

MOSCAS CALIFÓRIDAS (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) DE INTERES FORENSE
ASOCIADAS A AMBIENTES URBANOS DE BOGOTÁ

MISAELEONARDO LÓPEZ CEPEDA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE CIENCIAS

PROGRAMA DE BIOLOGÍA

BOGOTÁ

2011

MOSCAS CALIFÓRIDAS (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) DE INTERES FORENSE
ASOCIADAS A AMBIENTES URBANOS DE BOGOTÁ

MISAELEONARDO LÓPEZ CEPEDA

Ingrid Schuler

Decana académico

Andrea Forero Ruíz

Directora de carrera

MOSCAS CALIFÓRIDAS (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) DE INTERES FORENSE
ASOCIADAS A AMBIENTES URBANOS DE BOGOTÁ

MISAELEONARDO LÓPEZ CEPEDA

Giovanny Fagua González

Director

Adriana Sáenz Aponte

Jurado

Nota de advertencia

“La universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará por que no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por que la tesis no contenga ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la Verdad y la Justicia”.

Artículo 23 de la Resolución No. 13 de julio de 1946

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de manera muy especial a mis padres por su sacrificio al brindarme la oportunidad de estudiar en esta universidad en la cual aprendí mucho más de lo que me imaginaba.

Quiero dar gracias a Giovanni Fagua que de una forma u otra, ayudó a llevar a cabo este proyecto a este nivel.

También agradezco los consejos y ayudas recibidas por mis hermanas, amigos y el Frigorífico Guadalupe.

RESUMEN

La entomología médico-legal es la rama de la entomología forense encargada del uso de artrópodos como evidencia en investigaciones legales relacionadas con muertes. Su uso permite reconocer sospechosos y víctimas, asociar sospechosos escenas de muerte y reconocer asaltos sexuales entre otras cosas, su aplicación más importante es la estimación del tiempo entre la muerte y el hallazgo del cadáver. Los artrópodos hacen la descomposición cadavérica, un proceso continuo y medible, los de mayor importancia forense, pertenecen a la familia Calliphoridae (Diptera), los califóridos pueden colonizar (ovopositar) cadáveres frescos en minutos usándolos como recurso para el desarrollo de sus estadíos inmaduros. En donde se desee aplicar la entomología médico-legal se requiere un conocimiento detallado de los patrones sucesionales específicos, composición e historias de vida de los artrópodos de importancia forense locales. En el área urbana de Bogotá no se conoce detalladamente la composición de califóridos, pues la mayoría de estudios se realizaron en zonas rurales. Además existe evidencia de que la abundancia y distribución de califóridos varía con el hábitat y temporada.

Buscando ampliar el conocimiento de la composición de califóridos del área urbana de Bogotá, se identificaron las especies de califóridos (Diptera: Calliphoridae) asociadas a los ambientes urbanos de 11 localidades en estación lluviosa, realizando cinco muestreos por localidad empleando jameo *ad hoc* direccionado. Se categorizó el grado de asociación de las especies a cada localidad estudiada de acuerdo a su abundancia relativa, abundancia e incidencia. Se presentaron variaciones espaciales y espacio-temporales en la composición. *Lucilia sericata*, *Calliphora vicina* y *Sarconesiopsis magellanica* fueron las especies más numerosas en la mayoría de sitios y se registró a *Roraimomusca roraima* por primera vez en Bogotá. Los datos obtenidos permiten la descripción de la composición urbana de califóridos por localidad en la estación lluviosa.

INTRODUCCIÓN

Este fue un estudio descriptivo que amplió notablemente el conocimiento de la composición de califóridos de Bogotá al agregar una nueva especie al inventario capitalino. El conocer la composición de califóridos de una zona permite reconocer las especies de mayor importancia forense de dicha zona. Amat (2009) reveló información taxonómica, geográfica y ecológica de las subfamilias Chrysomyinae y Toxotarsinae en Colombia, mediante la revisión de especímenes en colecciones biológicas, 80 de estos capturados en Bogotá, pero estos datos en conjunto no son suficientes para describir la composición de califóridos de Bogotá.

En este estudio la población de referencia fueron los califóridos presentes en los 11 ambientes urbanos estudiados. La población de estudio los califóridos que pudieron haber sido capturados con la metodología propuesta en los sitios estudiados, durante el lapso de tiempo que duraron los muestreos. Y el subconjunto de califóridos capturados fue la muestra.

JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La entomología forense estudia el análisis de artrópodos como evidencia en investigaciones forenses y legales (Amendt *et al.*, 2011), se divide en entomología urbana, entomología de productos almacenados y entomología médico-legal. La entomología médico-legal estudia el uso de artrópodos como evidencia en la resolución de muertes, en especial muertes violentas (Byrd y Castner, 2001). En Colombia hay un alto número de homicidios, por eso la entomología médico-legal despierta mucho interés que se refleja en la realización reciente de numerosas publicaciones nacionales (Barrios y Wolff, 2011; Segura *et al.*, 2011; Grisales *et al.*, 2010; Rueda *et al.*, 2010; Segura *et al.*, 2009; Ordoñez *et al.*, 2008; Vélez y Wolff, 2008; Martínez *et al.*, 2007; Camacho, 2005; Pérez *et al.*, 2005; Segura *et al.*, 2005; Barreto *et al.*, 2002; Wolff *et al.*, 2001; Usaquén y Camacho, 2000). La entomología médico-legal permite obtener información relativa a la identificación de sospechosos y víctimas, el ligamiento de sospechosos a escenas de muerte, el traslado o almacenaje de restos, el reconocimiento de asaltos sexuales, el

tiempo transcurrido desde un desmembramiento, decapitación o sumersión y el reconocimiento de traumas y artefactos *post-mortem* en el cadáver (Amendt *et al.*, 2011; Wells y Stevens, 2008), pero su aplicación más importante es la estimación del tiempo entre la muerte y el hallazgo del cadáver o intervalo *post-mortem* (IPM) (Amendt *et al.*, 2007). El método más confiable para estimar el IPM es el entomológico, especialmente 72 horas después de la muerte (Amendt *et al.*, 2011; Amendt *et al.*, 2007; Campobasso e Introna, 2001). Los artrópodos hacen de la descomposición cadavérica un proceso continuo y medible al colonizar (ovopositar) cadáveres frescos en minutos u horas (Amendt *et al.*, 2011). La descomposición cadavérica se puede medir como una manera de estimar el IPM, tomando datos de la composición o duración del desarrollo de las especies de interés forense encontradas en un cadáver (Amendt *et al.*, 2011). Los datos de duración de desarrollo se obtienen en estudios donde se mide el cambio a través del tiempo de una o más variables de crecimiento en una especie de interés forense a temperatura conocida. Los datos de composición se obtienen en estudios que evalúan el cambio en composición de fauna cadavérica de artrópodos (sucesión cadavérica) a través del tiempo, en uno o más cadáveres. El estudio de la sucesión cadavérica de artrópodos permite asociar cada taxón a un estado de descomposición y un IPM. Las especies que acceden al cadáver direccionan la descomposición, su identificación en una zona reviste gran importancia.

Distintos gremios de artrópodos colonizan al cadáver en concordancia con sus preferencias ecológicas, estos gremios son: los necrófagos, que se alimentan del cadáver, los predadores y parásitos de necrófagos, que consumen a los necrófagos, los omnívoros, que consumen al cadáver y a otros artrópodos y los adventicios, que utilizan el cadáver como extensión de su hábitat natural (Wolff *et al.*, 2001). Los insectos necrófagos que usan el cadáver como recurso para el desarrollo de sus etapas inmaduras (colonizadores) y que frecuentemente son los primeros en colonizar un cadáver, son los más importantes para establecer de forma precisa el IPM (Krüger *et al.*, 2010; Vélez y Wolff, 2008; Wolff *et al.*, 2001). Estos artrópodos suelen ser moscas (Diptera) de las familias Phoridae, Sarcophagidae, Muscidae, y Calliphoridae (Yusseff, 2007; Disney, 2005) que es la familia más importante (Brundage *et al.*, 2011; Byrd y Castner, 2001). Los califóridos usualmente son el primer taxón en colonizar cadáveres frescos, pues su desarrollado olfato les permite colonizar cadáveres horas o minutos después de la muerte (Amendt *et al.*, 2011). Los califóridos pueden encontrarse en todos los estados de descomposición cadavérica (Prado e Castro *et al.*, 2011; Segura *et al.*, 2009; Ordóñez *et al.*,

2008; Wolff *et al.*, 2001). Por ello el rango de distribución de los califóridos es frecuentemente utilizado por entomólogos forenses durante investigaciones de muertes (Byrd y Castner, 2001).

El conocer la distribución, biología y comportamiento de los insectos encontrados donde un cadáver fue hallado, brinda información del cómo, cuándo, dónde y bajo qué circunstancias una persona murió o un crimen fue cometido (Amendt *et al.*, 2007). Para aplicar la entomología médico-legal en una jurisdicción determinada, se necesita un conocimiento detallado de los patrones sucesionales específicos, composición e historias de vida de los artrópodos de importancia forense de dicha zona (Brundage *et al.*, 2011). Esto implica un conocimiento de su distribución geográfica y preferencias micro-ambientales. Pues hay variaciones geográficas en la composición de la sucesión cadavérica de especies de importancia forense y en la duración de su desarrollo (Gallagher *et al.*, 2010; Byrd y Castner, 2001). Así mismo, existe evidencia de que la abundancia y distribución de califóridos varía de acuerdo con la época del año y hábitat (Brundage *et al.*, 2011). No es de extrañar que existan diferencias en la composición de califóridos entre las distintas localidades urbanas de una ciudad tan extensa y heterogénea como Bogotá cuya área urbana alcanzaba las 32.000 hectáreas para 2003 (Preciado, 2009).

Bogotá es la tercera ciudad de Colombia en homicidios (Acero, 2011), se encuentra dividida en 20 localidades, 19 de las cuales presentan áreas urbanas, sin embargo las variaciones en composición de califóridos no han sido debidamente detalladas. Los estudios experimentales de sucesión cadavérica en cerdo realizados en la sabana de Bogotá se hicieron en zonas rurales de municipios vecinos (Barrios y Wolff, 2011; Ordoñez *et al.*, 2008; Camacho, 2005) y en una zona semi-rural de Usaquén (Segura *et al.*, 2009). Los patrones sucesionales del área urbana no son equivalentes a los del área rural o semi-rural, pues la composición y abundancia de califóridos en áreas rurales o semi-rurales no iguala la de áreas urbanas. Las especies de califóridos presentan diferente sinantropía o grado de asociación de una especie animal con el hombre (Amat, 2009; Figueroa-Roa y Linhares, 2002). Por otro lado la composición de califóridos presentes en la sucesión cadavérica puede conocerse mediante la colecta de califóridos adultos (Brundage *et al.*, 2011). Amat (2009) identificó 80 califóridos adultos de solo dos subfamilias colectados en Bogotá, pero no son suficientes para otorgar una descripción detallada de la composición y abundancia de califóridos de las localidades urbanas de Bogotá. Pues la sinantropía de las

especies varia y la composición puede variar según la época del año a un nivel que permite estimar la temporada de muerte (Brundage *et al.*, 2011; Arnaldos *et al.*, 2004).

Puesto que la estimación precisa del IPM de un cadáver en una zona determinada depende del conocimiento profundo de la composición de artrópodos de interés forense en la zona (Brundage *et al.*, 2011) y teniendo en cuenta que la familia Calliphoridae es la más importante para establecer el IPM. En este estudio, se identificó cuáles son los califóridos asociados a los ambientes urbanos de 11 localidades de Bogotá en época lluviosa.

MARCO TEÓRICO

La entomología forense es la rama de la ciencia forense que usa información de artrópodos como evidencia para alcanzar conclusiones en investigaciones legales (Gennard, 2007), se divide en entomología urbana, entomología de productos almacenados y entomología médico-legal. La entomología urbana se concentra en conflictos por molestias causadas por insectos y la entomología de productos almacenados en inconvenientes legales causados por productos contaminados por artrópodos o sus partes. La entomología médico-legal, estudia el uso de artrópodos en la resolución de investigaciones legales de muertes (Byrd y Castner, 2001).

Aparte de reportes en China del siglo XIII y contribuciones artísticas posteriores, las primeras observaciones de artrópodos como indicadores forenses las hicieron Reinhard y Hofmann, quienes cofundaron la entomología médico-legal en los años ulteriores de los 1880 (Benecke, 2001). Yovanovich y Mégnin iniciaron la entomología médico-legal como ciencia (Amendt *et al.*, 2004) cuya principal aplicación es la estimación de intervalo *post-mortem* o IPM. El IPM, en la ausencia de testigos, es el tiempo entre la muerte de un organismo y el hallazgo de su cadáver (Amendt *et al.*, 2007). Aunque la observación de procesos naturales asociados a la descomposición cadavérica permite estimar el IPM en las primeras 72 horas de muerte, la precisión de estas observaciones disminuye rápidamente. En contraste, al colonizar cadáveres de forma secuencial y predecible (Byrd y Castner, 2001), los artrópodos son evidencia precisa para estimar el IPM en las 72 horas iniciales y hasta meses después de la muerte (Amendt *et al.*, 2011;

Amendt *et al.*, 2007). Los artrópodos hacen de la descomposición cadavérica un proceso continuo y medible (Amendt *et al.*, 2011) pero al no poder regular su temperatura corporal, su tasa de desarrollo depende de la temperatura ambiental (Gennard, 2007). La temperatura ambiental regula la velocidad con la cual un cadáver alcanza los estados de descomposición cadavérica (Carter *et al.*, 2007) explicados a continuación:

1. **Fresco:** asociado con el cese de actividad del corazón y el agotamiento del oxígeno interno del cadáver, comienza con la muerte y finaliza con los primeros signos de hinchamiento.
2. **Hinchado:** la presión por acumulación de gases producto de la descomposición hincha el cadáver y fuerza a la expulsión de fluidos internos.
3. **Descomposición activa:** se caracteriza por una pérdida rápida de biomasa, la piel se empieza a desprender del cuerpo, permitiendo el escape de los gases acumulados y el cese de la hinchazón.
4. **Descomposición avanzada:** el cadáver se seca por fuera y empieza a oler a queso.
5. **Esqueletización:** el cadáver queda reducido a pelos y huesos (Carter *et al.*, 2007; Gennard, 2007).

Los artrópodos de mayor importancia forense son dípteros de la familia Calliphoridae (Byrd y Castner, 2001), cuyo ciclo de vida comprende 4 estadios; huevo, larva, pupa y adulto, el estadio larval presenta tres instar, el tercero comprende dos fases delimitadas por cambios comportamentales; alimentaria y post-alimentaria (Reibe *et al.*, 2010). El IPM puede estimarse desde dos enfoques:

1. **General:** emplea datos de la composición de la comunidad de artrópodos del cadáver obtenidos en estudios experimentales generales, en los cuales, se mide el cambio en la composición a través del tiempo, en uno o más cadáveres. Generalmente cadáveres de cerdo (*Sus scrofa*) por sus procesos de descomposición muy semejantes con los humanos (Camacho, 2005). En estos estudios se mide el IPM máximo, o tiempo entre la fecha de muerte y el hallazgo del cadáver, y el IPM mínimo, o tiempo entre la colonización (ovoposición) y el hallazgo (Byrd y Castner, 2001). Los datos de composición se resumen en tablas sucesionales que muestran la composición diaria (IPM). La estimación del IPM se realiza comparando la composición del cadáver investigado con las tablas. En los estudios generales se identifican las especies cuya

historia de vida debe ser evaluada, las cuales son necrófagas y emplean el cadáver como recurso para el desarrollo de sus estadios inmaduros (Krüger *et al.*, 2010; Wolff *et al.*, 2001).

2. **Específico:** emplea datos de la duración del desarrollo de una especie de interés forense a distintas temperaturas (constantes o fluctuantes) (Amendt *et al.*, 2011) que son resumidos en modelos matemáticos que muestran su variación en distintas temperaturas, pues la tasa de crecimiento de los insectos depende de la temperatura (Gennard, 2007). Los datos son obtenidos en estudios experimentales específicos midiendo el cambio a través del tiempo de las variables de crecimiento a temperatura conocida. Estas variables pueden ser cuantitativas como la longitud, peso y ancho larval, o cualitativas como las mudas, cambios morfológicos y comportamentales. En un cadáver, la edad de los individuos más viejos estimada mediante la observación de dichas variables es el IPM mínimo (Amendt *et al.*, 2007; Byrd y Castner, 2001).

En muchos países la entomología forense se acepta como herramienta significativa de la ciencia forense (Amendt *et al.*, 2004) pero en Colombia no (Yusseff, 2007). En el país los estudios de entomología médico-legal comienzan en 1999 principalmente en Bogotá y Medellín (Yusseff, 2007). En estos trabajos se aborda el enfoque general, ya que se miden datos del cambio en la composición a través del tiempo en la sucesión cadavérica. La sucesión cadavérica es el recambio de especies asociadas a un cadáver a través del tiempo. El IPM puede estimarse con un análisis de la fauna de artrópodos del cadáver (artropofauna cadavérica) conociendo los patrones sucesionales del área en un conjunto de circunstancias (Byrd y Castner, 2001).

Los estudios experimentales locales son necesarios para emplear el método entomológico en las investigaciones legales de una jurisdicción determinada, pues la composición de la sucesión cadavérica de artrópodos y su tasa de desarrollo varía geográficamente (Gallagher *et al.*, 2010; Byrd y Castner, 2001). La estimación precisa del IPM depende del conocimiento detallado de los patrones sucesionales específicos, composición e historias de vida de los artrópodos de importancia forense locales (Brundage *et al.*, 2011). En Colombia no hay estudios contundentes de la historia de vida de los artrópodos de importancia forense, ni un conocimiento adecuado de su composición en zonas urbanas y rurales (Yusseff, 2007). El conocimiento de la composición de especies de interés forense en Bogotá está incompleto, pues faltan estudios en el área urbana pero también existen variaciones estacionales aun no documentadas que puede sufrir la composición y abundancia de califóridos (Wall *et al.*, 2001).

La distribución y abundancia de califóridos (Diptera: Calliphoridae) varia con el hábitat y la época del año (Brundage *et al.*, 2011). Amat (2009) realizó un estudio en el cual examinó 80 califóridos colectados en Bogotá (la mayoría del área urbana) para evaluar la distribución de las subfamilias Chrysomyinae y Toxotarsinae en Colombia. Aunque la colecta de califóridos adultos es un método efectivo para encontrar las especies de interés forense asociadas a una zona (Brundage *et al.*, 2011), los datos obtenidos en el estudio de Amat no permiten asociar con suficiente detalle los califóridos de importancia forense a las localidades urbanas de Bogotá. Estos datos solo toman en cuenta dos subfamilias de Calliphoridae. Bogotá es la tercera ciudad de Colombia en número de homicidios y la primera en suicidios y accidentes fatales, la capital presentó 2318 muertes no naturales en 2010 (Acero, 2011; Chica, 2011; Garzón, 2011). Si se desea emplear la entomología médico-legal en Bogotá, es necesaria la realización de un estudio que amplíe el conocimiento de los califóridos de interés forense en ambientes urbanos.

OBJETIVOS

General:

- ✓ Asociar califóridos de interés forense (Diptera: Calliphoridae) a los ambientes urbanos de 11 localidades de Bogotá.

Específicos:

- ✓ Identificar califóridos de interés forense en ambientes urbanos de 11 localidades de Bogotá.
- ✓ Reconocer variaciones de riqueza, abundancia, abundancia relativa y proporción de sexos entre los ambientes urbanos, en los califóridos de interés forense (Diptera: Calliphoridae), asociándolos a las localidades estudiadas.

METODOLOGÍA

Cumplimiento del primer objetivo específico: El muestreo de califóridos presentó dos fases; pre-muestreo cualitativo y muestreo cuantitativo. El objetivo del pre-muestreo cualitativo fue

identificar los ambientes y métodos de captura de califóridos más adecuados, estabilizando las habilidades de captura del colector. Durante el pre-muestreo se ensayaron cuatro métodos de captura, y se encontró al jameo *ad hoc* direccionado (búsqueda activa de los ejemplares con jama) como el más adecuado. El pre-muestreo se hizo en 11 sitios de ocho localidades de Bogotá entre julio y septiembre de 2011 (estación seca). Los sitios examinados durante el pre-muestreo fueron las Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ) El Refugio, Pardo Rubio y Chicó Lago en Chapinero, el cementerio Jardines del Recuerdo y el humedal Córdoba en Suba, el parque de Los Novios y la UPZ Alcázares en Barrios Unidos, la UPZ Garcés Navas en Engativá, el parque Simón Bolívar en Teusaquillo, la UPZ Alcalá en Puente Aranda, el barrio Isla del Sol en Tunjuelito, el campus de la PUJ y el parque Nacional en Chapinero y Santa Fe, y la UPZ San José en Rafael Uribe Uribe (Fig. 1). En el pre-muestreo cualitativo se describió únicamente la composición por sitio, capturando ejemplares vivos que eran identificados y almacenados en contenedores por especie, donde eran alimentados con agua y una mezcla de azúcar y leche en polvo. En los contenedores de *Lucilia sericata* y *Calliphora vicina* se obtuvieron huevos e inmaduros. Los inmaduros de *C. vicina* completaron su ciclo de vida y actualmente forman una población superior a los 70 individuos en el invernadero de Control Biológico.

El muestreo cuantitativo se realizó entre el 16 y el 30 de octubre de 2011 (estación lluviosa) en 11 sitios de 11 localidades (un sitio por localidad). Los sitios incluyeron botaderos de desperdicios, parques, rondas de río, y áreas residenciales, caracterizados por presentar alta abundancia de califóridos. Estos sitios se localizaron en las UPZ El Refugio, Pardo Rubio y Chicó Lago (Chapinero), el barrio Isla del Sol (frigorífico Guadalupe-Tunjuelito), el cementerio Jardines del Apogeo (Bosa), la UPZ Niza (Suba), la UPZ san José (Rafael Uribe Uribe), la UPZ Alcalá (Puente Aranda), la UPZ Alcázares (Barrios Unidos), la UPZ Bolivia (Engativá), la UPZ 20 de julio (San Cristóbal), la UPZ ciudad de Usme (Usme) y las UPZ Santa Bárbara, Los Cedros y Lisboa (Usaquén) (Fig. 1). En intervalos de 90 minutos de 8:00 a 15:30 horas en cada sitio se hicieron cinco jameos *ad hoc* direccionados completando cinco recorridos (8:00-9:30, 9:30-11:00, 11:00-12:30, 12:30-14:00, 14:00-15:30). Los recorridos se efectuaron partiendo de un punto y volviendo al mismo luego de recorrer 2 km en promedio. Los muestreos se realizaron en este horario por ser el disponible en las áreas muestreadas y por ser el periodo de mayor actividad de los califóridos (Rueda *et al.*, 2010). Cada jameo se tomó como una muestra y cada localidad como un tratamiento.

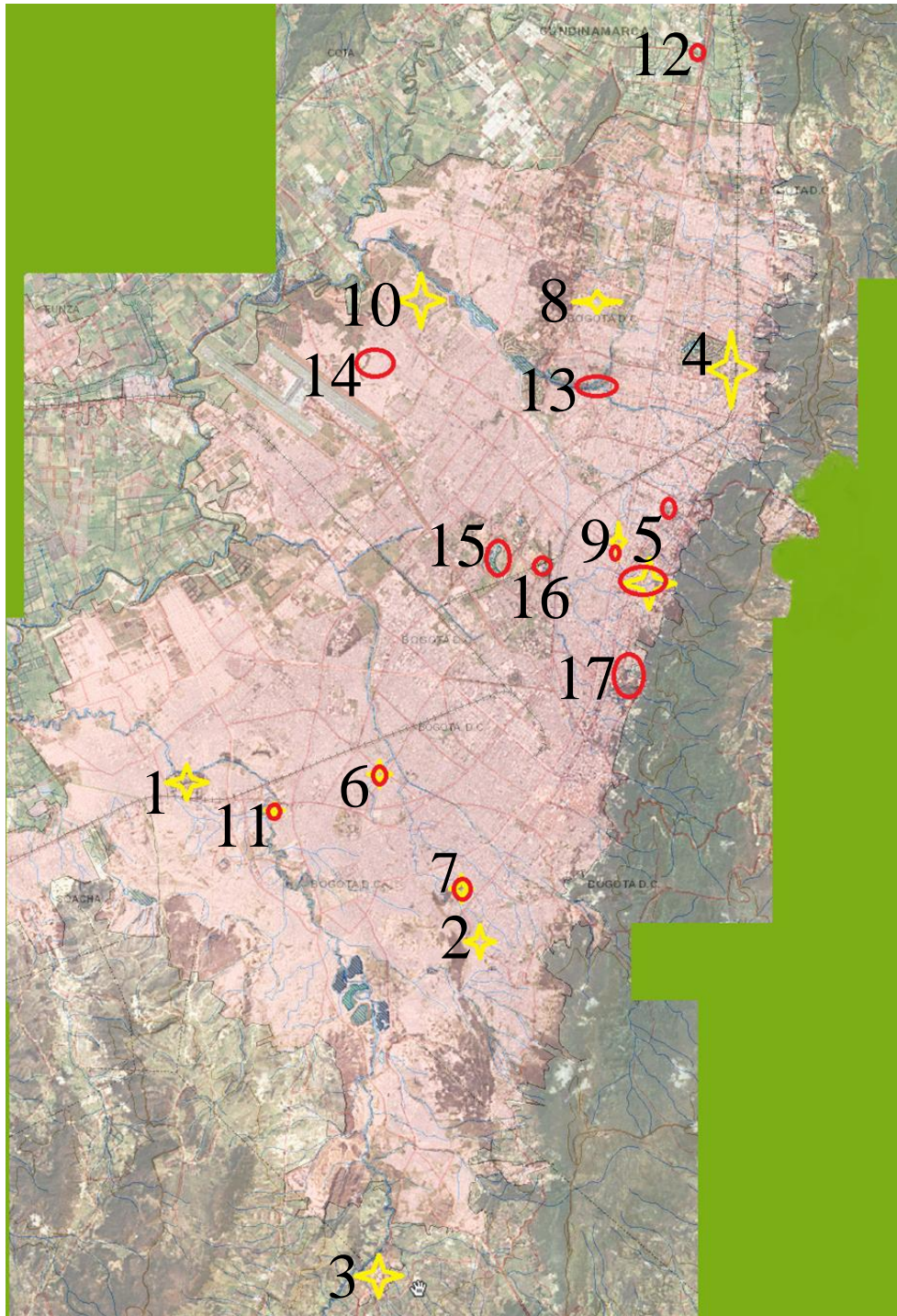


Figura 1. Mapa del área urbana de Bogotá. Sitios del pre-muestreo en círculos rojos y del muestreo cuantitativo en estrellas amarillas. 1: Jardines del apogeo (Bosa), 2: 20 de Julio (San Cristóbal), 3: Ciudad de Usme (Usme), 4: Los Cedros, Santa Bárbara y Lisboa (Usaquén), 5: Chicó Lago, Pardo Rubio y El Refugio (Chapinero), 6: Alcalá (Puente Aranda), 7: San José (Rafael Uribe Uribe), 8: Niza (Suba), 9: Alcázares (Barrios Unidos), 10: Bolivia (Engativá), 11: Isla del Sol (Tunjuelito), 12: Jardines del recuerdo (Suba), 13: Humedal Córdoba (Suba), 14: Garcés Navas (Engativá), 15: parque Simón Bolívar (Teusaquillo), 16: parque de Los Novios (Barrios Unidos), 17: Parque Nacional y Campus PUJ (Chapinero y Santa Fe). Tomada y modificada de la página del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC <www.igac.gov.co>. Consultada el 7 de noviembre de 2011.

Los insectos capturados en los jameos se sacrificaron y almacenaron en frascos plásticos con alcohol al 70%. Luego fueron llevados al laboratorio para ser identificados hasta especie. Las identificaciones se hicieron con las claves de McAlpine *et al.*, (1981), Amat *et al.*, (2008) y Carvalho y Mello-Patiu, (2008), y la observación de la colección de referencia del Museo Javeriano de Historia Natural (MPUJ). El sexo de los ejemplares se identificó mediante la observación de su genitalia y el espacio interocular.

Cumplimiento del segundo objetivo específico: En cada sector estudiado se cuantificó la composición, abundancia, abundancia relativa y proporción de sexos por especie. Con los datos obtenidos en el muestreo cuantitativo se ejecutaron análisis estadísticos de diversidad, dominancia, similitud, y contrastes de hipótesis empleando los programas EstimateS 5.0.1, BioDiversity Pro 2 y SPSS 19. En ciertos análisis estadísticos se transformaron los datos para normalizarlos y conseguir homogeneidad de varianzas (homocedasticidad), esto se hizo con las formulas $X' = \frac{X - \bar{X}}{s}$ y $Y' = \frac{Y - \bar{Y}}{s}$ de acuerdo lo propuesto por Zar (1999). Los datos de proporciones binomiales como proporción de hembras y abundancia relativa se transformaron con $P' = \text{Sen}^{-1} P$ y con $P' = \ln P$.

La eficiencia de muestreo se evaluó mediante una curva de acumulación de especies y estimadores de riqueza. Se realizó un análisis de la homogeneidad del esfuerzo de muestreo en las diferentes localidades que se comparó con una prueba de Kruskal Wallis ($p \geq 95\%$), tomando al esfuerzo de muestreo en cada muestra como la diferencia entre el índice máximo de Shannon (H'_{\max}) y el índice de Shannon bruto (H'). El comportamiento de la diversidad por sitio fue evaluado mediante el cálculo de los índices de Shannon (H'), Simpson (D) y Berger Parker (B). Se evaluó la existencia de diferencias significativas en la abundancia de califóridos entre cada muestra (intervalo de tiempo) y entre cada sitio mediante dos ANOVA ($p \geq 95\%$). Las diferencias encontradas se compararon con HSD de Tukey.

Con el fin de comparar la asociación de especies encontradas en las localidades, se hicieron análisis de agrupamiento simple con los índices de similitud de Bray-Curtis y Jaccard. A parte de estos índices, en ciertas especies se evaluó con ANOVA ($p \geq 95\%$) si la abundancia relativa difería significativamente entre las distintas localidades (tratamientos). Las diferencias encontradas se compararon con el estadístico HSD de Tukey. Se excluyeron del análisis localidades cuyas muestras (jameos) presentaron en más de dos oportunidades una abundancia

relativa de cero. Las especies que presentaron más de nueve localidades con dichas características, se descartaron del análisis. Con el fin de definir rangos de actividad para las especies, la variación en abundancia relativa entre las distintas muestras (intervalos de tiempo definidos) también fue evaluada en las especies cuyo número muestral permitió hacer pruebas de comparación múltiple.

Se hizo una prueba t de Student ($p \geq 95\%$) para evaluar diferencias entre 0,5 y la proporción de sexos observada por especie. Aunque los alcances de esta investigación no permiten correlacionar una variable a cambios en la proporción de sexos, permiten mostrar a que nivel ocurre dicha variación. Se sospechó que la proporción de sexos puede variar según la hora del día o sitio. Puesto que dicho fenómeno puede presentarse en diferentes horas del día o sitios (localidades), o en ninguno de estos (hipótesis nula). Los cambios por hora o sitio en las proporciones de hembras de las especies encontradas, fueron evaluados con ANOVA ($p \geq 95\%$), siguiendo los lineamientos de los análisis de abundancia relativa y entendiendo la proporción de hembras como la razón de abundancia de hembras sobre abundancia total.

RESULTADOS

Durante el pre-muestreo se capturaron 7 especies; *Compsomyiops verena* (Walker, 1849), *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, 1851, *Calliphora nigribasis* Macquart, 1851, *Chrysomya albiceps* (Wiedemann, 1819), *Roraimomusca roraima* Townsend, 1935, *Sarconesiopsis magellanica* (Le Guillou, 1842) y *Lucilia sericata* (Meigen, 1826). En el muestreo cuantitativo se encontraron 866 ejemplares de las mismas especies que en el pre-muestreo, excepto *C. albiceps*. El muestreo cuantitativo fue representativo para la temporada y sitios estudiados. La eficiencia del muestreo cuantitativo fue del 100% de acuerdo a los estimadores Chao 1 y ACE, del 92% con Bootstrap y del 86% con Jackknife 1 (Fig. 2), a pesar de que la riqueza (S_{obs}) fue mayor en el pre-muestreo. En el muestreo cuantitativo se presentaron lluvias en las localidades de Bosa, Usme, Puente Aranda, Barrios Unidos y Tunjuelito que pudieron afectar el esfuerzo de muestreo entre sitios. No obstante, el esfuerzo de muestreo fue homogéneo (Kruskal Wallis, $n=50$; $k=11$, $P=0,656$), este fue tomado como la diferencia entre el índice de Shannon bruto (H')

y el índice máximo de Shannon (H'_{max}). La distribución del esfuerzo de muestreo no fue normal, sus datos fueron transformados pero no normalizados (Kolmogorov-Smirnov, $n=50$; $P=0,018$).

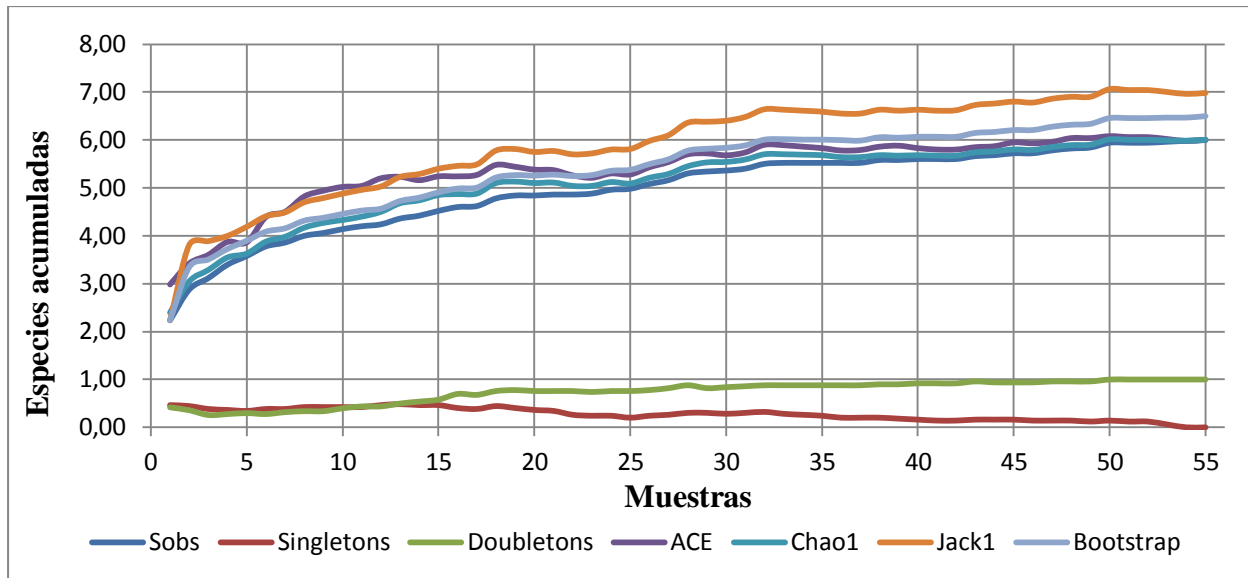


Figura 2. Curva de acumulación de especies para el muestreo cuantitativo.

Chapinero fue la localidad con mayor riqueza ($S_{obs}=6$) pero no la más diversa (Tabla 1), Barrios Unidos presentó la menor riqueza ($S_{obs}=2$), pero no la menor diversidad. La mayor diversidad según Shannon (H') se observó en Engativá y la menor en San Cristóbal. San Cristóbal presentó también la mayor dominancia de Simpson (D) y Berger-Parker (B), mientras que Usme fue el menos dominante según Berger-Parker y Bosa según Simpson (Tabla 1).

Tabla 1. Índice de Shannon (H'), Berger-Parker (B) y Simpson (D) para las localidades muestreadas (estación lluviosa).

Localidad	Shannon (H')	Berger-Parker (B)	Simpson (D)
Engativá	1,021	0,596	0,417
Bosa	1,004	0,576	0,415
Chapinero	0,99	0,655	0,485
Usme	0,897	0,488	0,425
Suba	0,813	0,7	0,532
Rafael Uribe Uribe	0,747	0,694	0,546
Barrios Unidos	0,682	0,575	0,509
Usaquén	0,65	0,735	0,592
Puente Aranda	0,63	0,763	0,617
Tunjuelito	0,509	0,825	0,703
San Cristóbal	0,452	0,869	0,765

La composición encontrada durante el pre-muestreo varió temporal y espacio-temporalmente respecto al muestreo. Temporalmente al variar en el mismo sitio en tiempos distintos y espacio-temporalmente al variar en la misma localidad en sitios y tiempos diferentes (Anexo 1). Las especies que presentaron variaciones espacio-temporales fueron *C. verena* y *S. magellanica*. Durante el pre-muestreo *C. verena* se capturó en Suba (Jardines del Recuerdo) y Barrios Unidos (parque de los novios) pero no en Engativá (Garcés Navas; Anexo 1). En cambio, en el muestreo cuantitativo *C. verena* se capturó en Engativá (Bolivia) pero no en Suba (Niza) ni Barrios Unidos (Alcázares). Por su parte *S. magellanica* fue capturada en Garcés Navas (pre-muestreo), pero no en Bolivia (muestreo cuantitativo), ambos sitios ubicados en Engativá. Las variaciones temporales se presentan en *C. verena*, *C. albiceps* y *S. magellanica* (Anexo 1). *C. verena* se capturó únicamente durante el pre-muestreo en Isla del Sol (Tunjuelito), Alcázares (Barrios Unidos) y Alcalá (Puente Aranda). *C. albiceps* se capturó solamente en el pre-muestreo en Isla del Sol y Alcalá, mientras *S. magellanica* fue exclusiva del muestreo cuantitativo en Alcalá.

No se encontraron factores espaciales incidentes en la abundancia de califóridos, pues no hubo diferencias significativas entre los sitios estudiados (ANOVA, $n=55$; $P=0,071$). En contraste se encontró que las diferencias horarias afectaron esta variable, ya que la abundancia de califóridos cambió significativamente entre los diferentes intervalos de tiempo (muestras) (ANOVA $n=55$; $P=0,015$). Las diferencias se presentaron entre las muestras (9:30 a 11:00 h) y (14:00 a 15:30 h) (HSD de Tukey, $P=0,021$). Los datos de abundancia de califóridos no eran normales (Kolmogorov-Smirnov, $n=55$; $P=0,003$), pero fueron transformados y normalizados (Kolmogorov-Smirnov, $n=55$; $P=0,200$). Las diferencias encontradas entre los intervalos de tiempo se atribuyen parcialmente a las lluvias, ya que de las 8 muestras obtenidas durante eventos de lluvia, 4 ocurrieron de las 14:00 a 15:30 horas. Esto forzó a evaluar la existencia de diferencias significativas entre muestras con y sin lluvias, y se encontró que las lluvias afectaron significativamente la abundancia de califóridos (prueba t: $n_1=47$; $n_2=8$; $k=2$; $P=0,015$).

Las localidades más semejantes en composición fueron Tunjuelito y Rafael Uribe Uribe (88,48% de similitud de Bray-Curtis y 100% de similitud de Jaccard) principalmente por la semejanza en la abundancia de *L. sericata* (Tabla 2, Fig. 3). Las localidades con mayores diferencias en composición fueron San Cristóbal y Bosa principalmente por la diferencia de abundancia de *C.*

vicina y *L. sericata* (9,03% de similitud de Bray-Curtis; Tabla 2, Fig. 3). Mientras que las más disímiles de acuerdo con Jaccard fueron Chapinero y Barrios Unidos (33,33%) (Fig. 3).

Tabla 2. Abundancia total por sitio para todos los muestreos cuantitativos.

Especie	Bosa	P. Aran.	Usme	Enga.	Usaq.	Tun.	Uribe	Chap.	Suba	S. Cris.	B. U.
<i>Calliphora vicina</i>	19	29	19	8	36	13	22	21	12	3	76
<i>Compsomyiops verena</i>	10	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
<i>Lucilia sericata</i>	1	8	3	10	12	66	59	3	70	106	103
<i>Sarconesiopsis magellanica</i>	3	1	21	28	0	1	4	57	18	13	0
<i>Roraimomusca roraima</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Calliphora nigribasis</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Total	33	41	43	47	49	80	85	87	100	122	179
Número de especies	5	3	3	4	3	3	3	6	3	3	2

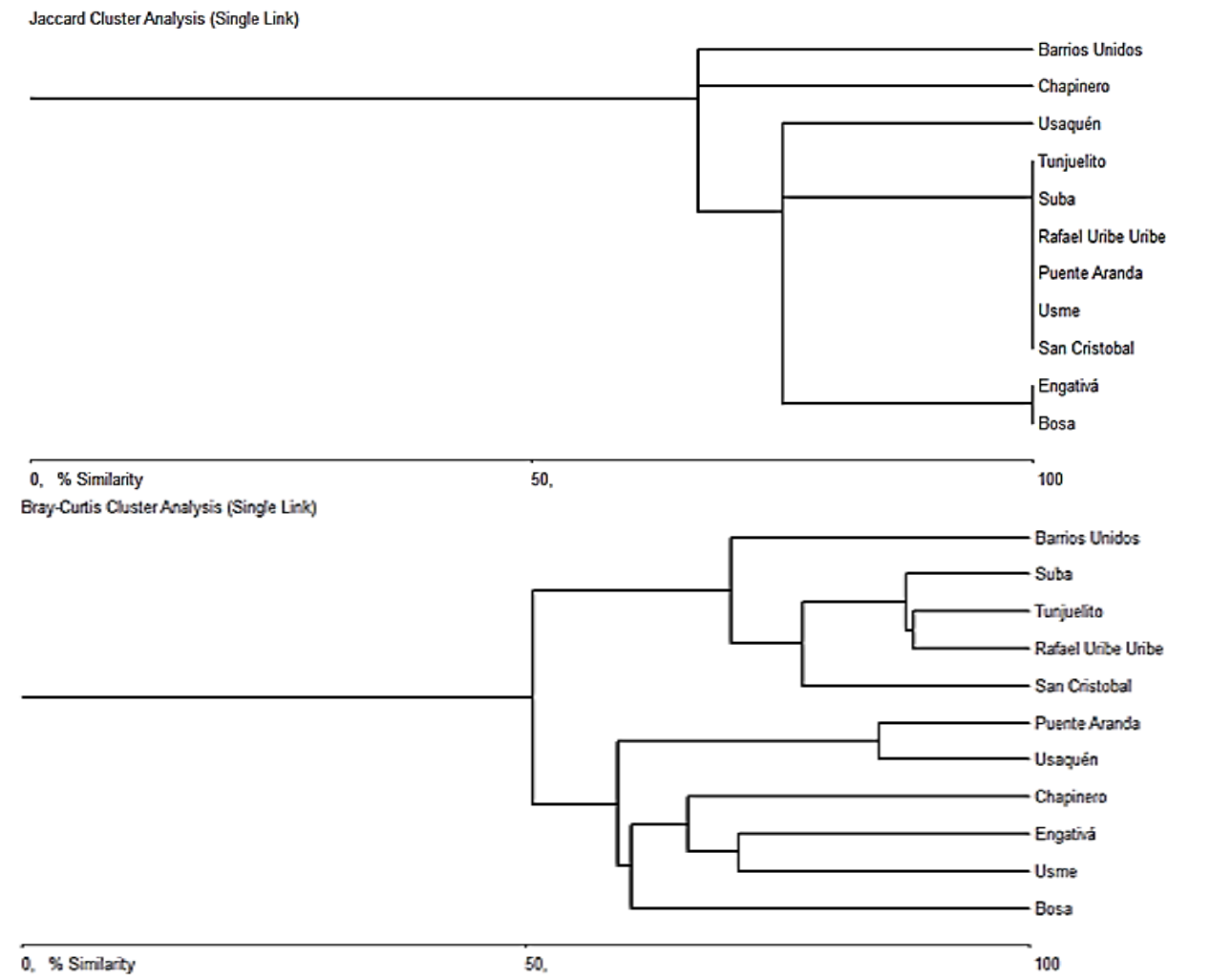


Figura 3. Diagramas de agrupamiento simple de Bray-Curtis y Jaccard.

C. vicina y *L. sericata* se encontraron en todas las localidades (Tabla 2). La composición más ampliamente distribuida en los ambientes muestreados estuvo conformada por *L. sericata*, *C. vicina* y *S. magellanica* (Fig. 4). En el análisis de Jaccard se puede apreciar cierto patrón geográfico; al suroriente de Bogotá son más frecuentes *C. vicina*, *L. sericata* y *S. magellanica*, mientras que al occidente y nororiente de la capital *C. verena* incrementa su frecuencia (Tabla 2; Fig. 1). En el análisis de Bray-Curtis se observan dos grandes agrupamientos, estos se pueden interpretar como el resultado de dos condiciones medioambientales diferentes creadas por el hombre. Estas condiciones son zonas verdes reducidas o zonas verdes amplias. Puente Aranda, Usaquéen, Chapinero, Engativá, Usme y Bosa presentaron amplias zonas verdes, mientras Suba, Tunjuelito, Barrios Unidos y San Cristóbal poseían zonas verdes más reducidas. Rafael Uribe Uribe es una excepción pues poseía amplias zonas verdes.

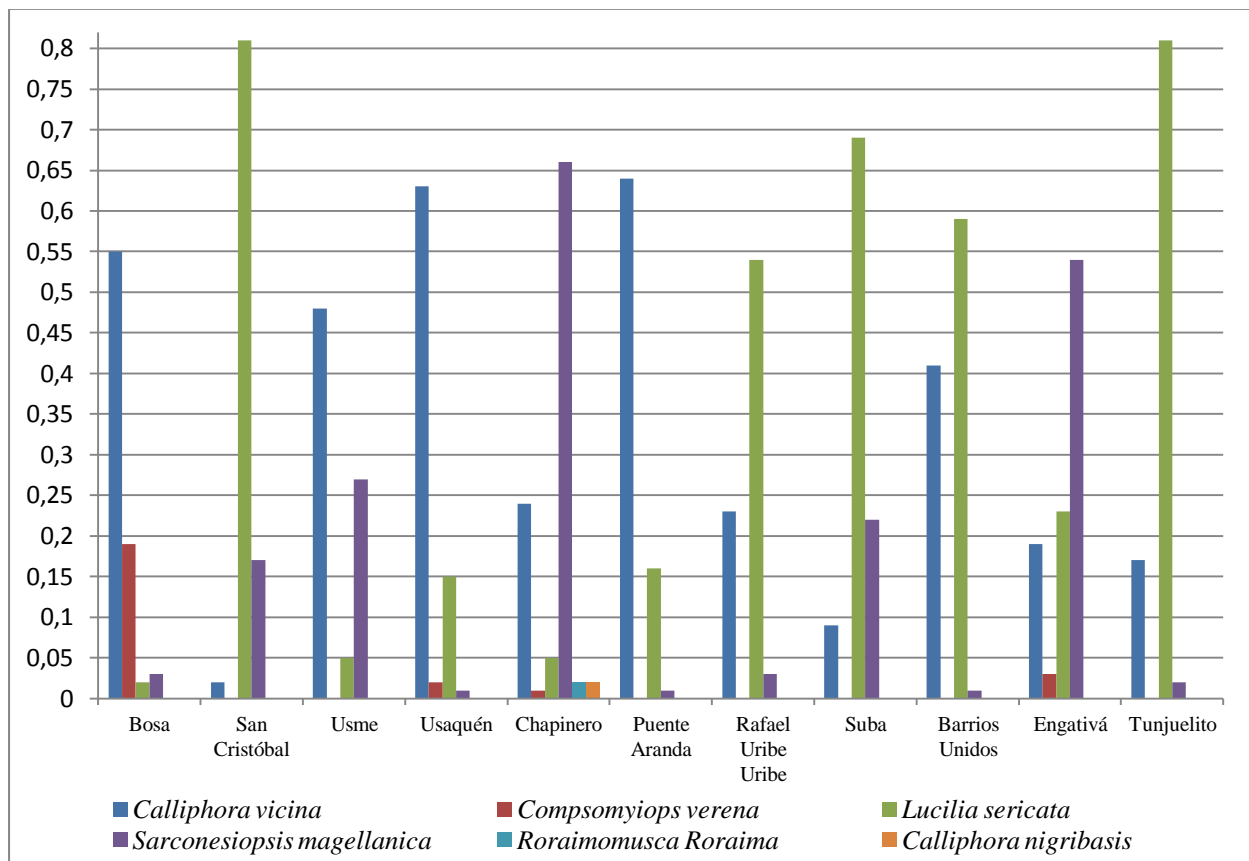


Figura 4. Abundancia relativa promedio por especie, *R. Roraima* y *C. nigribasis* son endémicas de Chapinero.

Se observó que las especies se asociaron diferencialmente a las localidades. Para evaluar el grado de asociación de las especies con las localidades, se comparó entre sitios la abundancia relativa

de las especies más abundantes (*S. magellanica*, *L. sericata* y *C. vicina*). Se excluyeron del análisis las localidades con bajo número muestral (≤ 3). Inicialmente se realizó un análisis de homogeneidad de la abundancia relativa, se encontró que *C. vicina* no presentó diferencias significativas entre los sitios de estudio, asumiéndose como homogénea su abundancia relativa entre los sitios analizados (ANOVA, $n=40$; $P=0,294$).

En contraste con *C. vicina*, la abundancia relativa de *L. sericata* fue diferente entre los sitios estudiados (ANOVA, $n=28$; $P=0,012$), pues presentó diferencias significativas entre las localidades de Engativá y San Cristóbal ($P=0,019$), y Engativá y Tunjuelito ($P=0,013$) (HSD de Tukey). La abundancia relativa de *S. magellanica* también varió significativamente entre sitios (ANOVA, $n=20$; $P=0,013$) ya se encontraron diferencias significativas entre San Cristóbal y Chapinero ($P=0,020$) y entre San Cristóbal y Engativá ($P=0,037$) de acuerdo con HSD de Tukey. Cabe mencionar que los datos de abundancia relativa de *S. magellanica* se transformaron con logaritmo natural para obtener homocedasticidad.

No todas las especies se incluyeron en el análisis de variación en abundancia relativa entre sitios. Por ello se emplearon las variables abundancia relativa, incidencia y abundancia para elaborar un sistema de clasificación del grado de asociación de cada especie a las localidades estudiadas. Este sistema se representó en una tabla que clasificó las localidades con números que muestran el grado de asociación que tiene la especie con la localidad (Tabla 3). Estos números representan categorías del grado de asociación de la especie a la localidad. Los criterios empleados para formar las categorías, son que con el esfuerzo de muestreo realizado:

1. La especie no se capturó en el sitio.
2. Se capturaron máximo 3 individuos de la especie en el sitio.
3. La especie fue capturada en al menos 3 muestras del sitio.
4. La especie fue capturada en 4 o 5 muestras del sitio y su abundancia relativa no fue significativamente diferente de la localidad con menor abundancia relativa promedio, de acuerdo con ANOVA y HSD de Tukey.
5. La especie fue capturada en 4 o 5 muestras del sitio y su abundancia relativa no fue significativamente diferente de la localidad con mayor abundancia relativa promedio de acuerdo con ANOVA y HSD de Tukey.

Tabla 3. Categorización de localidades según grado de asociación en estación lluviosa. Las columnas muestran las categorías del grado de asociación, las filas las especies y el criterio que deben cumplir las localidades agrupadas en el correspondiente grado de asociación. 1: Bosa, 2: San Cristóbal, 3: Usme, 4: Usaquén, 5: Chapinero, 6: Puente Aranda, 7: Rafael Uribe Uribe, 8: Suba, 9: Barrios Unidos, 10: Engativá, 11: Tunjuelito, N/A: no aplica.

Categoría	1	2	3	4	5
<i>C. vicina</i>	N/A	2	5-8	1-3-4-6-7-9-10-11	N/A
<i>C. verena</i>	2-3-6-7-8-9-11	4-5-10	1	N/A	N/A
<i>L. sericata</i>	N/A	1-3-5	4-6	7-8-9-10	2-7-8-9-11
<i>S. magellanica</i>	4-9	1-6-11	3-7	2-8	5-8-10
<i>R. Roraima</i>	Todas menos 5	5	N/A	N/A	N/A
<i>C. nigribasis</i>	Todas menos 5	5	N/A	N/A	N/A
Criterio	No hubo capturas.	Abundancia ≤ 3	Incidencia ≤ 3.	HSD de Tukey, ANOVA	HSD de Tukey

El rango de actividad de varias especies se evaluó a través de la comparación de sus abundancias relativas promedio en cada intervalo de tiempo. El rango de actividad fue homogéneo para *S. magellanica* en todos los intervalos de tiempo (ANOVA, n=44; P=0,518). No se realizó este análisis para las muestras de 14:00 a 15:30 horas de *L. sericata* y *C. vicina*, por su baja frecuencia (4 o menos muestras distintas de 0). En ambas especies el rango de actividad no mostró diferencias significativas entre las 4 muestras evaluadas (*L. sericata*: Kruskal-Wallis, n=45, P=0,774; *C. vicina*, ANOVA, n=44; P=0,425). La abundancia relativa de *L. sericata* no presentó una distribución normal (Kolmogorov-Smirnov, n=44; P=0,015).

Durante el pre-muestreo, se observaron variaciones en la proporción de sexos de ciertas especies en ciertos días y sitios. En el muestreo la media para la proporción de hembras para *R. roraima* fue 0 (n=1) y para *C. nigribasis* 0,25 (n=2). La proporción de sexos de *C. vicina*, *S. magellanica* y *C. verena* es cercana al 1/1 pues no difieren significativamente de 0,5 de acuerdo con la prueba t (*C. vicina*, n=40; P=0,481; *S. magellanica*, n=28; P=0,080; *C. verena*, n=6; P=0,443). Contrariamente, la proporción de hembras de *L. sericata* (n=37; P=0,011) difiere significativamente de 0,5, esta variable se encontró sesgada hacia los machos pues su promedio fue de 0,37 (s=0,29).

Las variaciones en la proporción de hembras de *L. sericata* no ocurrieron a nivel de sitio ni hora del día, pues no se encontraron diferencias significativas en el análisis realizado para ninguna

especie. No se encontraron diferencias significativas entre los sitios para *C. vicina* (ANOVA, n=32; P=0,306), *L. sericata* (ANOVA, n=28; P=0,085) y *S. magellanica* (ANOVA, n=20; P=0,251), ni entre las muestras en dichas especies (ANOVA: *C. vicina*, n=39; P=0,339; *L. sericata*, n=38; P=0,149; *S. magellanica*, n=28; P=0,720).

DISCUSIÓN/CONCLUSIONES

De acuerdo con lo obtenido, las 6 especies observadas (*Compsomyiops verena*, *Calliphora vicina*, *Calliphora nigribasis*, *Roraimomusca roraima*, *Sarconesiopsis magellanica* y *Lucilia sericata*) son representativas de la fauna de califóridos de Bogotá, pese a que en el pre-muestreo se encontró además a *Chrysomya albiceps*. El muestreo cuantitativo fue eficiente y homogéneo para la temporada y sitios seleccionados. La presencia de *C. albiceps* concuerda con lo indicado por Jacknife 1 (86%) para el muestreo cuantitativo, que muestra que faltó capturar una especie para alcanzar el muestreo ideal. Jacknife 1 fue el estimador más conservador y de acuerdo con lo anterior, también fue el más acertado (Fig. 2).

Amat (2009) registró para Bogotá otras especies no capturadas en este estudio; *Cochliomyia macellaria* (Fabricius, 1775), *Compsomyiops melloi* Dear, 1985, *Paralucilia fulvinota* (Bigot, 1877) y *Chlorobrachycoma splendida* Townsend, 1918. Sin embargo estas especies tampoco fueron registradas en estudios de sucesión cadavérica para la sabana de Bogotá (Barrios y Wolff, 2011; Segura *et al.*, 2011; Segura *et al.*, 2009; Ordoñez *et al.*, 2008; Segura *et al.*, 2005) a excepción de *C. macellaria* que se registró una vez en el municipio de Mosquera al occidente de Bogotá (Camacho, 2005). En complemento del listado de Amat (2009), este trabajo registra por primera vez a *Roraimomusca roraima* en Bogotá, especie solo reportada en la Sierra Nevada de Santa Marta para Colombia (Amat, 2009).

En varios estudios de sucesión cadavérica se ha observado que el índice de Shannon (H') se incrementa al inicio de la sucesión (Liria, 2006). Un alto H' puede revelar la existencia en el sitio de fuentes alimenticias cercanas, pero por otro lado indica un incremento de la participación de otras especies que puede deberse a la repartición equitativa de espacios y recursos. En este

estudio el incremento en la participación de *C. verena* hacia el occidente y oriente de Bogotá, parece incrementar el H' en Bosa, Engativá y Chapinero (Fig. 1; Tabla 2). Un alto H' corresponde a un ambiente cuya vegetación provee más variedad de refugios, por ejemplo un ambiente con muchas hierbas, árboles, arbustos, agujeros y grietas. Los ambientes muestreados en Engativá, Chapinero y Bosa se caracterizaron por presentar vegetación variada. Estos datos de diversidad deben manejarse con precaución pues en este estudio no fue establecido el nivel de significancia (Centeno *et al.*, 2004). En Tunjuelito se encontraron muchas fuentes alimenticias posibles, pero bajo H', esto podría estar asociado a las prácticas de sanidad de la zona dado que se muestro en inmediaciones de un centro de beneficio animal que es sometido a fumigaciones periódicas y concuerda con la baja vegetación presente en la zona.

En este estudio se encontraron variaciones espaciales y espacio-temporales en la composición de califóridos. En Usaquén han sido registradas las especies *C. albiceps*, *S. magellanica*, *C. verena*, *L. sericata*, *C. nigribasis* y *C. vicina* (Segura *et al.*, 2011; Amat, 2009; Segura *et al.*, 2009; Segura *et al.*, 2005). Durante este trabajo, se registró a *C. vicina*, *C. verena* y *L. sericata*, en Usaquén, siendo *C. vicina* la más abundante con un grado 4 de asociación (Fig. 4; Tabla 2 y 3). *C. vicina* presentó gran abundancia no solo en Usaquén, sino también en 7 localidades más (fig. 4; Tabla 2). Aun cuando *C. vicina* se reportó como colonizadora primaria en la sabana de Bogotá (Camacho, 2005; Segura *et al.*, 2005), no aparece en la matriz de frecuencia del único estudio de sucesión cadavérica en cerdo realizado en Bogotá (área semi-rural de Usaquén) (Segura *et al.*, 2009). Sin embargo, es mencionada en un estudio posterior (Segura *et al.*, 2011) realizado con los mismos datos. Los aparentes cambios drásticos de composición en Usaquén, observados al comparar otros estudios, pueden deberse a las condiciones medioambientales creadas por el hombre. En Bogotá la composición y abundancia de califóridos varía espacialmente, las mayores variaciones ocurren entre ambientes rurales y urbanos, evento que coincide con la segregación por composición cuantitativa de los sitios de estudio (Figura 3).

Las variaciones temporales observadas en composición se pueden relacionar con la tolerancia diferencial de las especies a las condiciones medioambientales. Se afirma que *C. vicina*, *C. nigribasis* y *S. magellanica* se encuentran asociadas a condiciones de nubosidad, mientras que *C. albiceps*, *C. verena*, y *L. sericata* a condiciones soleadas (Segura *et al.*, 2011). En el presente estudio, *C. albiceps* y *C. verena* fueron especies reportadas solamente durante la estación seca

(pre-muestreo) en las localidades de Suba, Barrios Unidos, Tunjuelito y Puente Aranda. Durante el muestreo cuantitativo *C. verena* reaparece en otras localidades, pero *C. albiceps* no (Anexo 1). Esto parece corresponder con lo encontrado por Segura *et al.*, (2011) y Segura *et al.*, (2009), que capturaron ejemplares de *C. albiceps* y *C. verena* en un cadáver de cerdo durante un estudio iniciado el 1 de febrero de 2006; durante los meses correspondientes a la estación seca *C. albiceps* apareció en 16 muestras de 20 y *C. verena* apareció en 18 de 20 (Segura *et al.*, 2009). En el presente trabajo Usaquén fue muestreada en la estación lluviosa pero no se reportó ni *C. albiceps* ni *C. verena* (Fig. 4; Tabla 2). Amat (2009) reporta *C. albiceps* para Bogotá en muestras colectadas principalmente durante los meses correspondientes a la estación seca.

En Chile *S. magellanica* abunda más durante los meses secos (Figueroa-Roa y Linhares, 2002). Pero en este estudio durante la estación seca (pre-muestreo), *S. magellanica* no se reportó para Engativá (Garcés Navas), apareciendo en la misma localidad durante la estación lluviosa (Bolivia) a pocos kilómetros del sitio estudiado durante el pre-muestreo, en efecto, *S. magellanica* se encontró en Alcalá (Puente Aranda) solo durante la estación lluviosa (muestreo cuantitativo) y fue la única especie con este tipo de variación temporal. La composición puede variar según la época del año a un grado que permite la estimación de la temporada de muerte (Brundage *et al.*, 2011; Arnaldos *et al.*, 2004); por lo tanto el observar larvas de *S. magellanica* en un cadáver, podría usarse para indicar temporada de muerte en Alcalá. Todo esto ratifica las afirmaciones de Segura *et al.*, (2011) respecto a *C. verena*, *S. magellanica*, y *C. albiceps*.

Sin embargo durante la estación lluviosa (muestreo cuantitativo), *L. sericata* fue la especie más dominante en el muestreo (Fig. 4; Tablas 2 y 3). Los mayores índices de Berger Parker y Simpson fueron obtenidos en las localidades donde *L. sericata* presentó una mayor abundancia relativa y mayor grado de asociación (Tabla 1 y 3). Esto permite concluir que la composición de especies eusinántricas no se vería afectada por variaciones estacionales en ambientes urbanos. En Valdivia (Chile) se observó que *L. sericata* y *C. vicina* son especies eusinántricas (Figueroa-Roa y Linhares, 2002). Los resultados confirman que la situación se repite en Bogotá. *C. vicina* y *L. sericata* son las únicas especies que aparecen en todos los sitios tanto en el muestreo cuantitativo y como en el pre-muestreo cualitativo. Se presume que estas especies se encuentran en toda el área urbana de Bogotá.

El sistema construido para categorizar las localidades de acuerdo al grado de asociación es semejante al índice de Bray-Curtis (Fig. 3; Tabla 3). Los diferentes grados de asociación que presentaron las localidades para especies diferentes se atribuyen al grado de sinantropía de las especies, ya que las especies eusinantrópicas están en todas las localidades y las localidades con mayor diversidad corresponden a zonas periféricas del centro urbano con vegetación más variada (Fig. 1). *L. sericata* es eusinantrópica (Figueroa-Roa y Linhares, 2002) y muestra los mayores grados de asociación en los centros más urbanizados y los menores en la periferia (Tabla 3). El índice de Bray-curtis permite concluir que las localidades de Barrios Unidos, Suba, Tunjuelito, Rafael Uribe Uribe y San Cristóbal comparten más de la mitad de la similitud que puede ser observada entre dos muestras, así como las localidades de Puente Aranda, Usaquén, Chapinero, Engativá, Usme y Bosa (Fig. 3). La composición de la comunidad en ambientes urbanos de Bogotá es direccionada por la abundancia de *L. sericata* y *C. vicina*.

En este estudio se observó a *S. magellanica* en las localidades de Bosa, San Cristóbal, Usme, Chapinero, Puente Aranda, Rafael Uribe Uribe, Suba, Engativá y Tunjuelito; de acuerdo con otros estudios *S. magellanica* también se encuentra en Teusaquillo y Usaquén (Amat, 2009; Segura *et al.*, 2009). Por otra parte, información obtenida en medicina legal (*co. pers.*), y fuentes escritas (Amat, 2009; Segura *et al.*, 2009) señala que *C. verena* se distribuye en Suba, Usaquén, Tunjuelito, Chapinero, Santa fe, Kennedy, Usme, Teusaquillo, Ciudad Bolívar, Rafael Uribe Uribe, Engativá, Bosa y La Candelaria. Adicionalmente con los datos obtenidos en este estudio se amplió su distribución a las localidades de Barrios Unidos y Puente Aranda. Wolff (2010), encontró que *C. verena* habita áreas medianamente o muy conservadas. Sin embargo, lo observado en este estudio y en el de Amat (2009) contradice dicha afirmación, puesto que los muestreos se realizaron en áreas netamente urbanas.

En el presente trabajo *C. albiceps* se encontró en Tunjuelito y Puente Aranda, en el estudio de Amat (2009) la misma especie aparece en Usaquén, Teusaquillo, Santa fe y Tunjuelito. En Bogotá, tanto durante el pre-muestreo como durante el muestreo, *R. roraima* y *C. nigribasis* fueron observadas únicamente en Chapinero (Fig. 4; Tablas 2 y 3). Cabe destacar que *C. nigribasis* se ha encontrado abundantemente en Usaquén (Segura *et al.*, 2009). Esto, además de sugerir una distribución de *C. nigribasis* hacia los cerros orientales, indica que la matriz sucesional realizada por Segura *et al.*, (2009) no es aplicable a cadáveres ubicados en el área

urbana de Bogotá alejados de los cerros orientales. Estos datos indican que la distribución de *C. nigribasis* y *R. roraima* está limitada por su grado de sinantropía y se relaciona directamente con los cerros orientales específicamente, es decir no con los cerros en general. En el pre-muestreo se examinaron zonas montañosas o cercanas a cerros (Fig. 1) y estas especies no se hallaron.

En este estudio la única proporción de sexos con predominio de machos fue la de *L. sericata*. Esto es raro pues en estudios de sucesión cadavérica, se observa la mayoría de veces una proporción con predominio de hembras (Prado e Castro *et al.*, 2011; Barreto *et al.*, 2002; Reed, 1958). Esto fue contrario a lo observado en colonias de *Lucilia* de laboratorio en las cuales se observó una proporción de sexos cercana al 1/1 (Mackerras, 1933). El hecho de que las demás especies no hayan presentado proporciones de sexos significativamente diferentes de 0,5 puede deberse a su menor número ya que el valor P obtenido en algunas es bajo. La proporción de sexos de los califóridos puede variar de acuerdo a muchos factores tales como; la alimentación recibida por las moscas durante su etapa inmadura (Herms, 1928), a la presencia de hembras o machos heterogaméticos, la densidad poblacional (Andersen, 1961), etc. En este estudio se concluye que la proporción de sexos no cambio a nivel de sitio ni hora del día. Esta homogeneidad de la proporción de sexos a lo largo de las horas del día, ya había sido observada en poblaciones silvestres de *Lucilia cuprina* muestreadas con trampas (Vogt *et al.*, 1985). La mayor cantidad de machos en *Lucilia* es un evento extraño que requiere investigaciones posteriores para descifrar su causa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Amat E. Contribución al conocimiento de las Chrysomyinae y Toxotarsinae (Diptera: Calliphoridae) de Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 2009; **80**:693-708.
2. Amendt J, Richards CS, Campobasso CP, Zehner R, Hall MJR. Forensic entomology: applications and limitations. *Forensic Science Medicine and Pathology* 2011; doi: 10.1007/s12024-010-9209-2.
3. Byrd JH, Castner JL. *FORENSIC ENTOMOLOGY. The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. CRC Press. Boca Raton, E.E.U.U. 2001, 418p.
4. Barrios M, Wolff M. Initial study of arthropods succession and pig carrion decomposition in two freshwater ecosystems in the Colombian Andes. *Forensic Science International* 2011; **xx**: xx-xx.

5. Segura NA, Bonilla MA, Usaquén W, Bello F. Entomofauna resource distribution associated with pig cadavers in Bogotá DC. *Medical and Veterinary Entomology* 2011; **25**: 46-52.
6. Grisales D, Ruíz M, Villegas S. Insects associated with exposed decomposing bodies in the Colombian Andean Coffee Region. *Revista Brasileira de Entomologia* 2010; **54** (4): 637-644.
7. Rueda LC, Ortega LG, Segura NA, Acero VM, Bello F. *Lucilia sericata* strain from Colombia: Experimental Colonization, Life Tables and Evaluation of Two Artificial Diets of the Blowfly *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae), Bogotá, Colombia Strain. *Biological Research* 2010; **43**: 197-203.
8. Segura NA, Usaquén W, Sánchez MC, Chuairé L, Bello F. Succession pattern of cadaverous entomofauna in a semi-rural area of Bogotá, Colombia. *Forensic Science International* 2009; **187**: 66-72.
9. Ordóñez A, García MD, Fagua G. Evaluation of efficiency of Schoenly trap for collecting adult sarcosaprophagous dipterans. *Journal of Medical Entomology* 2008; **45**: 522-532.
10. Vélez MC, Wolff M. Rearing five species of Diptera (Calliphoridae) of forensic importance in Colombia in semicontrolled field conditions. *Papéis Avulsos de Zoologia* 2008; **48** (6): 41-47.
11. Martínez E, Duque P, Wolff M. Succession pattern of carrion-feeding insects in Paramo, Colombia. *Forensic Science International* 2007; **166**: 182-189.
12. Camacho G. Sucesión de la entomofauna cadavérica y ciclo vital de *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) como primera especie colonizadora, utilizando cerdo blanco (*Sus scrofa*) en Bogotá. *Revista Colombiana de Entomología* 2005; **31** (2): 189-197.
13. Pérez SP, Duque P, Wolff M. Successional Behavior and Occurrence Matrix of Carrion-Associated Arthropods in the Urban Area of Medellín, Colombia. *Journal of Forensic Science* 2005; **50** (2): 1-7.
14. Segura NA, Usaquén W, Sánchez MC, Narváez-Sánchez R, Chuairé L, Camacho GP, Ramírez LA, Carreño MI, Bello FJ. Curvas de crecimiento y desarrollo de los primeros insectos colonizadores (Diptera: Calliphoridae) sobre cadáveres de cerdo (*Sus scrofa*) en Bogotá, Colombia. *Revista de Investigación* 2005; **5** (1): 129-140.
15. Barreto M, Burbano ME, Barreto P. Flies (Calliphoridae, Muscidae) and Beetles (Silphidae) from Human Cadavers in Cali, Colombia. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro* 2002; **97** (1): 137-138.
16. Wolff M, Uribe A, Ortiz A, Duque P. A preliminary study of forensic entomology in Medellín, Colombia. *Forensic Science International* 2001; **120**: 53-59.
17. Usaquén W, Camacho G. Ciclo de vida de *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) como primera especie colonizadora presente en hígado humano realizado en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. *Revista del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses* 2000; **18** (2): 31-36.

18. Wells JD, Stevens JR. Application of DNA-Based Methods in Forensic Entomology. *Annual Review of Entomology* 2008; **53**: 103-120.
19. Amendt J, Campobasso CP, Gaudry E, Reiter C, LeBlanc HN, Hall, MJR. Best practice in forensic entomology--standards and guidelines. *International Journal of Legal Medicine* 2007; **121**: 90-104.
20. Campobasso CP, Introna F. The forensic entomologist in the context of the forensic pathologist's role. *Forensic Science International* 2001; **15** (1-2): 132-139.
21. Krüger RF, Kirst FD, de Souza ASB. Rate of development of forensically-important Diptera in southern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 2010; **54** (4): 624-629.
22. Yousseff, SZ. ENTOMOLOGÍA FORENSE: LOS INSECTOS EN LA ESCENA DEL CRÍMEN. *Luna Azul* 2006; **23**: 42-49.
23. Disney RHL. Duration of development of two species of carrion breeding scuttle flies and forensic implications. *Medical and Veterinary Entomology* 2005; **19**: 229-235.
24. Brundage A, Bros S, Honda JY. Seasonal and habitat abundance and distribution of some forensically important blow flies (Diptera: Calliphoridae) in Central California. *Forensic Science International* 2011; **212**: 115-120.
25. Prado e Castro C, Sousa JP, Arnaldos MI, Gaspar J, García MD. Blowflies (Diptera: Calliphoridae) activity in sun exposed and shaded carrion in Portugal. *Annales de la Société Entomologique de France* 2011; **47** (1-2): 128-139.
26. Gallagher MB, Sandhu S, Kimsey R. Variation in Developmental Time for Geographically Distinct Populations of the Common Green Bottle Fly, *Lucilia sericata* (Meigen). *Journal of Forensic Science* 2010; **55** (2): 438-442.
27. Acero AP. Descripción del Comportamiento del Homicidio. Colombia, 2010. *Forensis* 2011; **12** (1): 17-55.
28. Figueroa-Roa L, Linhares AX. Sinantropia de los Calliphoridae de Valdivia, Chile. *Neotropical Entomology* 2002; **31** (2):233-239.
29. Arnaldos MI, Romera E, Presa JJ, Luna A, García MD. Studies on seasonal arthropod succession on carrion in the southeastern Iberian Peninsula. *International Journal of Legal Medicine* 2004; **118**: 197-205.
30. Gennard DE. *Forensic Entomology, An Introduction*. John Wiley & Sons. Chichester, Inglaterra. 2007, 232p.
31. Benecke M. A brief history of forensic entomology. *Forensic Science International* 2001; **120**: 2-14.
32. Amendt J, Krettek R, Zehner R. Forensic entomology. *Naturwissenschaften* 2004; **91**: 51-65.
33. Carter DO, Yellowlees D, Tibbett M. Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems. *Naturwissenschaften* 2007; **94**: 12-24.

34. Reibe S, Doetinchem PV, Madea B. A new simulation-based model for calculating post-mortem intervals using developmental data for *Lucilia sericata* (Dipt.: Calliphoridae). *Parasitology Research* 2010; **107**: 9-16.
35. Wall R, Howard JJ, Bindu J. The seasonal abundance of blowflies infesting drying fish in south-west India. *Journal of Applied Ecology* 2001; **38** (2): 339-348.
36. Chica HL. La respuesta de muchos, la experiencia de la vida: el suicidio. *Forensis* 2011; **12** (1): 199-234.
37. Garzón NR. Las lesiones no intencionales un problema de salud pública. *Forensis* 2011; **12** (1): 295-340
38. McAlpine JF, Peterson BV, Shewell GE, Teskey HJ, Vockeroth JR, Wood DR. *Manual of Nearctic Diptera, Volume 1*. Canadian Government Publishing Centre. Ottawa, Canadá. 1981, 674p.
39. Amat E, Vélez MC, Wolff M. CLAVE ILUSTRADA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS GÉNEROS Y LAS ESPECIES DE CALIFÓRIDOS (DIPTERA: CALLIPHORIDAE) DE COLOMBIA. *Caldasia* 2008; **30** (1): 231-244.
40. Barros de Carvalho CJ, de Mello-Patiu CA. Key to the adults of the most common forensic species of Diptera in South America. *Revista Brasileira de Entomologia* 2008; **52** (3): 390-406.
41. Zar JH. *Biostatistical Analysis, FOURTH EDITION*. Prentice Hall. Upper Saddle River, E.E.U.U. 1999, 663p.
42. Liria J. INSECTOS DE IMPORTANCIA FORENSE EN CADAVERES DE RATAS, CARABOBO – VENEZUELA. *Revista Peruana de Medicina en salud Pública* 2006; **23** (1): 33-38.
43. Centeno N, Almorza D, Arnillas C. Diversity of Calliphoridae (Insecta: Diptera) in Hudson, Argentina. *Neotropical Entomology* 2004; **33** (3):387-390.
44. Herms WB. The Effect of Different Quantities of Foods During the Larval Period on the Sex Ratio and Size of *Lucilia Sericata* Meigen and *Theobaldia Incidens* (Thom.). *Journal of Economic Entomology* 1928; **21** (5): 720-729.
45. Andersen FS. Effect of Density on Animal Sex Ratio. *Oikos* 1961; **12** (1): 1-16.
46. Reed HB. A Study of Dog Carcass Communities in Tennessee, with Special Reference to the Insects. *American Midland Naturalist* 1958; **59** (1): 213-245.
47. Mackerras MJ. Observations on the Life-histories, Nutritional Requirements and Fecundity of Blowflies. *Bulletin of Entomological Research* 1933; **24** (3): 353-362.
48. Vogt WG, Woodburn TL, Morton R, Ellem BA. The influence of weather and time of day on trap catches of males and females of *Lucilia cuprina* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae). *Bulletin of Entomological Research* 1985; **75** (2): 315-320.

<http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/dependencias/facultades/medioambiente/Documentos/Eventos/Seminario-Internacional/Ponencias-Centrales/BOGOTA%20REGION%20CRECIMIENTO%20URBANO.pdf> Consultado el 22 de octubre de 2011.

ANEXO 1

Matriz de datos de colecta del pre-muestreo y el muestreo. Abreviaturas columnas: Loc: localidad, St: sitio, H: hora, Cvn: *Calliphora vicina*, Cva: *Comptosyiops verena*, Ls: *Lucilia sericata*, Sma: *Sarconesiopsis magellanica*, Rra: *Roraimomusca roraima*, Cns: *Calliphora nigribasis* y Cab: *Chrysomya albiceps*.

PRE-MUESTREO CUALITATIVO (Ausencia: 0; Presencia: 1)									
Loc	St	H	Cvn	Cva	Ls	Sma	Rra	Cns	Cab
Chapinero	UPZ Pardo Rubio, Chicó Lago y El Refugio	Sin registro	1	1	1	1	1	1	0
Puente Aranda	UPZ Alcalá	Sin registro	1	1	1	0	0	0	1
Rafael Uribe Uribe	UPZ San José	Sin registro							
Suba	Humedal Córdoba	Sin registro	0	0	0	0	0	0	0
Suba	Jardines del Recuerdo	Sin registro	1	1	1	1	0	0	0
Barrios Unidos	UPZ Alcázares	Sin registro	1	1	1	0	0	0	0
Barrios Unidos	Parque Los Novios	Sin registro	1	1	1	0	0	0	0
Engativá	UPZ Garcés Navas	Sin registro	0	0	1	0	0	0	0
Tunjuelito	Isla del Sol	Sin registro	1	1	1	1	0	0	1
Teusaquillo	Parque Simón Bolívar	Sin registro	0	0	0	0	0	0	0
Chapinero y Santa Fe	Campus PUJ y parque Nacional	Sin registro	1	1	1	0	0	0	0
MUESTREO CUANTITATIVO (Abundancia)									
Loc	St	H	Cva	Cva	Ls	Sma	Rra	Cns	Total
Bosa	Jardines del Apogeo	8:00-9:30	6	1	1	0	0	0	8
Bosa	Jardines del Apogeo	9:30-11:00	10	7	0	3	0	0	20
Bosa	Jardines del Apogeo	11:00-12:30	2	2	0	0	0	0	4
Bosa	Jardines del Apogeo	12:30-14:00	1	0	0	0	0	0	1

Bosa	Jardines del Apogeo	14:00-15:30	0	0	0	0	0	0	0
San Cristóbal	UPZ 20 de Julio	8:00-9:30	1	0	21	1	0	0	23
San Cristóbal	UPZ 20 de Julio	9:30-11:00	0	0	43	6	0	0	49
San Cristóbal	UPZ 20 de Julio	11:00-12:30	2	0	32	2	0	0	36
San Cristóbal	UPZ 20 de Julio	12:30-14:00	0	0	3	3	0	0	6
San Cristóbal	UPZ 20 de Julio	14:00-15:30	0	0	7	1	0	0	8
Usme	UPZ Ciudad de Usme	8:00-9:30	3	0	0	0	0	0	3
Usme	UPZ Ciudad de Usme	9:30-11:00	4	0	1	0	0	0	5
Usme	UPZ Ciudad de Usme	11:00-12:30	1	0	0	3	0	0	4
Usme	UPZ Ciudad de Usme	12:30-14:00	11	0	2	18	0	0	31
Usme	UPZ Ciudad de Usme	14:00-15:30	0	0	0	0	0	0	0
Usaquén	UPZ Los Cedros, Santa Bárbara y Lisboa	8:00-9:30	11	0	1	0	0	0	12
Usaquén	UPZ Los Cedros, Santa Bárbara y Lisboa	9:30-11:00	6	1	5	0	0	0	12
Usaquén	UPZ Los Cedros, Santa Bárbara y Lisboa	11:00-12:30	1	0	0	0	0	0	1
Usaquén	UPZ Los Cedros, Santa Bárbara y Lisboa	12:30-14:00	18	0	6	0	0	0	24
Usaquén	UPZ Los Cedros, Santa Bárbara y Lisboa	14:00-15:30	0	0	0	0	0	0	0
Chapinero	UPZ Pardo Rubio, Chicó Lago y El Refugio	8:00-9:30	9	0	0	4	1	2	16
Chapinero	UPZ Pardo Rubio, Chicó Lago y El Refugio	9:30-11:00	7	0	3	3	0	0	13
Chapinero	UPZ Pardo Rubio, Chicó Lago y El Refugio	11:00-12:30	0	0	0	2	0	0	2

Chapinero	UPZ Pardo Rubio, Chicó Lago y El Refugio	12:30-14:00	5	1	0	34	2	0	42
Chapinero	UPZ Pardo Rubio, Chicó Lago y El Refugio	14:00-15:30	0	0	0	14	0	0	14
Puente Aranda	UPZ Alcalá	8:00-9:30	1	0	0	0	0	0	1
Puente Aranda	UPZ Alcalá	9:30-11:00	2	0	3	0	0	0	5
Puente Aranda	UPZ Alcalá	11:00-12:30	21	0	5	1	0	0	27
Puente Aranda	UPZ Alcalá	12:30-14:00	5	0	0	0	0	0	5
Puente Aranda	UPZ Alcalá	14:00-15:30	0	0	0	0	0	0	0
Rafael Uribe Uribe	UPZ San José	8:00-9:30	4	0	4	0	0	0	8
Rafael Uribe Uribe	UPZ San José	9:30-11:00	11	0	19	2	0	0	32
Rafael Uribe Uribe	UPZ San José	11:00-12:30	4	0	18	1	0	0	23
Rafael Uribe Uribe	UPZ San José	12:30-14:00	3	0	18	1	0	0	22
Rafael Uribe Uribe	UPZ San José	14:00-15:30	0	0	0	0	0	0	0
Suba	UPZ Niza	8:00-9:30	0	0	3	2	0	0	5
Suba	UPZ Niza	9:30-11:00	7	0	16	4	0	0	27
Suba	UPZ Niza	11:00-12:30	0	0	14	6	0	0	20
Suba	UPZ Niza	12:30-14:00	4	0	22	4	0	0	30
Suba	UPZ Niza	14:00-15:30	1	0	15	2	0	0	18
Barrios Unidos	UPZ Alcázares	8:00-9:30	29	0	8	0	0	0	37
Barrios Unidos	UPZ Alcázares	9:30-11:00	18	0	25	0	0	0	43
Barrios Unidos	UPZ Alcázares	11:00-12:30	18	0	59	0	0	0	77
Barrios Unidos	UPZ Alcázares	12:30-14:00	11	0	7	0	0	0	18

Barrios Unidos	UPZ Alcázares	14:00-15:30	0	0	4	0	0	0	4
Engativá	UPZ Bolivia	8:00-9:30	2	0	1	3	0	0	6
Engativá	UPZ Bolivia	9:30-11:00	2	1	2	1	0	0	6
Engativá	UPZ Bolivia	11:00-12:30	3	0	0	12	0	0	15
Engativá	UPZ Bolivia	12:30-14:00	1	0	6	4	0	0	11
Engativá	UPZ Bolivia	14:00-15:30	0	0	1	8	0	0	9
Tunjuelito	Isla del Sol	8:00-9:30	1	0	3	0	0	0	4
Tunjuelito	Isla del Sol	9:30-11:00	3	0	22	0	0	0	25
Tunjuelito	Isla del Sol	11:00-12:30	5	0	21	0	0	0	26
Tunjuelito	Isla del Sol	12:30-14:00	4	0	8	1	0	0	13
Tunjuelito	Isla del Sol	14:00-15:30	0	0	12	0	0	0	12