPTERA			X	
COSSIDAE	X			
ODONATA				
AESHNIDAE				
<i>Rhionaeschna</i>	X		X	
COENAGRIONIDAE				
<i>Enallagma</i>	X		X	X
LIBELLULIDAE				
<i>Sympetrum</i>		X	X	X
DESCOMPOSICION FLOTANTE				
COLEOPTERA	X			
DIPTERA				
CHIRONOMIDAE				
Chironominae	X	X	X	X
Orthocladinae	X	X	X	X
Tanypodinae	X	X	X	X
CULICIDAE		X		
DIXIDAE				
<i>Dixella</i>	X	X	X	
TIPULIDAE	X			
EPHEMEROPTERA				
BAETIDAE				
<i>Camelobaetis</i>	X		X	X
HETEROPTERA				
CORIXIDAE			X	
NOTONECTIDAE				

<i>Buena</i>		X		
<i>Martarega</i>			X	X
<i>Notonecta</i>			X	X
LEPIDOPTERA			X	
ODONATA				
AESHNIDAE				
<i>Rhionaeschna</i>	X	X	X	X
COENAGRIONIDAE				
<i>Enallagma</i>	X		X	X
LIBELLULIDAE				
<i>Sympetrum</i>			X	
DETERIORO DE LA HINCHAZON				
COLEOPTERA			X	
DIPTERA				
CHIRONOMIDAE				
Chironominae	X	X	X	X
Orthocladinae	X	X	X	
Tanypodinae	X	X	X	
CULICIDAE	X		X	
DIXIDAE				
<i>Dixella</i>	X	X	X	
SEPSIDAE		X		
TIPULIDAE				
<i>Tipula</i>	X			
EPHEMEROPTERA				
BAETIDAE				
<i>Camelobaetis</i>	X		X	X
HETEROPTERA				
NOTONECTIDAE				
<i>Notonecta</i>	X	X	X	
ODONATA				
AESHNIDAE	X	X	X	X
<i>Rhionaeschna</i>	X	X	X	X
COENAGRIONIDAE	X	X	X	X
<i>Enallagma</i>	X	X	X	X
LIBELLULIDAE	X		X	
<i>Sympetrum</i>	X		X	
RESTOS FLOTANTES				
COLEOPTERA	X	X	X	X

DIPTERA	X	X	X	X
CHIRONOMIDAE	X	X	X	X
Chironominae	X	X	X	X
Orthocladinae	X	X	X	X
Tanypodinae	X	X	X	X
CULICIDAE	X		X	X
DIXIDAE				
<i>Dixella</i>	X	X	X	X
EPHYDRIDAE	X	X	X	X
MUSCIDAE	X	X		
PSYCHODIDAE	X	X	X	
STRATIOMYIDAE				
<i>Stratiomys</i>	X	X	X	X
SYRPHIDAE				X
<i>Eristalis</i>				X
TIPULIDAE				
<i>Tipula</i>			X	
EPHEMEROPTERA			X	
BAETIDAE			X	
<i>Camelobaetis</i>			X	
HETEROPTERA				
CORIXIDAE				
<i>Hesperocorixa</i>				X
NOTONECTIDAE				
<i>Buena</i>		X		
<i>Notonecta</i>	X	X	X	X
SALDIDAE				
<i>Saldula</i>				X
VELIIDAE				
<i>Microvelia</i>			X	X
ODONATA				
AESHNIDAE				
<i>Rhionaeschna</i>	X	X	X	X
COENAGRIONIDAE				
<i>Enallagma</i>	X	X	X	X
LIBELLULIDAE				
<i>Sympetrum</i>	X	X	X	X
RESTOS HUNDIDOS				
COLEOPTERA		X		

DIPTERA		
CHIRONOMIDAE		
Chironominae	X	X
Orthocladinae	X	
Tanypodinae	X	X
CULICIDAE	X	
DIXIDAE		
<i>Dixella</i>	X	X
STRATIOMYIDAE		
Stratiomys	X	X
HETEROPTERA		
NOTONECTIDAE		
Notonecta	X	
ODONATA		
AESHNIDAE		
Rhionaeschna	X	
COENAGRIONIDAE		
Enallagma	X	

ANEXO I: MEDICIONES DE LAS VARIABLES FISICOQUIMICAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO

DIA	T° MIN	T° ACT	T° MAX	HM% C	T° AGUA C1	OD C1	CON C1	PH	T° AGUA C2	OD C2	CON C2
1		16		79	14	3,4	80,6	7	14	4	84,6
2	4	18	19	81	19	3,1	79,3	7	19	3,8	80
4	4	20	21	70	16,5	2	76,4	7	17,7	2,7	76,7
7	8	15	20	73	16	3,5	81	7	17,2	2,8	75,8
10	8	19	20	58	16,8	5,6	74,1	7	19,7	5,7	75,4
16	9	22	24	30	18,4	5,5	70,7	7	22	5,9	66,6
23	8	20	25	43	19	6,1	69,3	7	22	5,6	72,2
30	9	16	22	53	16,8	5,4	79,6	7	17,9	4,2	76,6
36	9	20	19	36	15,2	3,9	103,3	7	15,6	5,6	102,9
43	6	17	23	50	17,8	4	130,1	7	19,5	5,1	132,6
50	6	20	26	41	15,7	2,9	160	7	16,6	3,5	172,9
57	7	21	23	36	15,8	3,5	155,6	7	17,3	5,8	169
64	7	21	22	46	15	5,2	170,2	7	15	5,2	170,2
71	8	22	24	41	17,2	6,5	174,1	7	18,9	7,6	162,3
77	0	23	25	20	15,9	6	193		16,2	7,5	185,3

DIA	T° AGUA C3	OD C3	CON C3	T° AGUA S. CONTROL	OD S. CONTROL	CON S. CONTROL
1	14	3,8	84,2	14	4	80
2	15,4	4	84,5	16,1	4	81,3
4	18	3,9	72,5	16,5	5	70,4
7	16,7	3,8	72,3	17,8	2,1	74,1
10	18,2	5,2	75,4	16,3	4,6	71,4
16	19,9	5,5	68,4	18,2	5,2	67,1
23	19,5	5	72,8	18,4	5,2	70,8
30	17,3	5	79,8	18,1	5	78,2
36	16,5	6,9	16,1	15,5	3,1	100,6
43	17,5	3,5	136,4	17	3,2	135,9
50	18,2	5,1	154,3	17,2	3,2	147,6
57	17,4	5,9	167,9	16,9	4,1	155,4
64	15,7	7,2	167,2	15,3	5,8	170,4
71	21,2	6,9	167,4	18,2	5	175,9
77	15,8	7	180,4	15,6	3,5	198