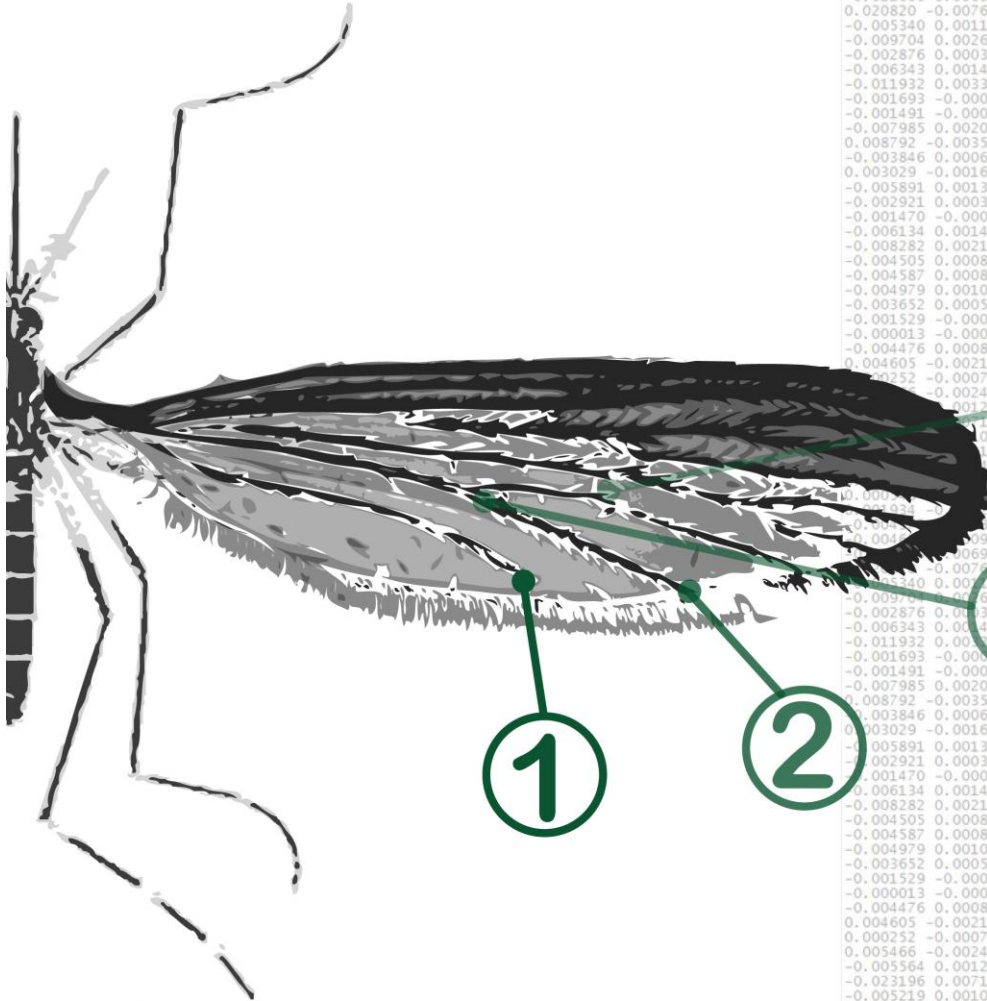


Comparación entre la variabilidad climática y los cambios morfológicos en las alas de *Aedes aegypti* (Díptera: Culicidae) provenientes de barrios con alta y baja transmisión de dengue de Medellín



-0.005891	0.001324	0.002261	0.001084	0
-0.002921	0.000330	0.002742	0.000649	0
-0.001470	-0.000156	0.002977	0.000436	0
-0.004587	0.000887	0.002472	0.000893	0
-0.004979	0.001019	0.002408	0.000950	0
-0.003652	0.000574	0.002623	0.000756	0
-0.001529	-0.000136	0.002967	0.000445	0
-0.000013	-0.000644	0.003212	0.000223	0
-0.004476	0.000850	0.002490	0.000876	0
0.004605	-0.002190	0.003960	-0.000454	0
0.000252	-0.000732	0.003255	0.000184	0
0.005466	-0.002477	0.004100	-0.000580	0
-0.005564	0.001214	0.002314	0.001036	0
-0.023196	0.007116	-0.000542	0.003618	0
-0.005219	0.001099	0.002369	0.000985	0
-0.002876	0.000315	0.002749	0.000642	0
-0.006343	0.004773	0.002187	0.001150	0
-0.011932	0.003346	0.001282	0.001969	0
-0.001693	-0.000081	0.002940	0.000469	0
-0.001491	-0.000149	0.002973	0.000439	0
-0.007985	0.002025	0.001922	0.001390	0
0.008792	-0.003591	0.004638	-0.001067	0
-0.003846	0.000639	0.002592	0.000784	0
0.003029	-0.001662	0.003705	-0.000223	0
-0.005891	0.001324	0.002261	0.001084	0
-0.002921	0.000330	0.002742	0.000649	0
-0.001470	-0.000156	0.002977	0.000436	0
-0.006134	0.001405	0.002221	0.001119	0
-0.008282	0.002124	0.001873	0.001434	0
-0.004505	0.000860	0.002485	0.000881	0
-0.004587	0.000887	0.002472	0.000893	0
-0.004979	0.001019	0.002408	0.000950	0
-0.003652	0.000574	0.002623	0.000756	0
-0.001529	-0.000136	0.002967	0.000445	0
-0.000013	-0.000644	0.003212	0.000223	0
-0.004476	0.000850	0.002490	0.000876	0
0.004605	-0.002190	0.003960	-0.000454	0
0.000252	-0.000732	0.003255	0.000184	0
0.005466	-0.002477	0.004100	-0.000580	0
-0.005564	0.001214	0.002314	0.001036	0
-0.023196	0.007116	-0.000542	0.003618	0
-0.005219	0.001099	0.002369	0.000985	0



John Alejandro Ocampo Mesa
Sara Silva Villa
Instituto de Biología
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Antioquia
2012



-0.003846	0.000639	0.002592	0.000784	0
0.003029	-0.001662	0.003705	-0.000223	0

Ocampo-Mesa JA, Silva-Villa S

Comparación entre la variabilidad climática y los cambios morfológicos en las alas de *Aedes aegypti* (Díptera: Culicidae) provenientes de barrios con alta y baja transmisión de dengue de Medellín

John Alejandro Ocampo Mesa

Sara Silva Villa

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Biólogo

Asesores

Guillermo León Rúa Uribe

Grupo Entomología Médica -GEM, Universidad de Antioquia

Giovan Fernando Gómez García

Grupo de Microbiología Molecular, Universidad de Antioquia

Instituto de Biología

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Universidad de Antioquia

Medellín

2012

Agradecimientos

Al laboratorio de Entomología Medica (GEM) agradecemos por el apoyo y por facilitarnos sus instalaciones y equipos.

Al Profesor Guillermo León Rúa Uribe, por la orientación, dedicación y apoyo incondicional prestado durante todo el proceso.

A Giovan F. Gómez, por la asesoría y acompañamiento en el desarrollo del trabajo que también fue incondicional.

Al Instituto Nacional de Salud de Colombia, por facilitarnos material entomológico, al Profesor Jorge Mario Cadavid, por facilitarnos material entomológico, a Marcela Quimbayo, por facilitarnos datos climáticos, a Susana Hernández por la colaboración en varios procesos del trabajo y a Juan Alejandro Vélez por el diseño de la portada y el cd.

A Ruth Vivian Pérez por la financiación del proyecto.

Agradecemos también a la comunidad de Medellín, la cual nos permitió instalar las trampas en sus viviendas.

Dedicatoria

Alejandro

A sussy, mi incondicional y perseverante compañera de lucha.

A mi familia, María Eugenia, Jesús María y Camilo, la base de todo lo vivido y logrado.

A Ruth Viviam Pérez S. y Pablo E. Hernández, por el apoyo incondicional a nivel personal y en mi proceso de formación profesional.

A Elvia Salazar y María Victoria Pérez, por el apoyo colaboración durante el pregrado.

A Rosalba Ocampo y Josefina Ocampo, por su disponibilidad y apoyo.

A Melvin Velázquez, por su ayuda psicológica para levantarme de nuevo.

A mis amigos peludos, Tom, Paco, Lea, Lola, Prana, Pascual, Igor y Maggy, por hacer los momentos más alegre y llevaderos

Sara

Quiero agradecer y dedicar este logro a mis abuelos Horacio Villa y Maruja Lopera, a mi tía abuela Gilma Villa, a mi mamá Teresita Villa, a mis hermanos, Esteban y Santiago, y a mi novio Andrés Felipe Valencia, quienes estuvieron apoyándome siempre durante mi formación académica. A Sussy y Alejo, al profe Guillermo. Si no hubiera sido por ustedes no sería bióloga. Gracias por todos los momentos, el apoyo, las traspasadas, y las empujadas. El mero hecho de estar escribiendo estas palabras me llena de orgullo y de satisfacción, porque al mirar hacia atrás alcanzo a ver todos los logros obtenidos. No fue fácil, pero lo logramos, ya que esto que aquí exponemos, fue un trabajo largo pero en grupo, todos ustedes hacen parte de mi grupo.

También quiero dar las gracias a mis compañeros y amigos, Edison, David, Aleja, Nadia, Crispy, Dany, Anyer, Edwin (mosto), Sarita, Lucho, Juan pablo y Mario. Al igual que a mi familia los llevo en el corazón. A mis amigas de toda la vida Estefanía, Juliana y Marce. Sin desmeritar a todos los otros que han estado conmigo, a mi lado y que posiblemente se me pasen, mil gracias por todo!

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Barrios de la ciudad incluidos en el estudio. Se indica la transmisión de dengue para cada uno de ellos y la ubicación geográfica.	29
Tabla 2. Descripción de la ubicación de los puntos de referencia en el plano del ala para el correspondiente análisis morfométrico.	34
Tabla 3. Comparaciones realizadas de los barrios en el análisis morfométrico.	36
Tabla 4. Valores de repetibilidad para cada barrio evaluado en cada periodo climático. * Valores de repetibilidad promedio totales para caja eje en cada periodo climático, ** Valores de repetibilidad promedio totales para cada eje en ambos periodos climáticos.	38
Tabla 5. Valores de p para las comparaciones en tamaño y conformación. En las celdas sombreadas se identifican los valores de $p < 0,05$.	40
Tabla 6. Corrección del efecto alométrico en las comparaciones que presentaron esta situación. En sombreado, solo en tres de las 15 comparaciones no pudo ser corregido dicho efecto.	53
Tabla 7. Puntos de referencia en los que se observó diferencia significativa en conformación, en las comparaciones de poblaciones globales.	53
Tabla 8. Puntos de referencia en los que se observó diferencia significativa en conformación, en las comparaciones entre barrios con alta y baja transmisión de dengue, en los dos periodos climáticos, El Niño y La Niña.	54
Tabla 9. Puntos de referencia en los que se observó diferencia significativa en conformación, en las comparaciones de un barrio consigo mismo, en los dos periodos climáticos, El Niño y La Niña.	54

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Emergencia del dengue a nivel mundial antes de 1960 y después de 1960.	17
Figura 2. Ciclo de vida del principal mosquito transmisor del dengue: <i>Aedes aegypti</i> .	22
Figura 3. Ciclo de transmisión de dengue.	23
Figura 4. <i>Aedes aegypti</i> , principal vector de dengue en Colombia.	24
Figura 5. Mapa de Medellín con la ubicación de los 16 barrios donde se tomaron las muestras entomológicas.	29
Figura 6. Características morfológicas para la diferenciación sexual en <i>Aedes aegypti</i> .	31
Figura 7. Vista dorsal del tórax en <i>Aedes aegypti</i> . Se indica la marca en forma de lira utilizada en la identificación taxonómica.	31
Figura 8. Patrón de coloración en las patas de <i>Aedes aegypti</i> utilizado para identificación de los individuos a estudiar.	32
Figura 9. Fotografía del ala derecha de una hembra de <i>Aedes aegypti</i> .	33
Figura 10. Gráfico de la temperatura en función de los meses para los años 2009, 2010 y 2011 en la ciudad de Medellín.	33
Figura 11. Localización de los 13 puntos de referencia para hembras de <i>Aedes aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i> .	35
Figura 12. Digitalización de los puntos de referencia en el ala derecha de una hembra de <i>Aedes aegypti</i> mediante el programa CLIC.	36
Figura 13. Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los periodos climáticos El Niño y La Niña.	41
Figura 14. Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los periodos climáticos El Niño y La Niña con situación de alta transmisión de dengue.	42
Figura 15. Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los periodos climáticos El Niño y La Niña con situación de baja transmisión de	42

dengue.

Figura 16.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los Barrios Aranjuez (alta transmisión) y Granada (baja transmisión), en el periodo climático El Niño.	43
Figura 17.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los Barrios Campo Valdés (alta transmisión) y Tejelo (baja transmisión), en el periodo climático El Niño.	43
Figura 18.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los barrios Robledo (alta transmisión) y Miraflores (baja transmisión), en el periodo climático El Niño.	44
Figura 19.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los barrios Aranjuez (alta transmisión) y Granada (baja transmisión), en el periodo climático La Niña.	44
Figura 20.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los barrios Manrique (alta transmisión) y Villaflora (baja transmisión), en el periodo climático La Niña.	45
Figura 21.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los barrios Gerona (alta transmisión) y San Javier (baja transmisión), en el periodo climático La Niña.	45
Figura 22.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los barrios Campo Valdés (alta transmisión) y Tejelo (baja transmisión), en el periodo climático La Niña.	46
Figura 23.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los barrios Belén (alta transmisión) y Manila (baja transmisión), en el periodo climático La Niña.	46
Figura 24.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los barrios Robledo (alta transmisión) y Miraflores (baja transmisión), en el periodo climático La Niña.	47
Figura 25.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los barrios Belén Rincón (alta transmisión) y Caicedo (baja transmisión), en el periodo climático La Niña.	47
Figura 26.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones del barrio Aranjuez (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	48

Figura 27.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones del barrio Gerona (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	48
Figura 28.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones del barrio Manila (baja transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	49
Figura 29.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones del barrio Belén Rincón (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	49
Figura 30.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones del barrio Granada (baja transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	50
Figura 31.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones del barrio Belén (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	50
Figura 32.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones del barrio Velódromo (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	51
Figura 33.	Diferencias en tamaño entre las poblaciones del barrio Villaflores (baja transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	51
Figura 34.	Diferencias en conformación entre las poblaciones de los periodos climáticos El Niño y La Niña.	55
Figura 35.	Diferencias en conformación entre las poblaciones con situación de alta y baja transmisión.	55
Figura 36.	Diferencias en conformación entre las poblaciones con situación de alta transmisión, en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	55
Figura 37.	Diferencias en conformación entre las poblaciones con situación de baja transmisión, en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	56
Figura 38.	Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Aranjuez (alta transmisión) y Granada (baja transmisión), en el periodo climático El Niño.	56
Figura 39.	Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Manrique (alta transmisión) y Villaflores (baja transmisión), en el periodo climático El Niño.	56
Figura 40.	Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Campo Valdés (alta transmisión) y Tejelo (baja transmisión), en el periodo climático El Niño.	57

Figura 41.	Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Velódromo (alta transmisión) y El Poblado (baja transmisión), en el periodo climático El Niño.	57
Figura 42.	Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Robledo (alta transmisión) y Miraflores (baja transmisión), en el periodo climático El Niño.	57
Figura 43.	Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Belén Rincón (alta transmisión) y Caicedo (baja transmisión), en el periodo climático El Niño.	58
Figura 44.	Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Aranjuez (alta transmisión) y Granada (baja transmisión), en el periodo climático La Niña.	58
Figura 45.	Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Manrique (alta transmisión) y Villaflora (baja transmisión), en el periodo climático La Niña.	58
Figura 46.	Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Campo Valdés (alta transmisión) y Tejelo (baja transmisión), en el periodo climático La Niña.	59
Figura 47.	Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Campo Valdés (alta transmisión) y Tejelo (baja transmisión), en el periodo climático La Niña.	59
Figura 48.	Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Robledo (alta transmisión) y Miraflores (baja transmisión), en el periodo climático La Niña.	59
Figura 49.	Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Belén Rincón (alta transmisión) y Caicedo (baja transmisión), en el periodo climático La Niña.	60
Figura 50.	Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Aranjuez (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	60
Figura 51.	Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Campo Valdés (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	60

Figura 52.	Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Manrique (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	61
Figura 53.	Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Gerona (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	61
Figura 54.	Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Manila (baja transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	61
Figura 55.	Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Belén Rincón (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	62
Figura 56.	Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Granada (baja transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	62
Figura 57.	Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Belén (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	62
Figura 58.	Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio San Javier (baja transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	63
Figura 59.	Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Velódromo (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	63
Figura 60.	Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Robledo (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	63
Figura 61.	Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Villaflora (baja transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	64
Figura 62.	Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Tejelo (baja transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña.	64

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	
1. Introducción	13
2. Justificación	15
3. Marco Teórico	16
3.1. Dengue, un importante problema de salud pública	16
3.2. <i>Aedes aegypti</i> , principal vector de dengue en Colombia	19
3.3. El clima, como un factor potencial en la propagación del vector	25
3.4. Morfometría geométrica, cuantificación de la variación morfológica	26
4. Objetivos	27
4.1. Objetivo General	27
4.2. Objetivos Específicos	28
5. Materiales y Métodos	28
5.1. Área de estudio	28
5.2. Obtención de material entomológico	30
5.3. Identificación taxonómica	31
5.4. Montaje de alas	32
5.5. Determinación y comparación de Tamaño y Conformación	34
5.6. Programas para el análisis	37
6. Resultados	37
6.1. Repetibilidad	38
6.2. Comparación del tamaño alar	39
6.3. Alometría	52
6.4. Comparación de la conformación alar	53
7. Discusión	65
8. Conclusiones	67
9. Bibliografía	68
10. Anexos	75

Resumen

La transmisión de dengue en Medellín es endemo-epidémica. Sin embargo, no todos los barrios en la ciudad presentan igual incidencia. Además, se ha evidenciado que la variabilidad climática afecta la transmisión de dengue en Medellín. Tal variación espacio/temporal puede estar asociada con cambios en la capacidad vectorial (CV) de *Aedes aegypti*. Con el propósito de contribuir al conocimiento de la transmisión de dengue se seleccionaron 16 barrios de la ciudad (ocho de alta y ocho de baja transmisión), en donde se localizaron aleatoriamente 5 trampas por cada barrio para obtener los mosquitos adultos. Las ovitrampas fueron colocadas en tres meses de dos periodos climáticos diferentes, El Niño y La Niña. Los mosquitos adultos obtenidos a partir de las trampas fueron transportados al Laboratorio de Entomología Médica (Universidad de Antioquia) en donde se retiró el ala derecha de las hembras para ser montada en lámina. Se utilizaron como grupo control mosquitos *Ae. taeniorhynchus* (suministrados por el Instituto Nacional de Salud de Colombia) y *Ae. aegypti* (provenientes del Putumayo y suministrados por el Laboratorio de Entomología Médica de la Universidad de Antioquia). Se determinaron 13 puntos de referencia para el análisis y se observaron diferencias estadísticamente significativas en el tamaño del ala entre los diferentes periodos climáticos y niveles de transmisión, siendo los individuos colectados durante La Niña y en barrios de baja transmisión los que presentaron un mayor tamaño. También se determinó que algunas diferencias en la conformación son dependientes de alometría, razón por la cual, dichas diferencias dependen del tamaño de los individuos. Con relación a la conformación alar, se observaron diferencias estadísticamente significativas cuando se compararon entre sí los dos periodos climáticos, y también para los niveles de transmisión. Los resultados observados en el presente estudio permiten concluir que los individuos de mayor tamaño corresponden al período La Niña y a los barrios de baja de transmisión. La información del tamaño de los individuos podrá ser incorporada en los programas de vigilancia y prevención de dengue en la ciudad, con la se podrán diseñar estrategias más oportunas para el control de la enfermedad.

1. Introducción

La situación epidemiológica de la transmisión del dengue en las Américas presenta un comportamiento endemo epidémico en la mayor parte de los países. Durante los últimos 20 años se han registrado ciclos epidémicos cada tres a cinco años, aumento en el número y frecuencia de brotes de dengue y la mortalidad por esta causa. Esto está relacionado con la expansión geográfica de la infestación del *Aedes aegypti* y la circulación simultánea de diferentes serotipos con escenarios de transmisión endemo epidémica e hiperendémica (Instituto Nacional de Salud. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de dengue, consultado en enero de 2012).

En Colombia, durante los últimos diez años se presentaron en promedio 29 muertes por año, con una letalidad promedio anual de 1,17 por cada 100 casos de dengue grave. Sin embargo, aunque esta letalidad no sobrepasa lo tolerable (2%), hay que tener en cuenta que el promedio nacional diluye la magnitud del problema de la mortalidad a nivel regional y local; igualmente, podría estar afectado por un registro de casos de dengue grave en el sistema (Instituto Nacional de Salud. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de dengue, consultado en enero de 2012).

Cabe destacar la notable epidemia que se registró en el país en el año 2010, con cerca de 150.000 casos notificados. Medellín no fue ajena a esta epidemia. En la ciudad se reportaron para este mismo año 17465 casos, de los cuales 110 fueron graves y 14 fueron fatales (Instituto Nacional de Salud, 2011).

Por mucho tiempo se ha reconocido la fuerte asociación existente entre diversas enfermedades y la variabilidad climática, principalmente a través de su influencia sobre los ecosistemas terrestres. El principal mecanismo de modulación de la variabilidad climática a diversas escalas de tiempo que van desde la escala mensual hasta la intradecadal, es el llamado fenómeno El Niño - Oscilación del Sur (ENSO), un evento natural que se da como resultado de la interacción entre el océano y la atmósfera en la región del Océano Pacífico ecuatorial. El fenómeno ENSO produce fuertes perturbaciones sobre la circulación atmosférica global, y sus efectos climáticos tienen dramáticas implicaciones

socioeconómicas y ambientales. Este fenómeno tiene dos componentes, uno oceánico y otro atmosférico. El componente oceánico se relaciona con cambios en la temperaturas superficial del mar, en donde las temperaturas cálidas corresponden a El Niño, y las frías a La Niña. El componente atmosférico se relaciona con la Oscilación del Sur, la cual es una variación de masa y presiones atmosférica entre el oeste y el este del Pacífico ecuatorial (Poveda G, Rojas W, 1997).

Hasta el momento, *Ae. (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762), es el único vector del dengue en las Américas. Aunque *Ae. albopictus* (reconocido vector de dengue en Asia) se ha encontrado también en algunos países americanos, entre ellos Colombia (Rúa-Uribe *et al.*, 2011). Sin embargo, este mosquito no ha sido asociado con la transmisión de la enfermedad en la región (San Martín JL, Prado M, 2004).

En general se considera el *Ae. aegypti* como una especie doméstica, debido a que infesta los recipientes artificiales encontrados en las viviendas humanas o en sus alrededores. Su rango de vuelo se ha estimado en 100 m., aunque se ha encontrado en contadas ocasiones hasta varios Km de la vivienda más cercana. Y a pesar de que es una especie principalmente urbana, Colombia ha sido uno de los países en donde se ha reportado en áreas rurales (Ríos JF, 2004).

Entre las propiedades más destacadas de la naturaleza está la variabilidad morfológica. Los rangos de tamaño y conformación característicos de una especie además de estar determinados genéticamente, también son producto de restricciones estructurales y funcionales, del efecto de las interacciones con su entorno y de los accidentes de su historia evolutiva particular (Universidad Nacional de Colombia. Curso de Morfometría Geométrica: métodos y aplicaciones, 2011). La Morfometría Geométrica surge con la unión entre diversas ramas de la ciencia como la biología, la geometría y la estadística por medio de la cual se estudian los cambios en el tamaño y la conformación de un individuo.

El objetivo principal del presente estudio fue comparar la variación del tamaño y la conformación geométrica de las alas de *Ae. aegypti* presentes en barrios de alta y baja transmisión de dengue en Medellín, colectados durante dos diferentes períodos climáticos,

El Niño y La Niña, con el fin de contribuir al conocimiento de la variabilidad fenotípica del vector que posibilite la generación de nuevas herramientas para el control del dengue.

2. Justificación

En Colombia cerca de 25 millones de personas que habitan en zonas urbanas con transmisión endémica de dengue están en riesgo de adquirir esta enfermedad (Instituto Nacional de Salud. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de dengue, consultado en enero de 2012). En el caso particular de Medellín, cerca del 95% de los barrios de la ciudad presentan transmisión de la enfermedad, sin importar el estrato (Suárez C, *et al.*, 2008). Sin embargo, la incidencia de dengue varía de un barrio a otro, sin estar asociado a las condiciones socioeconómicas o al riesgo entomológico estimado mediante los índices aélicos (Restrepo J, 2010).

En enfermedades producidas por los flavivirus, como el dengue, la prevención depende en gran medida del control de los vectores, para lo cual es necesario conocer en detalle su biología y comportamiento (Nelson MJ, 1986).

En zonas con transmisión de dengue es necesario implementar estrategias permanentes y especiales de vigilancia entomológica, epidemiológica y socioeconómica, más aun cuando se presentan diferentes fenómenos climáticos consecutivamente, ya que esto puede generar cambios en la dinámica de la población del vector.

En este trabajo se empleó la morfometría geométrica como una herramienta para comparar la variabilidad morfológica alar del mosquito *Ae. aegypti* (tamaño y conformación), en dos periodos climáticos diferentes (El Niño y La Niña) y en barrios de baja y alta transmisión de dengue. Esta información podría ser de utilidad para el diseño adecuado y oportuno de estrategias de prevención y control del vector.

3. Marco Teórico

3.1. Dengue, un importante problema de salud pública

El dengue es una enfermedad viral febril aguda. Se reconoce un espectro de manifestaciones de la enfermedad que va desde procesos asintomáticos hasta cuadros severos; es así como se definen diversas formas clínicas: dengue sin signos de alarma, dengue con signos de alarma, y el dengue grave donde se encuentran incluidos el síndrome de choque dengue (SCD) y otras complicaciones del dengue como miocarditis, encefalitis, hepatitis las cuales se asocian con mayor mortalidad (Instituto Nacional de Salud. Protocolo de Vigilancia del dengue, consultado en diciembre de 2011).

El dengue es una sola enfermedad que se expresa de diversas maneras o con diversos grados de intensidad aún en una misma epidemia. Una forma es la fiebre indiferenciada, frecuente en niños, y otra es la fiebre asociada con mialgias, cefalea y dolor retroorbitario, leucopenia frecuente y exantema, la cual se presenta en aproximadamente la mitad de los casos. Esta última forma se conoce como fiebre por dengue o dengue y en ocasiones se acompaña de petequias u otras hemorragias menores, aun cuando no se observe una reducción importante del número de plaquetas. La otra forma clínica reconocida es el dengue grave, cuya alteración principal y característica es la extravasación clínicamente importante de plasma, en la cual el enfermo tiene una etapa febril indistinguible de la del dengue y evoluciona posteriormente con trombocitopenia (≤ 100000 plaquetas/mm³), hemoconcentración, derrames serosos (pleural, ascítico o pericárdico), hipotensión y choque, así como hematemesis y otras hemorragias de consideración, todo lo cual coloca al paciente en riesgo inminente de morir (Instituto Nacional de Salud. Guía de atención clínica integral del paciente con dengue, 2010).

El virus del dengue es un arbovirus del género *Flavivirus* (familia Flaviviridae) del cual se han identificado cuatro serotipos: DENV 1, DENV 2, DENV 3 y DENV 4. La infección por un serotipo produce inmunidad para toda la vida contra ese serotipo, pero solo

protección temporal y parcial contra los demás (Organización Panamericana de la Salud. Documento Técnico del 44° Consejo Directivo (CD 44/14), 2003).

El dengue es indiscutiblemente un problema de salud pública muy importante en la actualidad. El dengue en el mundo alcanza 50 millones de casos anuales, de los cuales 500.000 deben ser hospitalizados por dengue grave y alrededor de 20.000 mueren. Más de 100 países sufren epidemias de dengue (Figura 1). El 95% de los casos de dengue grave, se observan en niños menores de 15 años (Organización Panamericana de la Salud. Documento Técnico del 44° Consejo Directivo (CD 44/14), 2003).



Figura 1. Emergencia del dengue a nivel mundial antes de 1960 y después de 1960. Fuente: <http://argentinadengue.blogspot.com/2009/11/epidemia-de-dengue-de-2009.html>.

En la actualidad, se informan casos de dengue en más de 30 países de las Américas. Entre 2001 y 2005 se notificaron casi tres millones de casos de dengue, de los cuales 65.000 correspondieron a la forma grave, con 789 muertes. El mayor número de casos en este período corresponde a Brasil, Colombia, Venezuela, Costa Rica y Honduras (82% del total). (San Martín JL, Brathwaite-Dick O, 2007).

En el lapso comprendido entre 1978 a 2009, se registraron oficialmente en Colombia un total de 952.226 casos de dengue, estimándose que ocurren anualmente un promedio de 29.757 casos, lo que corresponde a 119,8 casos por 100.000 habitantes en riesgo. (Instituto Nacional de Salud. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de dengue, consultado en enero de 2012). Con base en la elevada mortalidad y teniendo en cuenta que el 80 % del territorio nacional, puede verse afectado por la enfermedad, se debe considerar el dengue como la principal enfermedad de transmisión vectorial de ocurrencia en Colombia (Suárez C, *et al.*, 2008).

En Antioquia, los municipios de Medellín y Bello, presentan cerca del 80 % de los casos de dengue que se registran en Colombia, siendo uno de los departamentos con mayor número de casos en el país (Boletín Epidemiológico, Medellín SIVIGILA, 2007).

La transmisión del virus del dengue es predominantemente vectorial y ocurre por la picadura de los mosquitos hembras *Ae. aegypti* infectados. Este es el principal vector del dengue en nuestro país. En el ambiente urbano el reservorio del dengue es el hombre y no existe el contagio persona a persona, salvo excepciones, como la transmisión vertical de madre a hijo. La hembra de *Ae. aegypti* adquiere el virus al alimentarse de una persona infectada que se encuentra en período de viremia. Al ingresar el virus en el mosquito, se replica en el intestino y desde allí migra hacia las glándulas salivales, y queda disponible, para que en una nueva picadura a una nueva persona, pueda transmitirle el virus manteniendo la cadena de transmisión. La duración de este ciclo (período de incubación extrínseco) dura aproximadamente entre 8 y 12 días, dependiendo de la temperatura ambiental (Instituto Nacional de Salud. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de dengue, consultado en enero de 2012).

A comienzos del siglo XX, el mosquito *Ae. aegypti* se encontraba en todos los países de las Américas excepto Canadá. La campaña continental de erradicación impulsada por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), iniciada formalmente en 1947, logró eliminar el vector de 18 países antes de 1960. Después de 1962, otros tres países eliminaron el vector. Sin embargo, ese mismo año se

observó la reinfestación en algunos de los países que ya habían erradicado el mosquito. En los últimos 22 años, la incidencia de dengue en la Región ha tenido una tendencia ascendente, con picos epidémicos cada vez mayores que se repiten cada 3–5 años casi de manera regular (San Martín JL, Brathwaite-Dick O, 2007). En 1991, solamente cuatro territorios estaban libres de *Aedes* (Chile, Uruguay, las Islas Caimán y las Bermudas); los demás, todos reinfestados, sufrieron por lo menos una epidemia de dengue. (Organización Panamericana de la Salud. Lecciones, desafíos y experiencias -participación comunitaria en dengue y Desafíos futuros para la comunicación social en Programas de Prevención y Control del Dengue y de la FHD, 2002). Esto puede deberse a la acumulación, en ese lapso, de grandes grupos poblacionales susceptibles a la infección, a la circulación de diferentes serotipos del virus, al aumento de la virulencia y la patogenicidad de las cepas circulantes y a la diseminación del vector a nuevas áreas de la Región y del mundo (San Martín JL, Brathwaite-Dick O, 2007).

Las particularidades del cuadro clínico, la gravedad de la enfermedad y la magnitud de las epidemias dependen de las características del vector, del virus y de la persona infectada (factores microdeterminantes). Influyen también el medio ambiente, el clima y el nivel sanitario, principalmente en las zonas urbanas, así como algunos factores sociales y económicos (factores macrodeterminantes) (Kourí G, 2006).

3.2. *Aedes aegypti*, principal vector de dengue en Colombia

Aedes aegypti y *Ae. albopictus* son los vectores primarios y secundarios, respectivamente, del virus del dengue (DF/DHF) que posiblemente es el arbovirus más importante del siglo XXI (Gubler, 2002). También transmiten el virus chikungunya, un virus que se originó en África y está resurgiendo en la India y Asia y con brotes recientes en el sur de Europa e Italia (Chastel, 2005; Josseran, *et al.*, 2006; Rezza, *et al.*, 2007).

En la actualidad, *Ae. aegypti* presenta una distribución tropical mundial. Su creciente expansión no solamente ha ocurrido como consecuencia de la existencia de climas progresivamente más cálidos y húmedos, sino también promovida por una creciente

urbanización no planificada, especialmente en países en vías de desarrollo, cuyas ciudades ofrecen hábitats idóneos para el desarrollo de las larvas del mosquito (Cerdeira J, *et al.*, 2008).

La distribución de *Ae. aegypti* se limita a latitudes comprendidas entre los 35° 0' norte y los 35° 0' sur. Igualmente, la altura es un factor limitante para su dispersión, hallándose solo por debajo de los 1800 msnm, aunque en Colombia esta especie ha sido reportada hasta 2200 msnm, debido probablemente al incremento de la temperatura ambiental y a la desordenada urbanización de muchas de nuestras ciudades (Instituto Nacional de Salud. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de dengue, consultado en enero de 2012).

En América Latina el principal vector de dengue es *Ae. aegypti*. Su comportamiento y biología condicionan una alta eficiencia en la transmisión del virus y una amplia distribución en zonas urbanas (Mena N, *et al.*, 2011). Esta especie es originaria de África, pero fue introducida en América mediante el transporte de huevos, larvas o adultos en barcos, aviones o transportes terrestres (Consoli R, De Oliveira R, 1994).

La alta eficiencia de *Ae. aegypti* como vector de enfermedades en las poblaciones humanas es atribuible, en parte, a sus marcados hábitos sinantrópicos (Scott, *et al.*, 1993). Pero el punto crítico en la transmisión urbana de dengue reside en la proliferación de los mosquitos debido a la abundancia de sitios de cría artificiales que ofrecen los ambientes humanos (Feldman-Marzochi, 1994). Trabajos previos han demostrado que *Ae. aegypti* puede desarrollar su fase acuática en reservorios de agua muy pequeños, ubicados tanto en la periferia como en el interior de las viviendas, incluyendo floreros, neumáticos abandonados y otros recipientes domésticos (Badano EI, Regidor HA, 2002).

El ciclo de vida de *Ae. aegypti* comprende los estados de huevo, larva (cuatro estadios), pupa y adulto (Chico P, 2001) (Figura 2). En este ciclo, la hembra grávida busca recipientes de paredes ásperas que contengan agua clara y limpia, ubicados en zonas frescas y sombreadas para depositar los huevos. Aproximadamente 3 días después de la ingesta de sangre, se da la oviposición, la que ocurre casi siempre al atardecer. Aunque el rango de

vuelo es corto, las hembras pueden recorrer grandes distancias en la búsqueda de lugares aptos para la oviposición (Instituto Nacional de Salud. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de dengue, consultado en enero de 2012).

Los huevos de *Ae. aegypti* miden aproximadamente 1 mm de longitud; tienen forma de cigarro y son tersos. Son depositados por encima del nivel del agua de las paredes del recipiente. Al momento de la postura son blancos, pero rápidamente cambian a negro brillante. Si el ambiente es húmedo y cálido, estos eclosionan en 48 h, pero puede prolongarse a cinco días si bajan las temperaturas. Resisten largos períodos de desecación, hasta por un año, lo que es uno de los principales obstáculos para el control del vector. Algunos huevos hacen eclosión en los primeros 15 minutos de contacto con el agua, pero otros requieren ser humedecidos varias veces (Nelson JM, 1986). La gran mayoría eclosionan rápidamente dando lugar a una larva de primer estadio (Instituto Nacional de Salud. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de dengue, consultado en enero de 2012). Un porcentaje reducido constituye los llamados huevos resistentes, inactivos o residuales, capaces de largas sobrevivencias (Gadelha D, Toda A, 1985).

Las larvas son exclusivamente acuáticas. La fase larval es el período de alimentación y crecimiento. Las larvas de *Aedes* se distinguen a simple vista de las de otros géneros: en la superficie del agua se mantienen casi verticales y nadan con un característico movimiento serpentino. La duración del desarrollo larval depende de la temperatura, la disponibilidad de alimento y la densidad de larvas en el recipiente. En condiciones óptimas, el período larval desde la eclosión hasta la fase de pupa, puede ser de cinco días, pero comúnmente es de 7 a 14 días (Nelson JM, 1986). Las larvas que emergen inician un ciclo de cuatro estados larvarios, creciendo a lo largo de tres mudas desde un largo de 1 mm a los 6 o 7 mm finales. Estas larvas poseen como caracteres morfológicos típicos fuertes espículas torácicas laterales quitinizadas, peine de escamas unilinear en octavo segmento y sifón con forma de oliva corta, que destaca por su color negro. Se alimentan de zoo y fitoplancton en los recipientes que habitan (Nelson JM, 1986; SUCAM, 1989) y son bastantes móviles en

la búsqueda de alimento y sombra (Instituto Nacional de Salud. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de dengue, consultado en enero de 2012).

Su desarrollo se completa en condiciones favorables de temperaturas de 25 a 29°C. Son incapaces de resistir temperaturas inferiores a 10°C, y superiores a 44° o 46°C, impidiéndose su pasaje a estadio pupal a menos de 13°C (Salvatella R, 1996).

Posteriormente, la larva se transforma en pupa, la cual también es acuática. No requiere alimentación y entre 28° y 32°C completa su desarrollo (Salvatella R, 1996). Su función es la metamorfosis del estado larval al adulto. Se mantienen en la superficie del agua debido a que tienen la propiedad de flotar, lo que facilita la emergencia del insecto adulto. El estadio de pupa dura dos a tres días, pero la duración de este estado también depende de la temperatura ambiental (Nelson JM, 1986).

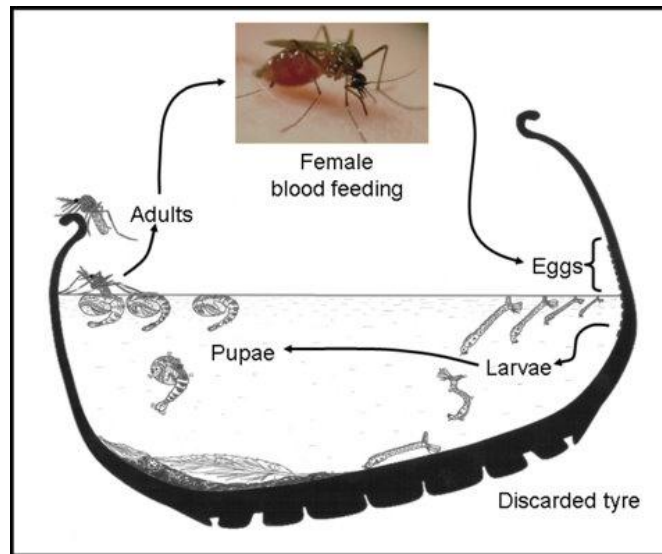


Figura 2. Ciclo de vida del principal mosquito transmisor del dengue, *Aedes aegypti*. Fuente: <http://www.oxitec.com/our-targets/aedes-mosquitoes/the-dengue-mosquito-aedes-aegypti/>

El ciclo completo de *Ae. aegypti* (huevo a adulto) se completa en diez días bajo condiciones óptimas de temperatura y alimentación. El mosquito adulto emerge rompiendo el dorso de

la pupa y se posa en la superficie del agua, mientras se endurece su cutícula Instituto Nacional de Salud. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de dengue, consultado en enero de 2012). El adulto emergente es un mosquito de color negro, con diseños blanco-plateados formados por escamas claras que se disponen simulando la forma de una “lira”, en el dorso del tórax, y mostrando un anillado característico a nivel de tarsos, tibia y fémures de las patas. Las hembras hematófagas poseen hábitos de alimentación diurnos, en cercanía a los domicilios humanos, con gran afinidad a la alimentación sobre el hombre (Salvatella R, 1996).

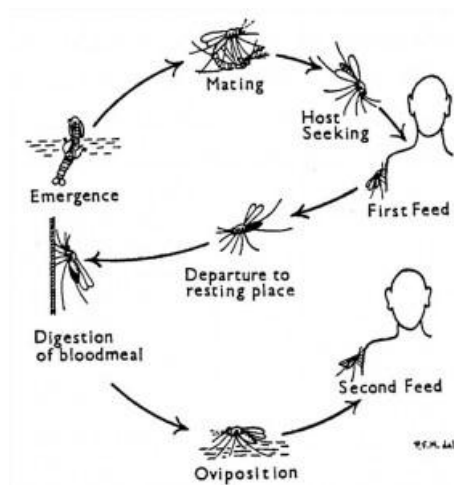


Figura 3. Ciclo de transmisión del dengue. Fuente: <http://www.oxitec.com/our-targets/aedes-mosquitoes/the-dengue-mosquito-aedes-egypti/>

Los mosquitos adultos se aparean y las hembras realizan su ingestión de sangre al picar al humano. Ambas actividades ocurren casi simultáneamente, pues aunque los machos no ingieren sangre, son atraídos por los mismos huéspedes que las hembras, facilitándose el encuentro entre ambos sexos. Luego, se da inicio nuevamente al ciclo de transmisión (Figura 3), en la que la hembra realiza la búsqueda de sangre para obtener las proteínas para el desarrollo de sus huevos. Una hembra, en condiciones óptimas puede ovipositar cada tres o cuatro días un promedio de 700 huevos en el curso de su vida. Las hembras de mosquitos pueden picar una gran variedad de vertebrados, pero prefieren picar al humano (Figura 4), a quienes pican en más de una ocasión entre cada oviposición, sobre todo si son perturbadas antes de llenarse completamente, lo que aumenta las probabilidades de ingerir sangre de

varias personas y transmitir los virus (Instituto Nacional de Salud. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de dengue, consultado en enero de 2012).

Los adultos permanecen vivos en laboratorio durante meses, pero en su ambiente natural sólo pueden vivir pocas semanas. Muchos adultos mueren en el momento de la emergencia o poco tiempo después, pero la supervivencia diaria es constante. Con una mortalidad diaria de 10%, la mitad de los mosquitos morirá durante la primera semana y el 95% durante el primer mes. A pesar de la gran reducción en número, si la población emergente original es grande, la población vieja será suficiente para transmitir la enfermedad y mantener una epidemia (Nelson JM, 1986).



Figura 4. *Aedes aegypti*. Principal vector de dengue en Colombia. Fuente: <http://www.biolib.cz/en/image/id48792/>.

En condiciones óptimas de disponibilidad de alimento y sitios adecuados de ovipostura, la dispersión media de un mosquito hembra de *Ae. aegypti*, se estima entre 50 y 100 m, lo que limita sus visitas a dos o tres casas durante toda su vida. Las hembras con pocos lugares de oviposición son más eficientes para la dispersión del virus. Una vez infectada la hembra de *Aedes*, permanece así por toda su vida. La hembra realiza varios repasos o ingestas

sanguíneas antes de completar su ciclo gonotrófico, aumentando el potencial de diseminación de la virosis (Instituto Nacional de Salud. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de dengue, consultado en enero de 2012).

Al no existir una vacuna disponible, la mejor alternativa para prevenir la enfermedad consiste precisamente en el control vectorial. Dado que en las últimas décadas las estrategias de control y prevención no han mostrado efectos satisfactorios o no se han empleado de manera adecuada, es fundamentalmente importante evaluarlas y rediseñarlas para impactar las epidemias y controlar esta enfermedad de gran relevancia en salud pública (Mena N, *et al.*, 2011).

3.3. El clima como un factor potencial en la propagación del vector

Especies de mosquitos como *Anopheles gambiae*, *An. funestus*, *An. darlingi*, *Culex quinquefasciatus* y *Ae.aegypti* son responsables de la transmisión de la mayoría de las enfermedades transmitidas por vectores, las cuales son sensibles a los cambios de temperatura ambiental (Githeko AK, 2009).

Se ha estudiado la influencia del aumento de la temperatura en la intensidad y distribución del dengue en los diferentes continentes (Jetten TH, Focks DA, 1997). Con un aumento de 2°C, la intensidad de la transmisión aumentaría en promedio de 2 a 5 veces en la mayor parte de América del Sur (Watson RT, *et al.*, 1998).

La evidencia ha demostrado que la incidencia de dengue en áreas endémicas presenta estacionalidad y periodicidad inter-anual, reflejo de cambios en las condiciones de temperatura y humedad (Senior K, 2008). Entre los cambios climáticos más importantes encontramos el calentamiento global, los fenómenos El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) y La Niña, los cuales influyen en la intensidad y duración de las temporadas de lluvias y huracanes, o provocan intensas sequías y daños en la biodiversidad. Estos cambios causan alteraciones en los ecosistemas y se crean las condiciones ideales que facilitan la expansión y diseminación de organismos patógenos y sus vectores (San Martín JL, Brathwaite-Dick O, 2007). En este sentido, la incidencia de dengue ha sido correlacionada positivamente

con los fenómenos climáticos El Niño o La Niña (Senior K, 2008). La frecuencia de esta enfermedad se ha visto incrementada a partir de la década de 1970, por lo que se espera que en el futuro aumente el número de casos (Guzmán M, 2006).

Es posible que el incremento en la incidencia de la enfermedad pueda estar asociado con cambios en la dinámica de población del vector. En particular, cuando aumenta la temperatura del agua, las larvas tardan menos tiempo en madurar (Rueda LM, *et al.*, 1990) y, en consecuencia, se puede producir un mayor número de crías durante el periodo de transmisión. En los climas más cálidos, las hembras de mosquito adultas digieren la sangre más rápidamente y se alimentan con mayor frecuencia (Gillies MT, 1953), y debido a ello aumenta la intensidad de transmisión (Githeko AK, 2009). Adicionalmente, el período de incubación del virus puede verse acortado por incrementos en la temperatura ambiental (Watson DM, *et al.*, 1998).

El mayor efecto del cambio climático sobre la transmisión de enfermedades se observa probablemente en los extremos del intervalo de temperaturas requerido para la transmisión (para muchas enfermedades, 14-18°C como límite inferior y 35-40°C como límite superior). El calentamiento en el intervalo inferior tiene repercusiones significativas y no lineales sobre el periodo de incubación extrínseca (Watson DM, *et al.*, 1998) y, por consiguiente, en la transmisión de enfermedades. También se ha observado que las bajas temperaturas reducen la tasa de alimentación, disminuyendo la oportunidad de contacto entre el mosquito y el humano, lo que finalmente afecta la tasa de transmisión viral (Gubler, *et al.*, 2002). En el límite superior podría interrumpirse la transmisión. Sin embargo, en torno a los 30-32°C, la capacidad vectorial puede aumentar notablemente debido a la reducción del periodo de incubación, a pesar de que disminuye la tasa de supervivencia del vector (Githeko AK, 2009).

3.4. Morfometría geométrica, cuantificación de la variación morfológica

La morfometría es el estudio de la variación de la forma y su covariación con otras variables y es una parte integral de la biología del organismo. Mediante la cuantificación de la variación morfológica es más fácil identificar la relación entre la morfología y la ecología (Losos, 1990; Ricklefs, Miles, 1994) y por tanto hacer inferencias más

informativas sobre la evolución de los organismos (Adams DC, 1999). Este método es muy potente y genera un conjunto de variables de tamaño y conformación que se pueden utilizar para las pruebas de hipótesis estadísticas, y proporcionan una manera de describir visualmente los patrones de variación de los datos (Adams DC, 1999).

Se ha estimado que el tamaño corporal de los mosquitos revela factores bionómicos tales como su supervivencia, su competencia vectorial, y su respuesta a los repelentes e insecticidas (Jirakanjanakit N, *et al.*, 2007). También se ha indicado que el tamaño de los mosquitos en estado de adulto puede determinar su efectividad como vector. Según Sumanochitrapon y colaboradores (1998), mientras más grande sea el mosquito de *Ae. aegypti*, podría tener mayor importancia en la transmisión del dengue.

Es importante considerar que la variabilidad del tamaño corporal es un elemento que se debe determinar en estudios de dinámica de población de vectores, ya que ello indica si un mosquito podría contar con unas características biológicas tales que le permitan tener una frecuencia de picadura y una sobrevivencia aptas para adquirir y transmitir un parasito o un virus, y de esta manera estimar su competencia vectorial (Rebollar-Téllez, *et al.*, 1995).

Un conocimiento más amplio de la variabilidad geométrica de las alas de *Ae. aegypti*, podría ayudar a describir la diversidad de la población y su potencial como vector, y por consiguiente, ser útil para el diseño adecuado de estrategias de prevención y control.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Comparar la variación del tamaño y la conformación geométrica de las alas de *Ae. aegypti* presentes en barrios de alta y baja transmisión de dengue en Medellín, colectados en dos diferentes períodos climáticos, El Niño y La Niña.

4.2. Objetivos Específicos

Estimar si hay diferencia en el tamaño y la conformación geométrica de las alas de *Ae. aegypti* colectados en Medellín durante dos periodos climáticos El Niño y La Niña, en barrios de alta y baja transmisión de dengue.

Determinar si hay una relación que asocie la variación del tamaño y la conformación geométrica de las alas de *Ae. aegypti* con la alta o baja transmisión de dengue en algunos barrios de Medellín.

5. Materiales y Métodos

5.1. Área de estudio

Este estudio se realizó en la ciudad de Medellín, capital del departamento de Antioquia, la cual se encuentra ubicada en el Valle de Aburrá. Tanto sus cerros orientales como occidentales pertenecen a la cordillera central (Andes) y está atravesada por el río Medellín. Las coordenadas geográficas de la ciudad son 75°34'05".752W 6°13'55".098N y su altitud es de 1479 metros sobre el nivel del mar (Encontrado en mapa del Municipio de Medellín, Departamento administrativo de planeación, 2003). La ciudad está comprendida por aproximadamente 260 barrios, distribuidos en 16 comunas urbanas.

Para el estudio se seleccionaron 16 barrios con base en la transmisión de la enfermedad y ubicación geográfica (sectores oriental y occidental de Medellín). Ocho de estos barrios han presentado una alta transmisión de la enfermedad durante los años 2009 y 2010. Los ocho barrios restantes presentaron una baja transmisión de la enfermedad (Tabla1).

El análisis de la información se realizó por comparación de parejas de barrios. Para la selección de cada pareja se consideró similitud en las condiciones socioeconómicas de acuerdo con los datos del DANE (Departamento Nacional de Estadísticas), pero diferente nivel de transmisión y ubicación geográfica.



Figura 5: Mapa de Medellín con la ubicación de los 16 barrios donde se tomaron las muestras entomológicas.

Tabla 1. Barrios de la ciudad incluidos en el estudio. Se indica la transmisión de dengue para cada uno de ellos y la ubicación geográfica. Cada fila corresponde a la pareja de barrios a comparar. (SIVIGILA, 2009 - 2010)

ALTA TRANSMISIÓN		BAJA TRANSMISIÓN	
Barrio	Nº de casos	Barrio	Nº de casos
Aranjuez	176	Granada	28
Manrique Central	139	Villaflores	28
Gerona	99	San Javier	52
Campo Valdés 1	201	Tejélo	31
Belén	152	Manila	6
Velódromo	171	El Poblado	54

Robledo	119	Miraflores	31
Belén Rincón	105	Barrio Caicedo	66

Los barrios resaltados en color gris corresponden a la margen occidental de la ciudad, mientras que los demás barrios se ubican en la margen oriental

5.2. Obtención de material entomológico

Para la obtención del material entomológico se instalaron 80 ovitrampas (5 trampas por cada barrio), cada una de las cuales correspondió a un cilindro de plástico de color negro de aproximadamente 12 cm de diámetro por 20 cm de altura, el cual contenía agua hasta la mitad y una tablilla de balsa de 15 cm para favorecer la ovoposición (Service, 1993).

En cada uno de los barrios se colocaron las ovitrampas cerca a viviendas en dónde se reportó ocurrencia de dengue. Así mismo, las trampas fueron ubicadas al interior de viviendas dónde el vector pudiera encontrar las condiciones adecuadas para la ovipostura.

Semanalmente cada ovitrampa fue muestreada, y en el caso de encontrar ovitrampas positivas (presencia de huevos), se les suministro alimento pulverizado para conejos (0.5 g por trampa) y se cubrieron con una malla para evitar el escape de los mosquitos adultos.

Los mosquitos adultos fueron colectados por medio de un aspirador manual siguiendo la metodología propuesta por Service, y se sacrificaron inmediatamente en cámara letal (Triplehorn, Johnson, 2005). Posteriormente se almacenaron en viales previamente perforados en la tapa y se guardaron en una bolsa hermética con Sílica gel.

El material entomológico fue colectado en dos períodos climáticos diferentes (El Niño y La Niña). Los ejemplares correspondientes al evento El Niño fueron obtenidos entre los meses noviembre de 2009 a enero de 2010, mientras que los ejemplares del período La Niña fueron obtenidos de noviembre 2010 a enero de 2011. Para la determinación de los períodos climáticos se utilizó el indicador macroclimático de la temperatura superficial del mar (SST, por sus siglas en inglés), información obtenida de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y de la página de *Space Science and Engineering Center* de la Universidad de Wisconsin-Madison (Figura 10).

5.3. Clasificación taxonómica

Para la identificación de los mosquitos se siguieron claves taxonómicas para la especie y se utilizaron caracteres morfológicos importantes como el patrón de coloración en las patas, las escamas y la marca en forma de lira presente en la parte dorsal del tórax (Triplehorn CA, Johnson NF, 2005; Service, 2008). El sexo del mosquito se determinó según la forma de las antenas y el tamaño de los palpos (Triplehorn CA, Johnson NF, 2005; Service, 2008).



Figura 6. Diferenciación de género en Aedes aegypti, según los caracteres sexuales en antenas y palpos. (Service, 2008)

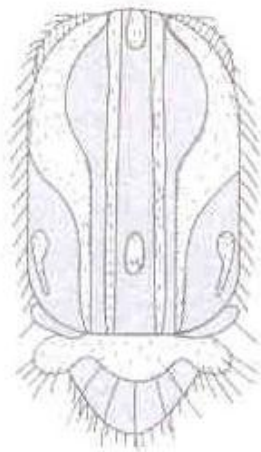


Figura 7. Vista dorsal del tórax en Aedes aegypti, donde se puede observar la marca en forma de lira utilizada para la identificación de los individuos. (Service, 2008)



Figura 8. Patrón de coloración en las patas de *Aedes aegypti* utilizado para identificación de los individuos a estudiar. (Service, 2008)

5.4 Montaje de alas

Las alas derechas de los mosquitos adultos hembras fueron separadas del tórax desde la base con ayuda de pinzas entomológicas de punta fina. El ala se montó en un portaobjetos limpio y seco y posteriormente fue asegurada con un cubreobjetos que se adhirió con un fijador (esmalte transparente para uñas). La placa fue rotulada individualmente con un código para cada ala, la procedencia del barrio y la fecha de colecta. Se montaron 30 alas por cada barrio, y por cada período climático.

Las imágenes de las alas (Figura 9) fueron capturadas en un estereoscopio Nikon[®] SMZ 745T con objetivo ocular de 10x, el cual tenía una cámara (USB) integrada de 2 mega píxeles, marca Optikam[®].

Como ejemplares control para el análisis, se emplearon 30 alas derechas de adultos hembras de mosquitos de la especie *Ae. thaenorrhynchus*, y 30 alas derechas de adultos hembras de la especie *Ae. aegypti* provenientes del Putumayo (Colombia), suministrados por el Instituto Nacional de Salud de Colombia y el Grupo Entomología Médica (GEM) de la Universidad de Antioquia, respectivamente.

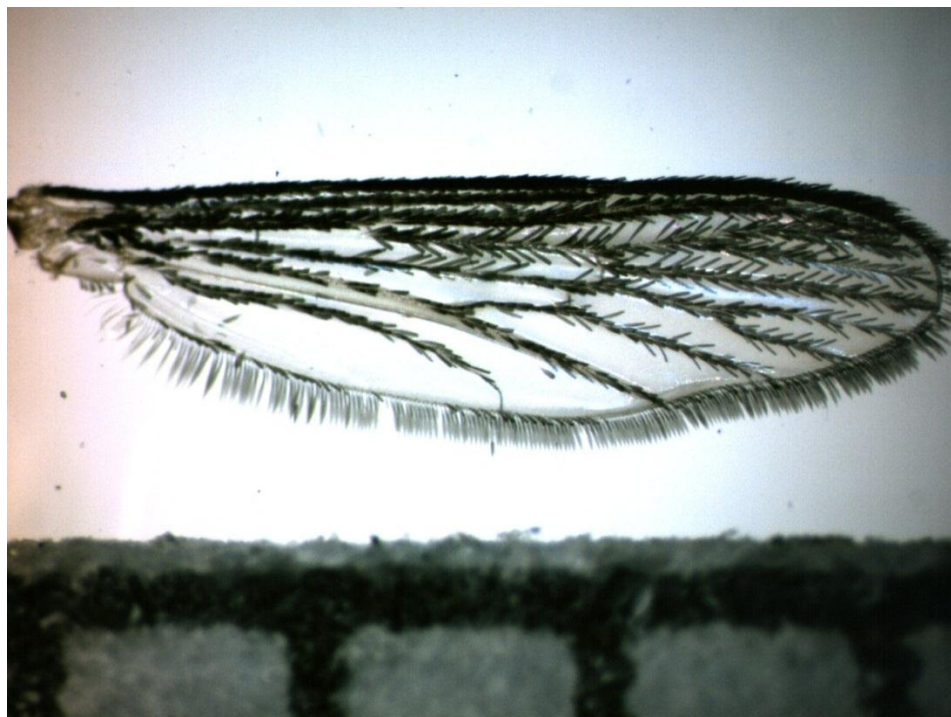


Figura 9. Fotografía del ala derecha de una hembra de *Ae. aegypti*.

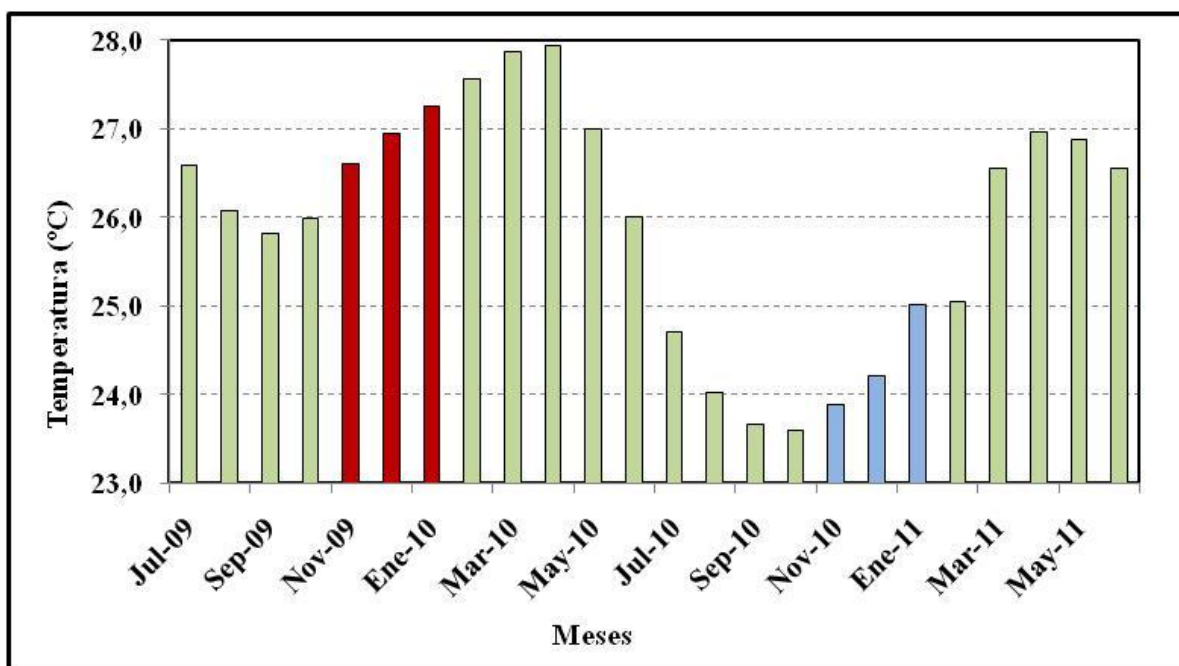


Figura 10. Temperatura en función de los meses para los años 2009, 2010 y 2011 en Medellín. Se resalta en color rojo los meses El Niño y en azul los meses La Niña, meses en los cuales fueron colectados los ejemplares. Fuente <http://www.ssec.wisc.edu/data/sst/>.

5.5 Determinación y comparación de Tamaño y Conformación

Se digitalizaron 13 puntos de referencia tipo I (Bookstein, 1991), cubriendo toda la superficie del ala como lo describe Henry, *et al.*, (2010) (Tabla 2). Para evitar errores ópticos en la digitalización de los puntos de referencia, este proceso se llevó a cabo dos veces y se realizó un análisis de repetibilidad. Las coordenadas que produjeron una repetibilidad mayor al 80% fueron usadas para los demás análisis. Cuando el valor era inferior a este porcentaje la digitalización fue realizada de nuevo para así obtener datos con mayor precisión.

Tabla 2. Descripción de la ubicación de los puntos de referencia en el plano del ala para el correspondiente análisis morfométrico.

Punto de Referencia	Ubicación
1	Intersección del borde del ala con la vena 2A
2	Intersección del borde del ala con la vena Cu2
3	Origen de la vena Cu1
4	Intersección de la vena Cu1 con la vena de unión entre Cu1 y M3
5	Intersección del borde del ala con la vena Cu1
6	Intersección del borde del ala con la vena M3
7	Intersección de la vena M3 con la vena de unión entre Cu1 y M3
8	Origen de la vena M1+2
9	Intersección del borde del ala con la vena M1+2
10	Intersección del borde del ala con la vena R4+5
11	Intersección del borde del ala con la vena R3
12	Intersección del borde del ala con la vena R2
13	Origen de la vena R2

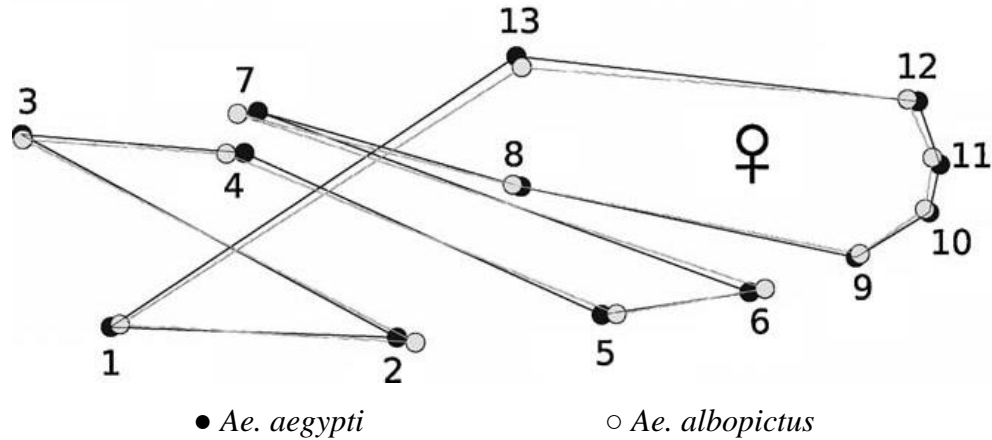


Figura 11. Localización de los 13 puntos de referencia para hembras de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*. (Henry A, et al., 2010).

La variable de tamaño para cada una de las poblaciones se determinó usando el estimador tamaño centroide, el cual se calcula como la raíz cuadrada de la suma de las distancias al cuadrado entre el centro de la configuración de los puntos de referencia y cada punto de referencia individual.

Las variables de conformación (*Relative warps* ó componentes principales de los *Partial warps*) fueron obtenidas a partir de las coordenadas originales, después de eliminar los artefactos de variación (posición, orientación y escala), mediante la superposición de Procrustes y siguiendo el criterio de los mínimos cuadrados (Henry A, et al., 2010).

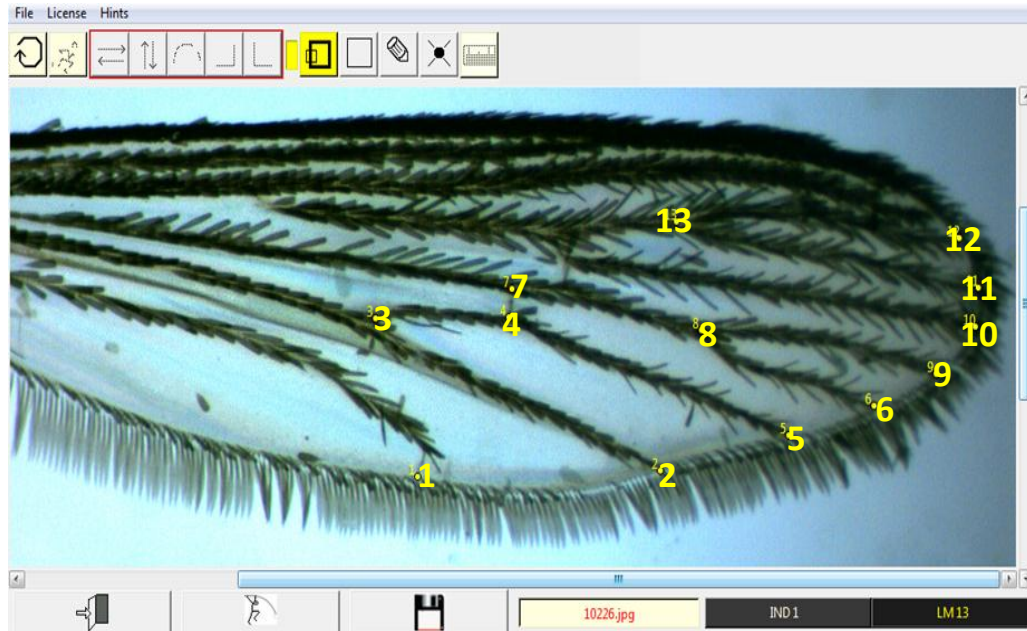


Figura 12. Digitalización de los puntos de referencia en el ala derecha de una hembra de *Ae. aegypti* mediante el programa CLIC, 2000 (Henry A, et al., 2010).

Con los datos obtenidos se realizaron las comparaciones que se indican en la Tabla 3:

Tabla 3. Comparaciones realizadas de los barrios en el análisis morfométrico.

Totalidad de mosquitos El Niño	Vs.	Totalidad de mosquitos La Niña
Totalidad de mosquitos alta transmisión	Vs.	Totalidad de mosquitos baja transmisión
Totalidad de mosquitos El Niño alta transmisión	Vs.	Totalidad de mosquitos La Niña alta transmisión
Totalidad de mosquitos El Niño baja transmisión	Vs.	Totalidad de mosquitos La Niña baja transmisión
El Niño Aranjuez	Vs.	El Niño Granada
El Niño Manrique Central	Vs.	El Niño Villaflores
El Niño Gerona	Vs.	El Niño San Javier
El Niño Campo Valdés	Vs.	El Niño Tejelo
El Niño Belén	Vs.	El Niño Manila
El Niño Velódromo	Vs.	El Niño El Poblado
El Niño Robledo	Vs.	El Niño Miraflores

El Niño Belén Rincón	Vs.	El Niño Barrio Caicedo
La Niña Aranjuez	Vs.	La Niña Granada
La Niña Manrique Central	Vs.	La Niña Villaflores
La Niña Gerona	Vs.	La Niña San Javier
La Niña Campo Valdés	Vs.	La Niña Tejelo
La Niña Belén	Vs.	La Niña Manila
La Niña Robledo	Vs.	La Niña Miraflores
La Niña Belén Rincón	Vs.	La Niña Barrio Caicedo
El Niño Aranjuez	Vs.	La Niña Aranjuez
El Niño Campo Valdés	Vs.	La Niña Campo Valdés
El Niño Manrique Central	Vs.	La Niña Manrique Central
El Niño Barrio Caicedo	Vs.	La Niña Barrio Caicedo
El Niño Miraflores	Vs.	La Niña Miraflores
El Niño Gerona	Vs.	La Niña Gerona
El Niño Manila	Vs.	La Niña Manila
El Niño Belén Rincón	Vs.	La Niña Belén Rincón
El Niño Granada	Vs.	La Niña Granada
El Niño Belén	Vs.	La Niña Belén
El Niño San Javier	Vs.	La Niña San Javier
El Niño Velódromo	Vs.	La Niña Velódromo
El Niño Robledo	Vs.	La Niña Robledo
El Niño Villaflores	Vs.	La Niña Villaflores
El Niño Tejelo	Vs.	La Niña Tejelo

5.6 Programas para el análisis

Los análisis morfométricos se realizaron utilizando el programa CLIC versión 2009, y de este se utilizaron las aplicaciones COO, MOG, VAR y COV. Este programa fue desarrollado por Jean Pierre Dujardin y está disponible en la página (<http://www.mpl.ird.fr/morphometrics/>). Para algunos análisis estadísticos se empleó el programa PAST, 2008.

6. Resultados

En el análisis morfológico se evaluaron 930 individuos, 480 individuos correspondientes al periodo climático El Niño y 450 individuos a La Niña. En el periodo La Niña no se

obtuvieron muestras correspondientes al barrio El Poblado debido a las bajas densidades del vector, razón por la cual, los análisis se realizaron sin tener en cuenta estos datos.

6.1 Repetibilidad

Posterior a la aplicación de las coordenadas en las alas, se realizó un análisis de repetibilidad para cada grupo de muestras correspondiente a cada barrio en el correspondiente periodo climático evaluado (Tabla 4). El resultado total del análisis de repetibilidad para todas las muestras fue del 90% para el eje X y del 88% para el eje Y.

*Tabla 4. Valores de repetibilidad para cada barrio evaluado en cada periodo climático. * Valores de repetibilidad promedio totales para cada eje en cada periodo climático, ** Valores de repetibilidad promedio totales para cada eje en ambos periodos climáticos.*

Barrio	El Niño		La Niña	
	X	Y	X	Y
Aranjuez	0,93	0,89	0,89	0,89
Campo Valdés	0,92	0,89	0,91	0,86
Manrique	0,92	0,91	0,88	0,86
Caicedo	0,87	0,85	0,9	0,91
Miraflores	0,91	0,91	0,94	0,84
Gerona	0,9	0,9	0,9	0,9
Manila	0,92	0,89	0,91	0,89
El Poblado	0,89	0,85	--	--
Belén Rincón	0,9	0,88	0,93	0,89
Granada	0,88	0,87	0,89	0,9
Belén	0,91	0,9	0,9	0,82
San Javier	0,91	0,87	0,89	0,85
Velódromo	0,88	0,9	0,89	0,88
Robledo	0,89	0,85	0,91	0,91
Villaflora	0,87	0,92	0,9	0,85
Tejelo	0,94	0,92	0,9	0,91
Promedio Total*	0,9	0,89	0,9	0,88

Promedio Total Eje X	0,90	**
Promedio Total Eje Y	0,88	

6.2 Comparación del Tamaño alar

Mediante el análisis de Kruskal Wallis, y empleando un $p < 0,05$, se obtuvieron diferencias significativas en el tamaño alar en 18 de las comparaciones realizadas (Tabla 5). En esta Tabla se puede observar una tendencia a mayor tamaño en los individuos colectados durante el periodo climático La Niña (Figura 13). Sin embargo, no se observó diferencia cuando se realizó la comparación entre el total de individuos pertenecientes a alta transmisión con aquellos de baja transmisión.

Cuando se compararon por diferente período climático, los individuos colectados durante la alta transmisión, se observó diferencia estadísticamente significativa, siendo los individuos colectados en La Niña los de mayor tamaño (Figura 14). Similar resultado fue obtenido cuando se compararon ambos periodos climáticos, pero con individuos de colectados en baja transmisión (Figura 15).

La comparación por parejas de barrio de los individuos colectados durante El Niño permitió determinar que en los barrios Granada y Tejelo (Figuras 16, 17), los individuos fueron de mayor tamaño. Estos barrios correspondieron a baja transmisión.

Excepciones a la anterior observación se determinó en el barrio Robledo, en donde los individuos fueron de mayor tamaño en este barrio de alta transmisión (figura 18).

La comparación por parejas de barrio de los individuos colectados durante La Niña permitió determinar que en los barrios Granada, Villaflora, San Javier, Tejelo, Manila (Figuras 19, 20, 21, 22, 23), los individuos fueron de mayor tamaño. Estos barrios correspondieron a baja transmisión.

Excepciones a la anterior observación se determinó en los barrios Robledo y Belén Rincón, en donde los individuos fueron de mayor tamaño en los barrios de alta transmisión (Figuras 24, 25).

En cuanto al análisis del tamaño alar al interior del mismo barrio comparando ambos períodos climáticos, se pudo observar que los individuos de mayor tamaño correspondieron al período La Niña (Figuras 26, 28, 29,30, 32, 33). Excepciones a la anterior observación se

presentaron en los barrios Gerona y Belén, en donde los individuos de mayor tamaño fueron colectados en El Niño (Figuras 27, 31).

Tabla 5. Valores de p para las comparaciones en tamaño y conformación. En las celdas sombreadas se identifican los valores de $p < 0,05$

Poblaciones	Tamaño	Conformación
	Valor p Kruskal Wallis	Valor p (CS PW)
Totalidad de mosquitos El Niño Vs La Niña	0,000	0,000
Totalidad de mosquitos Alta Transmisión Vs Baja Transmisión	0,240	0,008
Totalidad de mosquitos El Niño Alta Transmisión Vs La Niña Alta Transmisión	0,006	0,000
Totalidad de mosquitos El Niño Baja Transmisión Vs La Niña Baja Transmisión	0,000	0,000
El Niño Aranjuez Vs Granada	0,000	0,000
El Niño Manrique Central Vs Villaflora	0,877	0,000
El Niño Gerona Vs San Javier	0,333	0,162
El Niño Campo Valdés Vs Tejelo	0,013	0,002
El Niño Belén Vs Manila	0,106	0,058
El Niño Velódromo Vs El Poblado	0,149	0,000
El Niño Robledo Vs Miraflores	0,000	0,001
El Niño Belén Rincón Vs Caicedo	0,404	0,001
La Niña Aranjuez Vs Granada	0,005	0,000
La Niña Manrique Central Vs Villaflora	0,000	0,001
La Niña Gerona Vs San Javier	0,008	0,337
La Niña Campo Valdés Vs Tejelo	0,039	0,000
La Niña Belén Vs Manila	0,000	0,001
La Niña Robledo Vs Miraflores	0,000	0,048
La Niña Belén Rincón Vs Caicedo	0,001	0,011
Aranjuez El Niño Vs Aranjuez La Niña	0,000	0,002
Campo Valdés El Niño Vs Campo Valdés La Niña	0,064	0,000
Manrique El Niño Vs Manrique La Niña	0,935	0,000
Caicedo El Niño Vs Caicedo La Niña	0,420	0,192
Miraflores El Niño Vs Miraflores La Niña	0,900	0,111
Gerona El Niño Vs Gerona La Niña	0,006	0,009
Manila El Niño Vs Manila La Niña	0,005	0,008
Belén Rincón El Niño Vs Belén Rincón La Niña	0,000	0,040
Granada El Niño Vs Granada La Niña	0,015	0,000

Belén El Niño Vs Belén La Niña	0,008	0,000
San Javier El Niño Vs San Javier La Niña	0,438	0,000
Velódromo El Niño Vs Velódromo La Niña	0,002	0,000
Robledo El Niño Vs Robledo La Niña	0,994	0,045
Villaflora El Niño Vs Villaflora La Niña	0,000	0,007
Tejelo El Niño Vs Tejelo La Niña	0,158	0,000

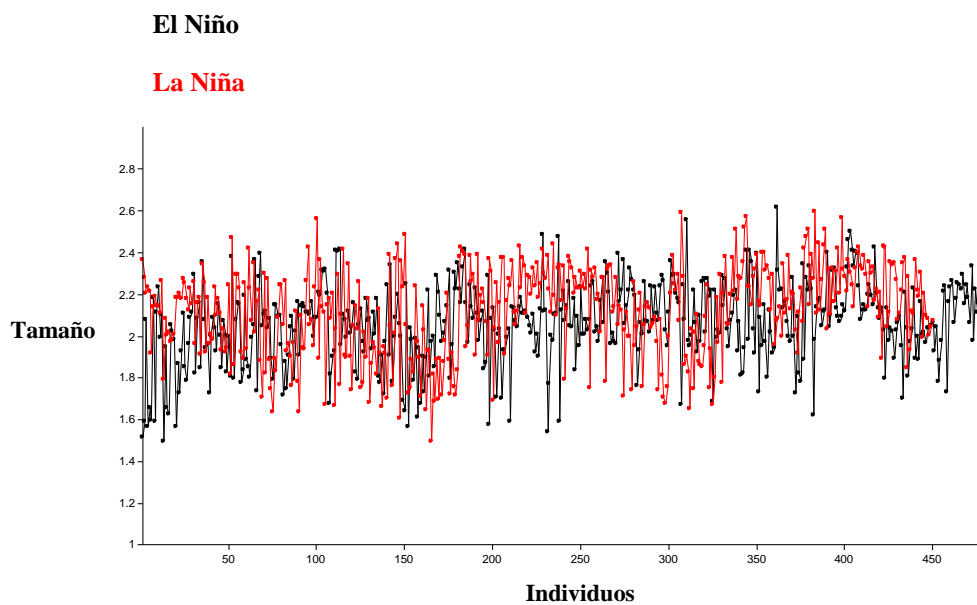
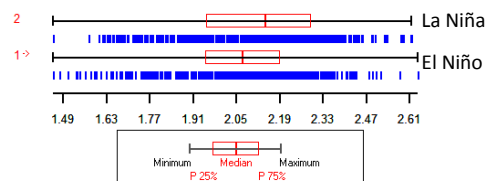


Figura 13. Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población del periodo La Niña.



El Niño Alta Transmisión

La Niña Alta Transmisión

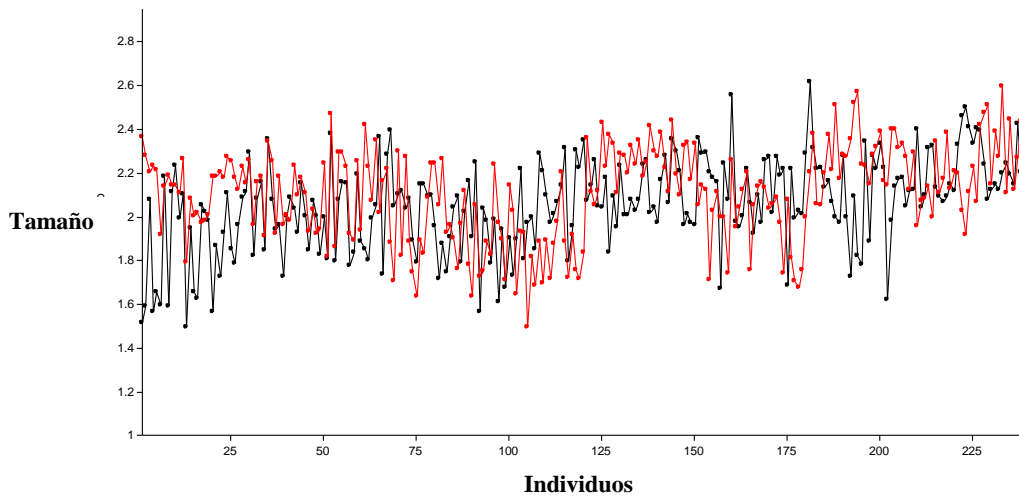
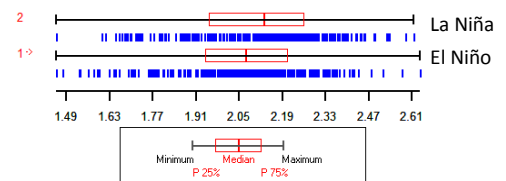


Figura 14. Diferencias en tamaño entre las poblaciones de alta transmisión en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población del periodo La Niña.



El Niño Baja Transmisión

La Niña Baja Transmisión

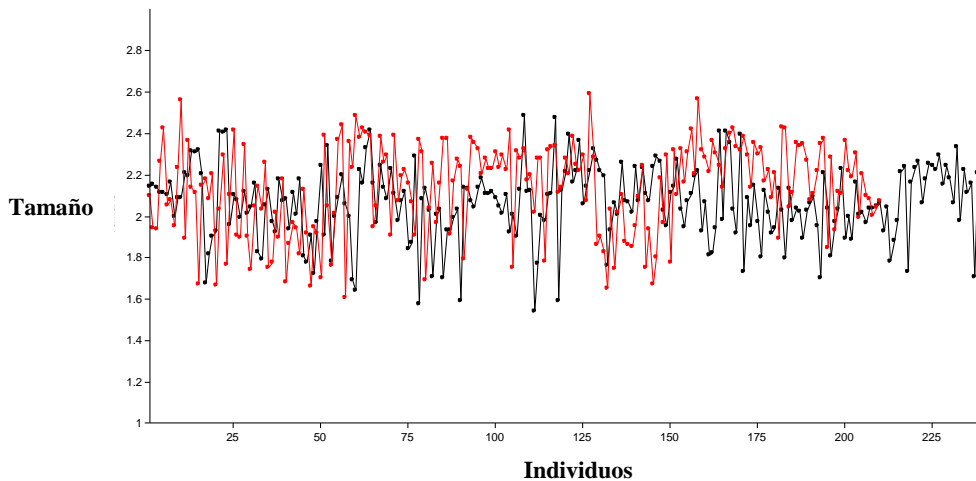
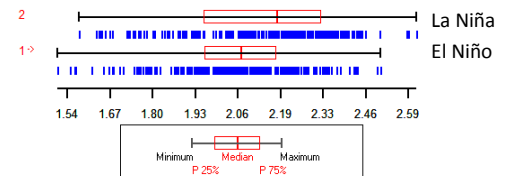


Figura 15. Diferencias en tamaño entre las poblaciones de baja transmisión en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población del periodo La Niña.



Aranjuez

Granada

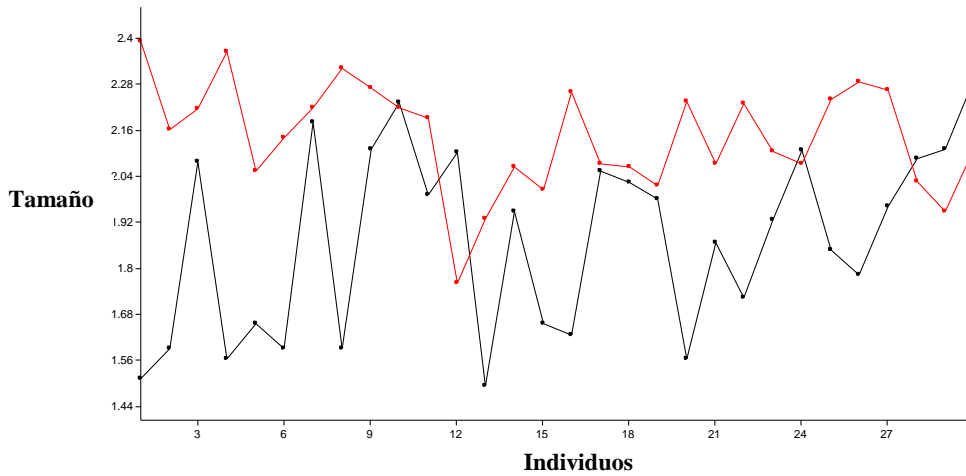
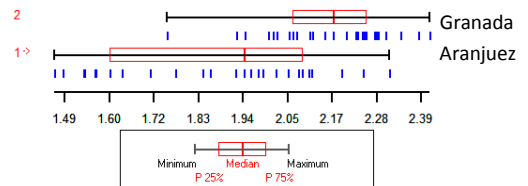


Figura 16. Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los Barrios Aranjuez (alta transmisión) y Granada (baja transmisión), en el periodo climático El Niño. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población del barrio Granada.



Campo Valdés

Tejelo

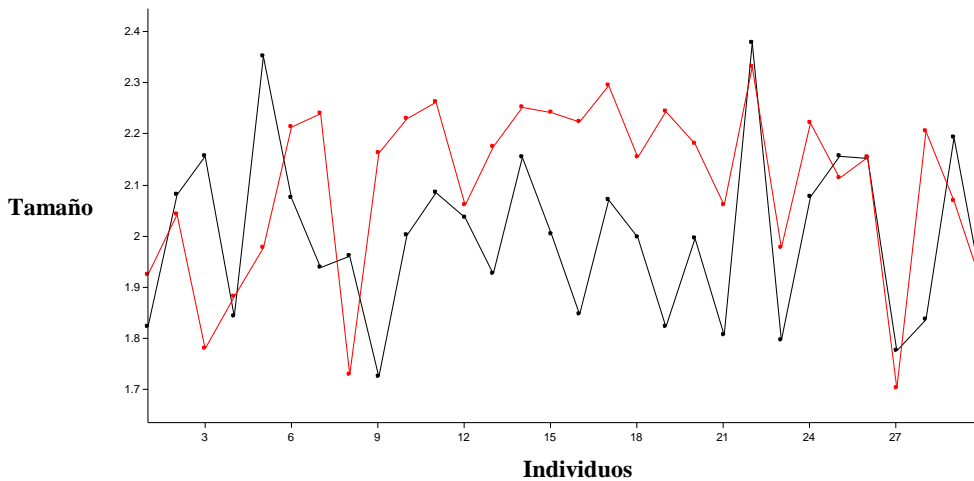
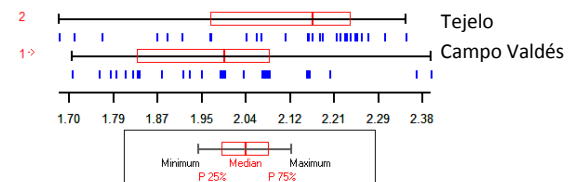


Figura 17. Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los Barrios Campo Valdés (alta transmisión) y Tejelo (baja transmisión), en el periodo climático El Niño. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población del barrio Tejelo.



Robledo

Miraflores

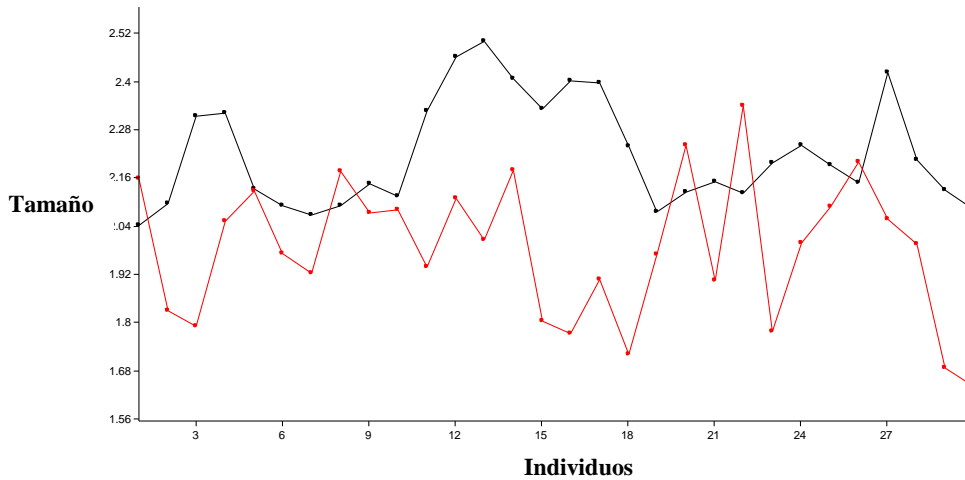
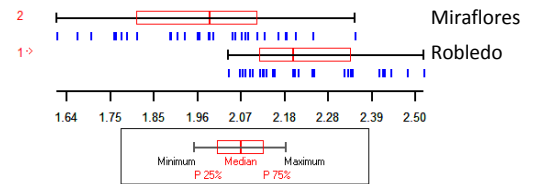


Figura 18. Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los barrios Robledo (alta transmisión) y Miraflores (baja transmisión), en el periodo climático El Niño. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población del barrio Robledo.



Aranjuez

Granada

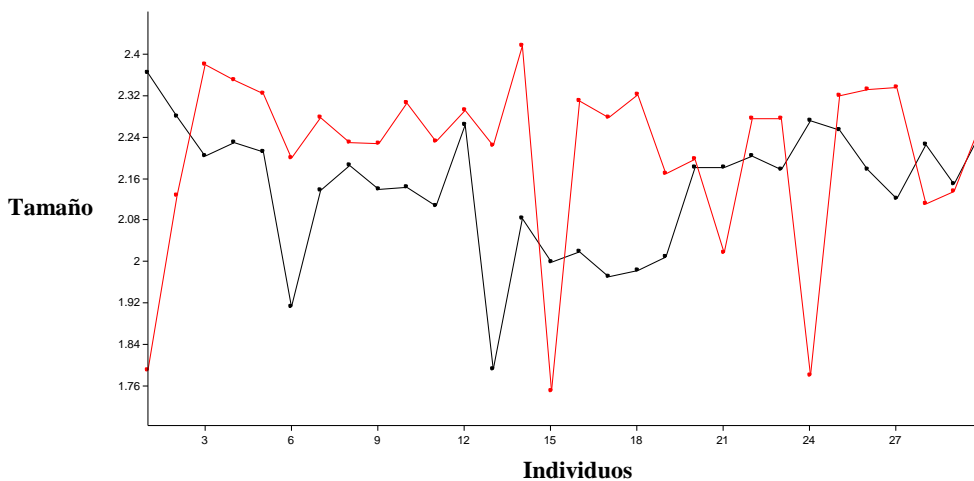
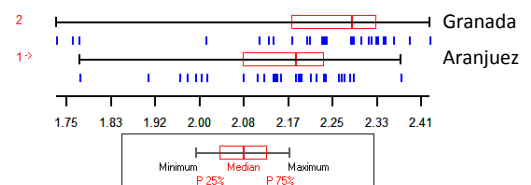


Figura 19. Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los barrios Aranjuez (alta transmisión) y Granada (baja transmisión), en el periodo climático La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población del barrio Granada.



Ocampo-Mesa JA, Silva-Villa S

Manrique

Villaflora

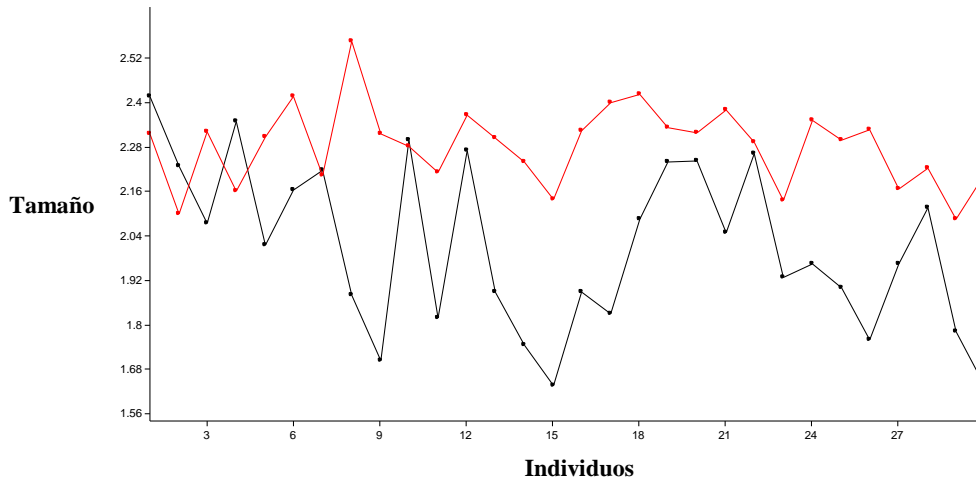
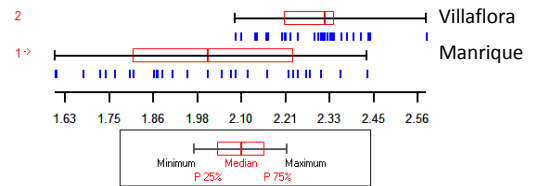


Figura 20. Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los barrios Manrique (alta transmisión) y Villaflora (baja transmisión), en el periodo climático La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población del barrio Villaflora.



Gerona

San Javier

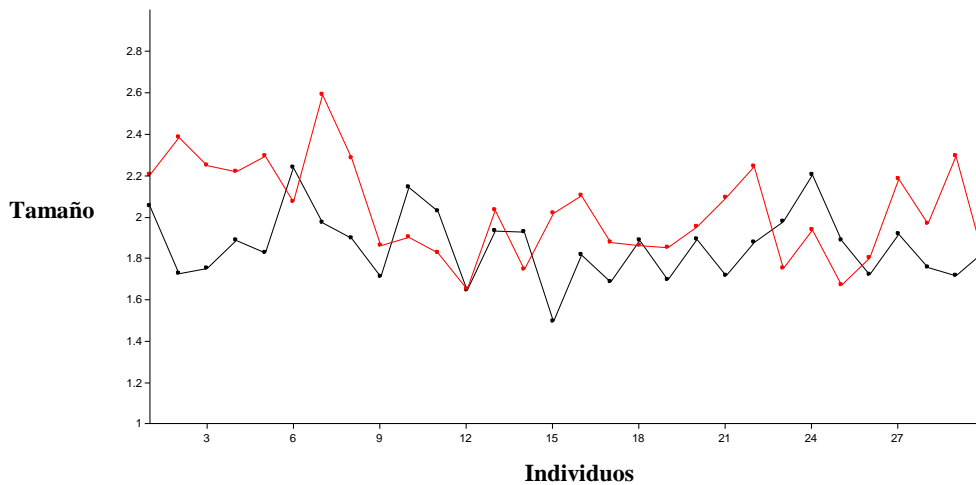
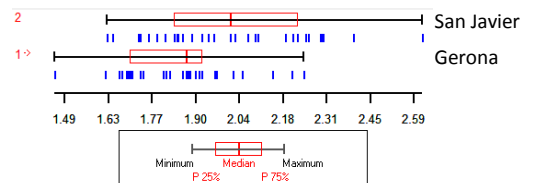


Figura 21. Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los barrios Gerona (alta transmisión) y San Javier (baja transmisión), en el periodo climático La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población del barrio San Javier.



Campo Valdés

Tejelo

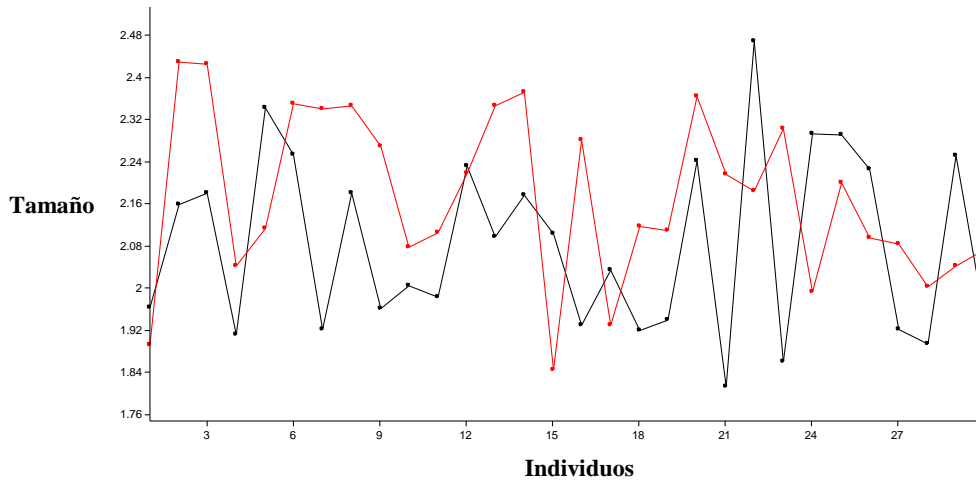
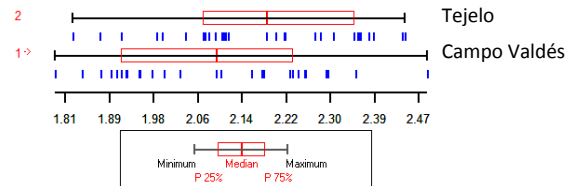


Figura 22. Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los barrios Campo Valdés (alta transmisión) y Tejelo (baja transmisión), en el periodo climático La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población del barrio Tejelo.



Belén

Manila

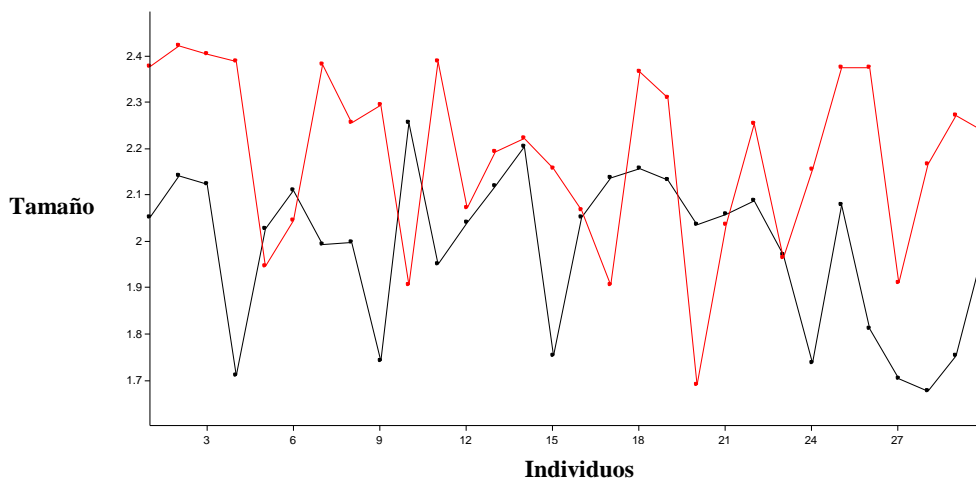
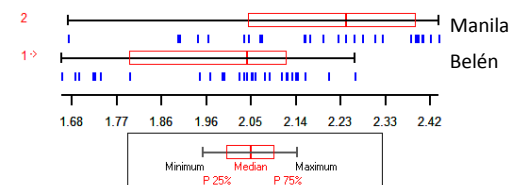


Figura 23. Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los barrios Belén (alta transmisión) y Manila (baja transmisión), en el periodo climático La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población del barrio Manila.



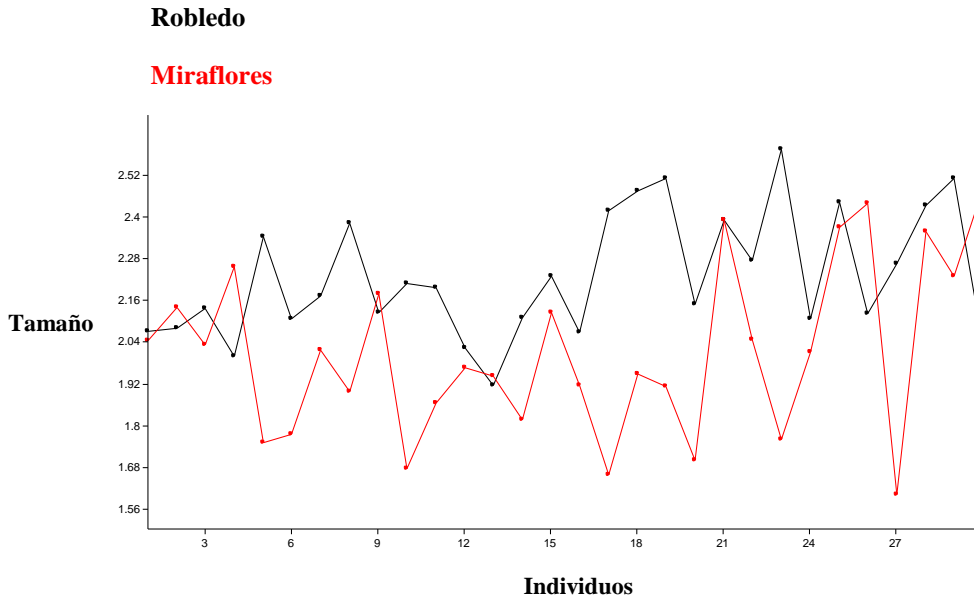


Figura 24. Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los barrios Robledo (alta transmisión) y Miraflores (baja transmisión), en el periodo climático La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población del barrio Robledo.

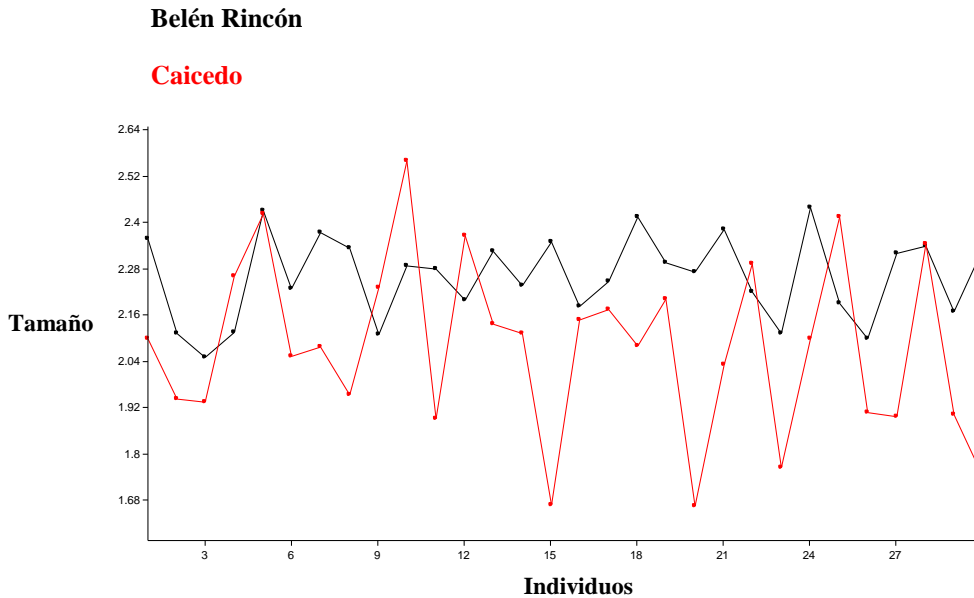
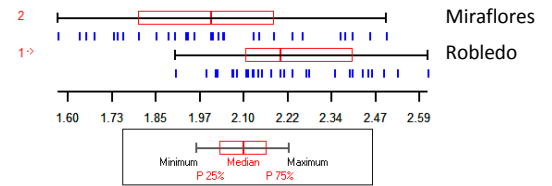
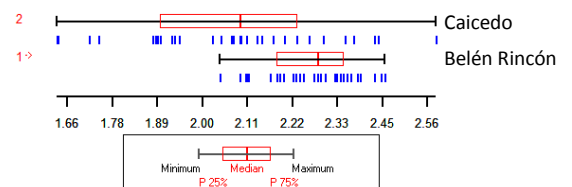


Figura 25. Diferencias en tamaño entre las poblaciones de los barrios Belén Rincón (alta transmisión) y Caicedo (baja transmisión), en el periodo climático La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población del barrio Belén Rincón.



Ocampo-Mesa JA, Silva-Villa S

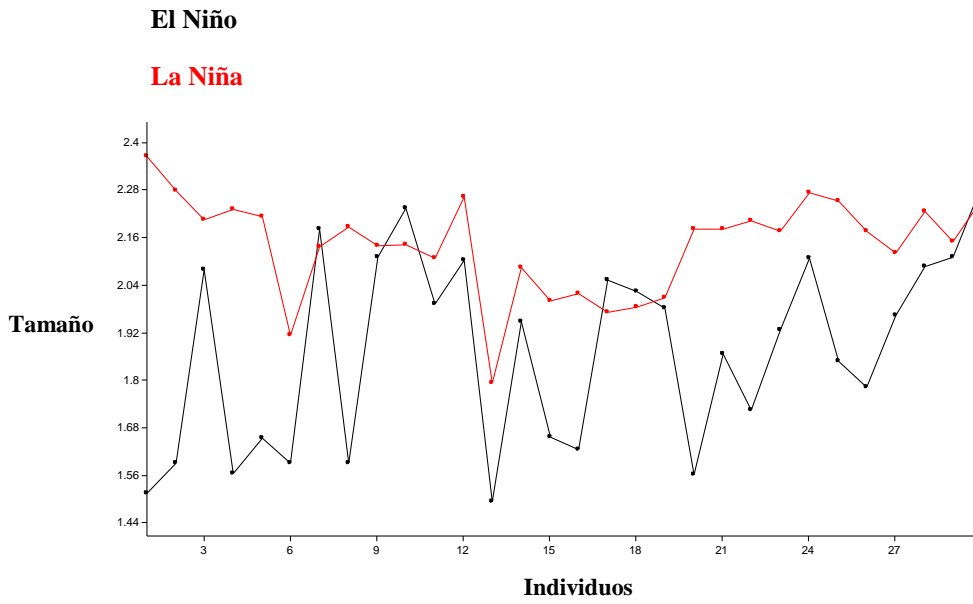


Figura 26. Diferencias en tamaño entre las poblaciones del barrio Aranjuez (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población correspondiente al periodo La Niña.

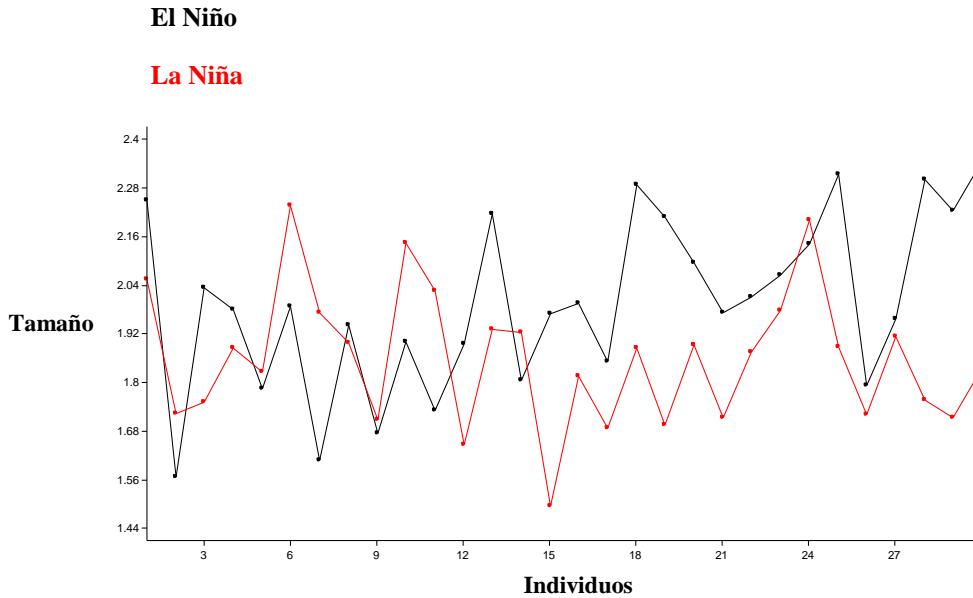
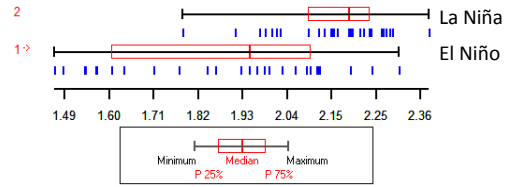
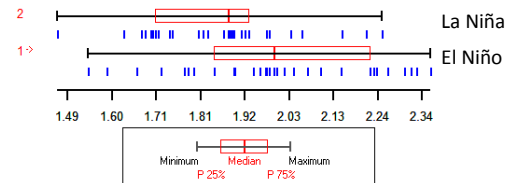


Figura 27. Diferencias en tamaño entre las poblaciones del barrio Gerona (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población correspondiente al periodo El Niño.



Ocampo-Mesa JA, Silva-Villa S

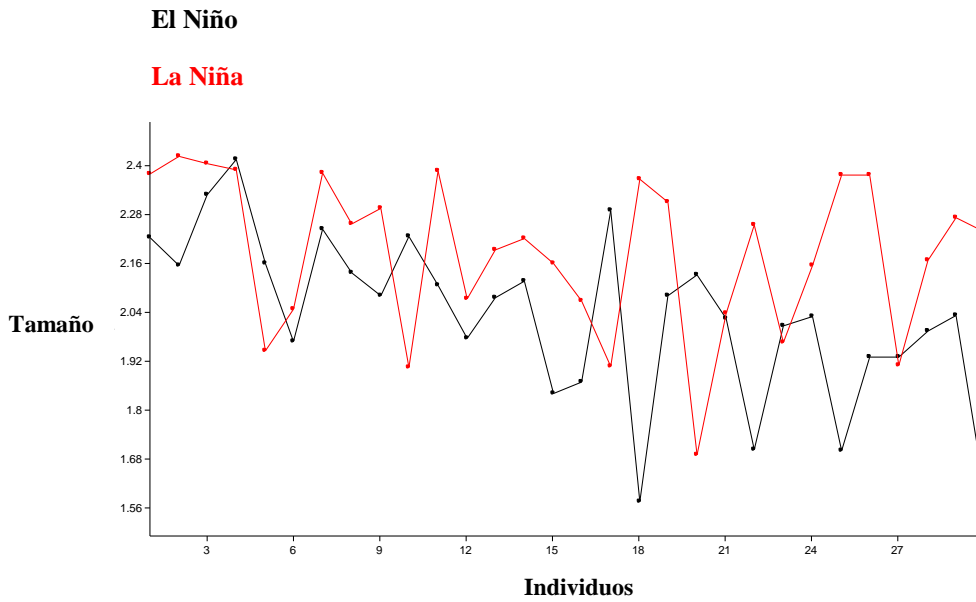


Figura 28. Diferencias en tamaño entre las poblaciones del barrio Manila (baja transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población correspondiente al periodo La Niña.

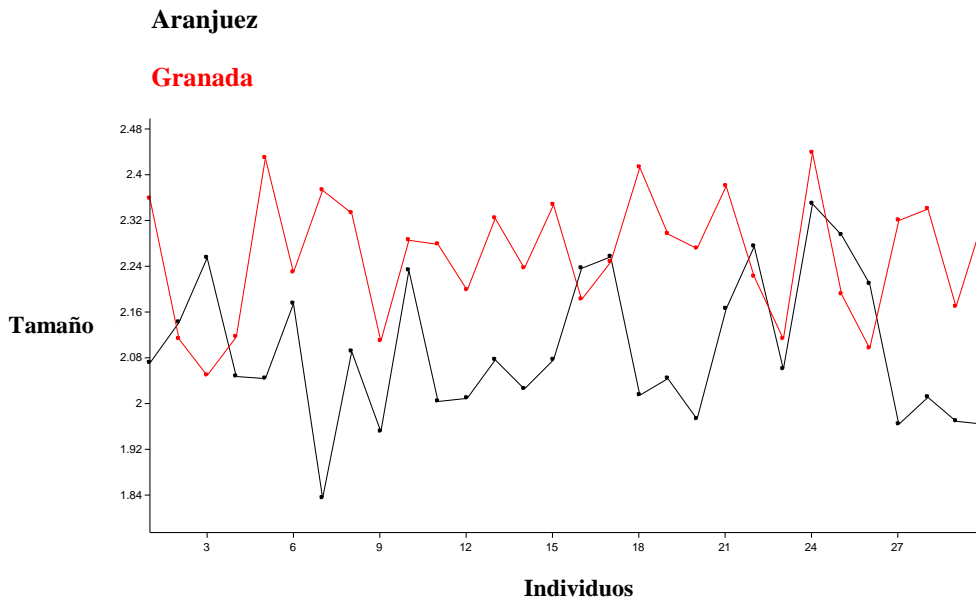
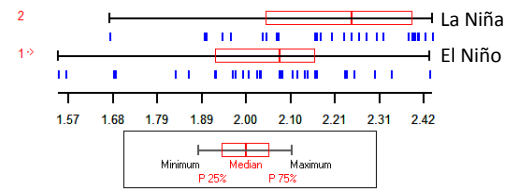
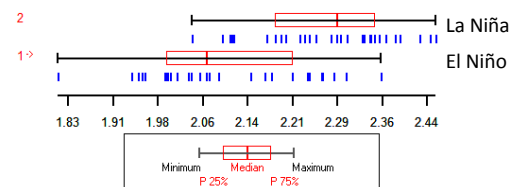


Figura 29. Diferencias en tamaño entre las poblaciones del barrio Belén Rincón (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población correspondiente al periodo La Niña.



Ocampo-Mesa JA, Silva-Villa S

Aranjuez

Granada

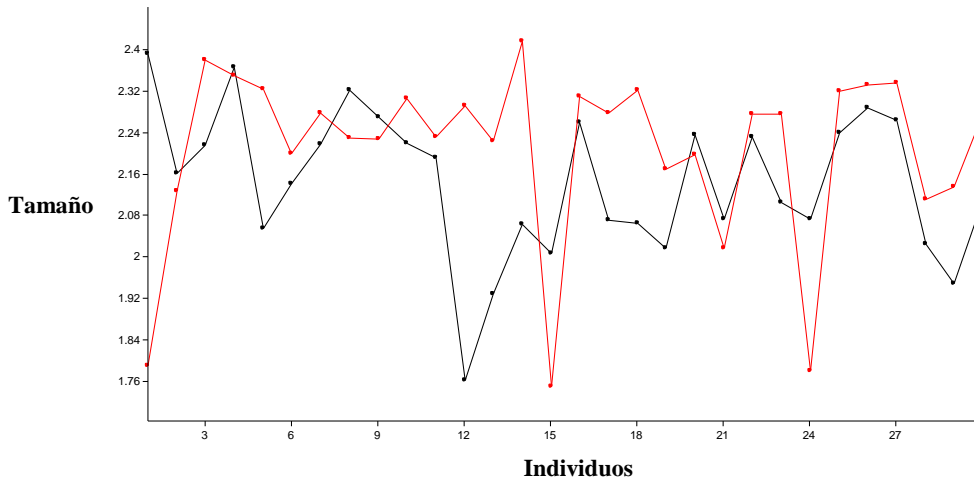
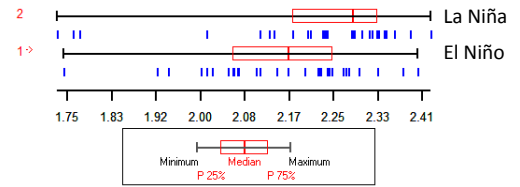


Figura 30. Diferencias en tamaño entre las poblaciones del barrio Granada (baja transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población correspondiente al periodo La Niña.



Aranjuez

Granada

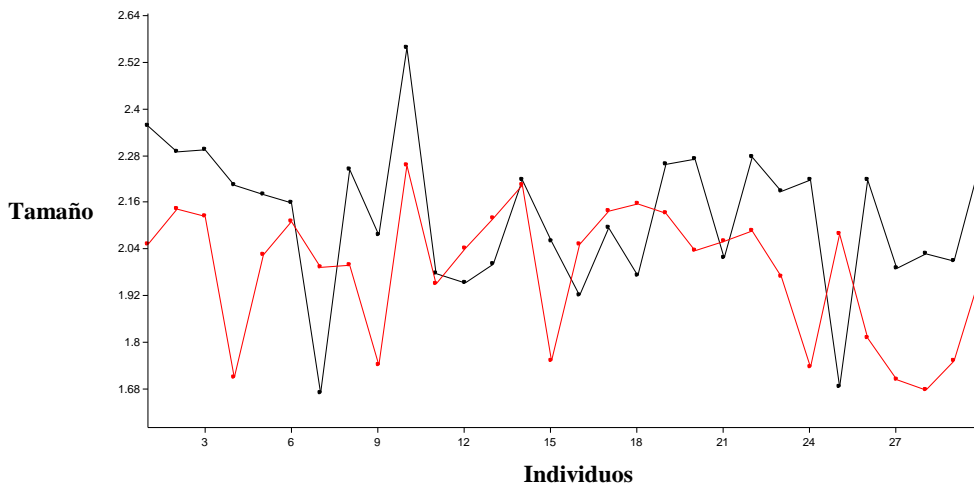
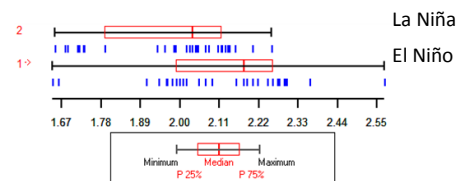


Figura 31. Diferencias en tamaño entre las poblaciones del barrio Belén (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población correspondiente al periodo El Niño.



Aranjuez

Granada

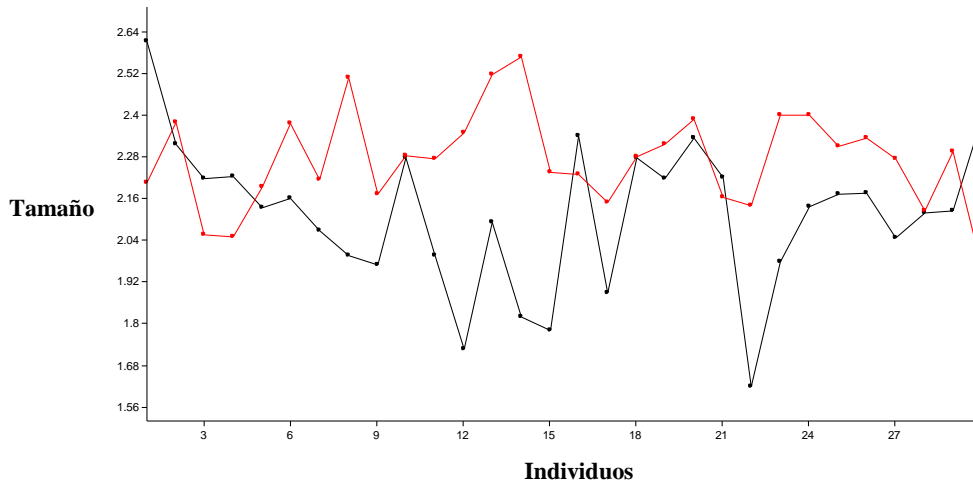
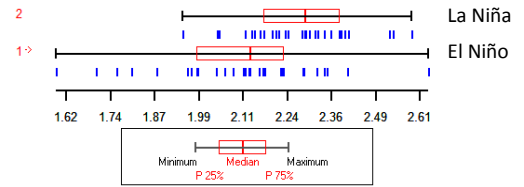


Figura 32. Diferencias en tamaño entre las poblaciones del barrio Velódromo (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población correspondiente al periodo La Niña.



Aranjuez

Granada

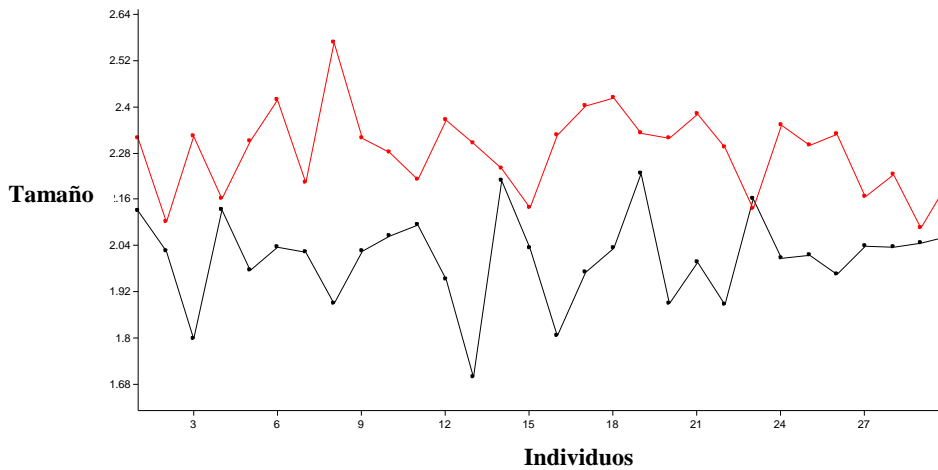
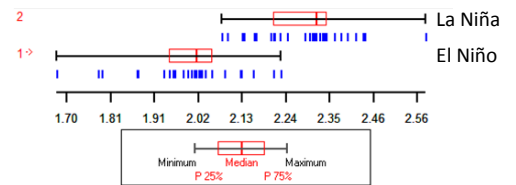


Figura 33. Diferencias en tamaño entre las poblaciones del barrio Villaflora (baja transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observa una tendencia a mayor tamaño en la población correspondiente al periodo La Niña.



En resumen, en la mayoría de los casos, los individuos de mayor tamaño corresponden a los barrios con baja transmisión de dengue, tanto en el periodo climático El Niño como en La Niña. Una excepción a esta observación se presentó en el barrio Robledo, barrio de alta transmisión en donde los individuos son de mayor tamaño que los colectados en su barrio par, Miraflores, barrio de baja transmisión. Tal diferencia para estos dos últimos barrios se presentó para ambos periodos climáticos.

Otra excepción se registró en los barrios Belén Rincón (alta transmisión) y Caicedo (baja transmisión), en donde los individuos de mayor tamaño correspondieron a Belén Rincón, pero esta situación solo se presentó en el periodo climático La Niña, porque en El Niño la diferencia en tamaño para estos dos barrios no fue significativa.

También se observó que en los barrios Gerona y Belén, ambos en situación de alta transmisión de dengue, los individuos presentaron mayor tamaño en el periodo climático El Niño, en comparación con el tamaño observado en los mismos barrios para La Niña.

6.3 Alometría

Se presentó un efecto alométrico en 15 de las 29 comparaciones que presentaron diferencias en conformación (Tabla 6), es decir, se encontraron diferencias en conformación dependientes del tamaño. En 12 de estas comparaciones que presentan efecto alométrico, el efecto alométrico pudo ser corregido (Tabla 6), confirmando con el nuevo valor de $p < 0.05$ dichas diferencias en conformación. Por otro lado en tres de las 15 comparaciones con efecto alométrico, este no pudo ser corregido (Tabla 6). Dado que no se pudo realizar esta corrección y en la actualidad no existen métodos completamente aceptados para realizar la remoción de este efecto, es de tener en cuenta que las variables de conformación no se encuentran libres de alometría.

Tabla 6. Corrección del efecto alométrico en las comparaciones que presentaron esta situación. En sombreado, solo en tres de las 15 comparaciones no pudo ser corregido dicho efecto.

Comparación	Valor p (CS PW)	Valor p (Wilks Lambda)	Corrección
Totalidad de mosquitos Niño Baja Transmisión Vs Niña Baja Transmisión	0,000	0,456	0,000
El Niño Manrique Central Vs Villaflora	0,000	0,999	0,000
El Niño Campo Valdés Vs Tejelo	0,002	0,155	0,000
El Niño Velódromo Vs El Poblado	0,000	0,122	0,000
La Niña Manrique Central Vs Villaflora	0,001	0,480	0,000
La Niña Belén Rincón Vs Caicedo	0,011	0,101	0,000
Campo Valdés El Niño Vs Campo Valdés La Niña	0,000	0,111	0,000
Manrique El Niño Vs Manrique La Niña	0,000	0,529	0,000
Gerona El Niño Vs Gerona La Niña	0,009	0,206	0,003
Manila El Niño Vs Manila La Niña	0,008	0,190	0,000
Robledo El Niño Vs Robledo La Niña	0,045	0,112	0,000
Villaflora El Niño Vs Villaflora La Niña	0,007	0,334	0,000
El Niño Belén Rincón Vs Caicedo	0,001	0,558	No Corregido
Belén Rincón El Niño Vs Belén Rincón La Niña	0,040	0,281	No Corregido
Velódromo El Niño Vs Velódromo La Niña	0,000	0,206	No Corregido

6.4 Comparación de la conformación alar

Mediante el Test de Bonferroni se observaron diferencias significativas, con un $p < 0,05$, en la conformación del ala en 29 de las 34 comparaciones realizadas (Tabla 4). A través de la superposición de los componentes principales obtenidos a partir de las coordenadas residuales en cada población, se determinaron diferencias en la forma de la venación de las alas por variación en la posición de las intersecciones en dicha venación.

Tabla 7. Puntos de referencia en los que se observó diferencia significativa en conformación, en las comparaciones de poblaciones globales.

Comparación		Puntos de Referencia	No. Grafica
Totalidad de mosquitos El Niño	Totalidad de mosquitos La Niña	8, 11	34
Totalidad de mosquitos Alta Transmisión	Totalidad de mosquitos Baja Transmisión	7	35
Totalidad de mosquitos El Niño Alta Transmisión	Totalidad de mosquitos La Niña Alta Transmisión	1, 3	36
Totalidad de mosquitos El Niño Baja Transmisión	Totalidad de mosquitos La Niña Baja Transmisión	5, 7, 8 10, 11	37

Tabla 8. Puntos de referencia en los que se observó diferencia significativa en conformación, en las comparaciones entre barrios con alta y baja transmisión de dengue, en los dos periodos climáticos, El Niño y La Niña.

Comparación		Periodo Climático	Puntos de Referencia	No. Figura
Alta Transmisión	Baja Transmisión			
Aranjuez	Granada	El Niño	1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13	38
Manrique	Villaflora	El Niño	1, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13	39
Campo Valdés	Tejelo	El Niño	2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13	40
Velódromo	El Poblado	El Niño	2, 3, 5, 7, 8, 11, 12, 13	41
Robledo	Miraflores	El Niño	1, 3, 5, 6, 8, 11, 13	42
Belén Rincón	Caicedo	El Niño	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 13	43
Aranjuez	Granada	La Niña	1, 2, 5, 8, 10, 11, 12	44
Manrique	Villaflora	La Niña	1, 3, 4, 8, 10	45
Campo Valdés	Tejelo	La Niña	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13	46
Belén	Manila	La Niña	1, 3, 5, 10, 11, 13	47
Robledo	Miraflores	La Niña	1, 12, 13	48
Belén Rincón	Caicedo	La Niña	1, 2, 3, 5, 8, 13	49

Tabla 9. Puntos de referencia en los que se observó diferencia significativa en conformación, en las comparaciones de un barrio consigo mismo, en los dos periodos climáticos, El Niño y La Niña.

	Comparación		Puntos de Referencia	No. Figura
	El Niño	La Niña		
Alta Transmisión	Aranjuez	Aranjuez	1, 2, 8, 9, 13	50
	Campo Valdés	Campo Valdés	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13	51
	Manrique	Manrique	1, 2, 3, 8, 10, 11, 12, 13	52
	Gerona	Gerona	1, 2, 3, 4, 7, 8, 13	53
	Belén Rincón	Belén Rincón	1, 2, 3, 6, 8, 10, 11, 13	54
	Belén	Belén	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12	55
	Velódromo	Velódromo	2, 3, 5, 8, 13	59
	Robledo	Robledo	2, 3, 8, 11, 12, 13	60
Baja Transmisión	Manila	Manila	1, 2, 3, 5, 8, 13	54
	Granada	Granada	1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	56
	San Javier	San Javier	1, 8, 11, 13	58
	Villaflora	Villaflora	5, 7, 10, 13	61
	Tejelo	Tejelo	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12	62

Figura 34. Diferencias en conformación entre las poblaciones de los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 8 y 11.

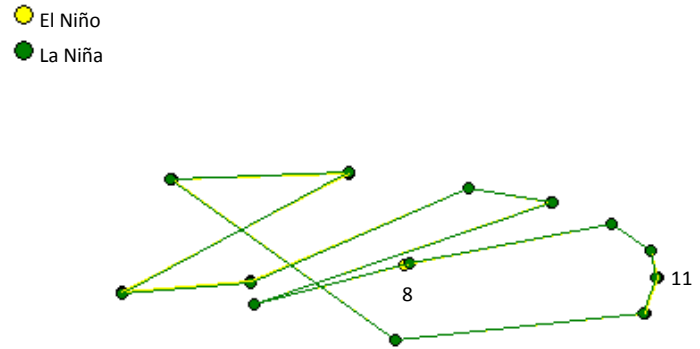


Figura 35. Diferencias en conformación entre las poblaciones con situación de alta y baja transmisión. Se observó diferencia en la posición del punto de referencia 7.

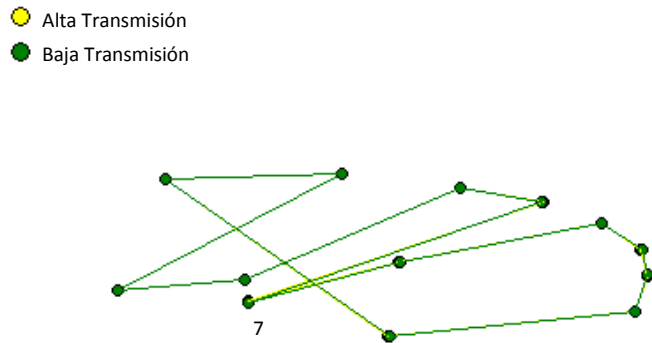


Figura 36. Diferencias en conformación entre las poblaciones con situación de alta transmisión, en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1 y 3.

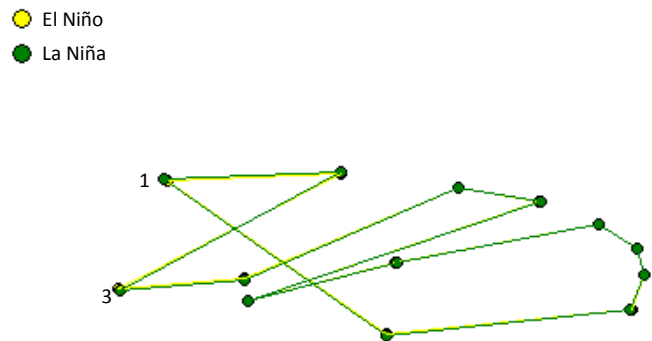




Figura 37. Diferencias en conformación entre las poblaciones con situación de baja transmisión, en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 5, 7, 8, 10 y 11.

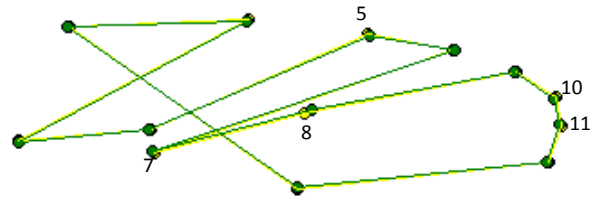


Figura 38. Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Aranjuez (alta transmisión) y Granada (baja transmisión), en el periodo climático El Niño. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11,

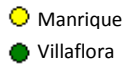
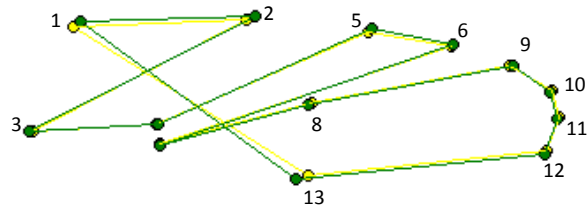


Figura 39. Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Manrique (alta transmisión) y Villaflora (baja transmisión), en el periodo climático El Niño. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12,

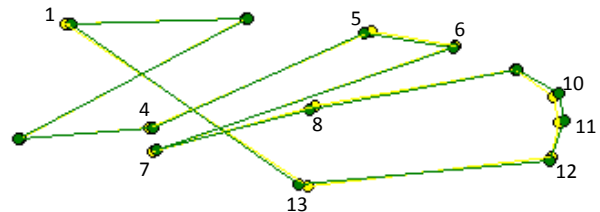


Figura 40. Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Campo Valdés (alta transmisión) y Tejelo (baja transmisión), en el periodo climático El Niño. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11,

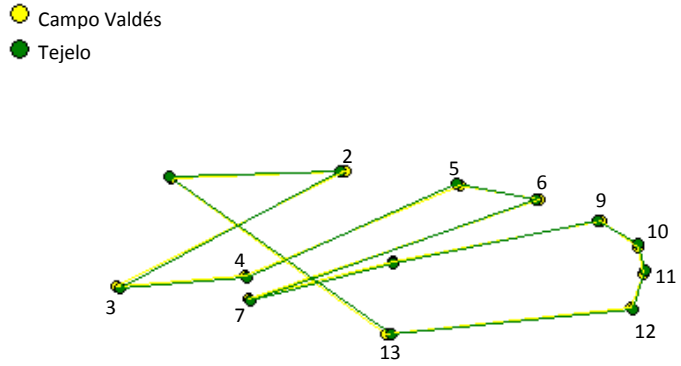


Fig. 41. Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Velódromo (alta transmisión) y El Poblado (baja transmisión), en el periodo climático El Niño. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 2, 3, 5, 7, 8, 11, 12, 13.

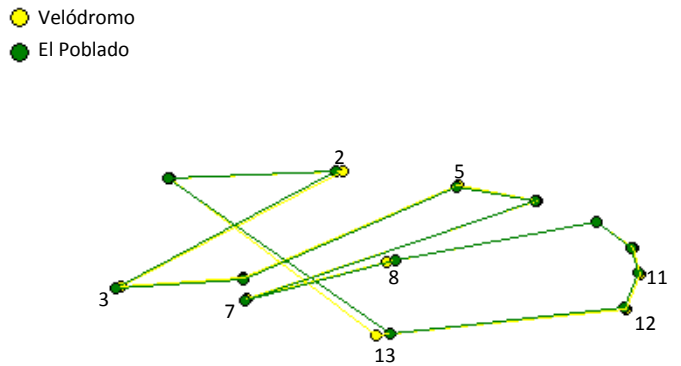


Figura 42. Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Robledo (alta transmisión) y Miraflores (baja transmisión), en el periodo climático El Niño. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 3, 5, 6, 8, 11, 13.

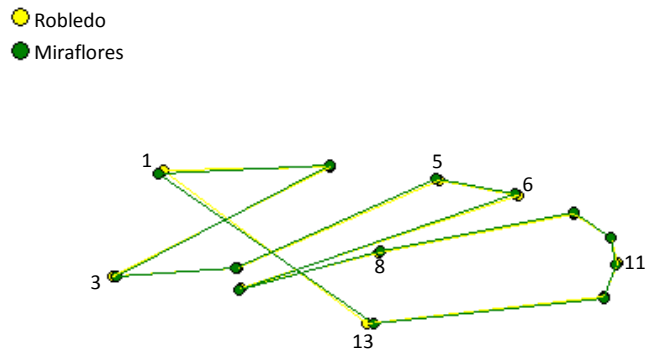


Figura 43. Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Belén Rincón (alta transmisión) y Caicedo (baja transmisión), en el periodo climático El Niño. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 13.

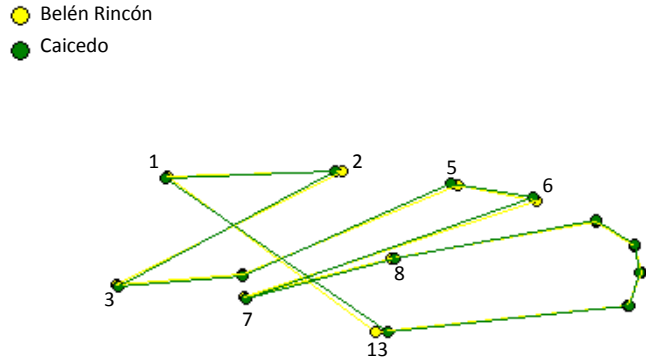


Figura 44. Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Aranjuez (alta transmisión) y Granada (baja transmisión), en el periodo climático La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 2, 5, 8, 10, 11, 12.

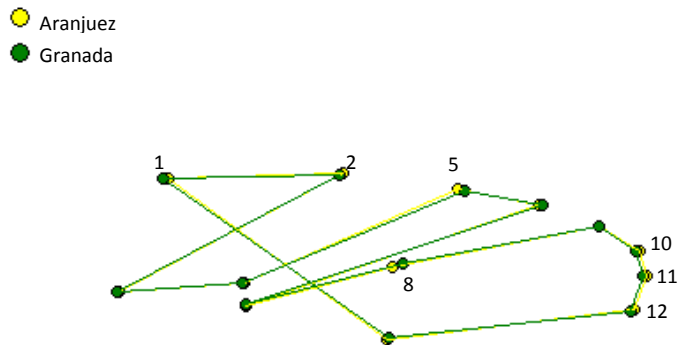


Figura 45. Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Manrique (alta transmisión) y Villaflora (baja transmisión), en el periodo climático La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 3, 4, 8, 10.

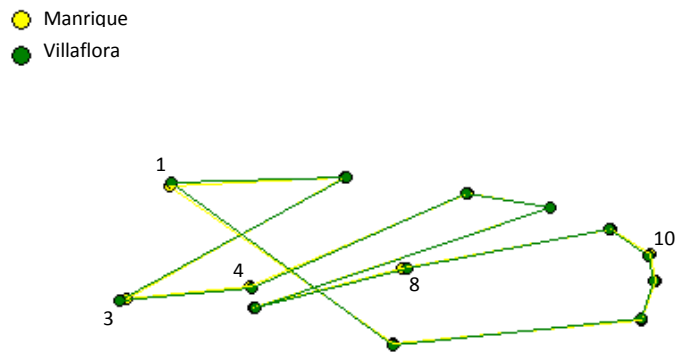


Figura 46. Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Campo Valdés (alta transmisión) y Tejelo (baja transmisión), en el periodo climático La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12,

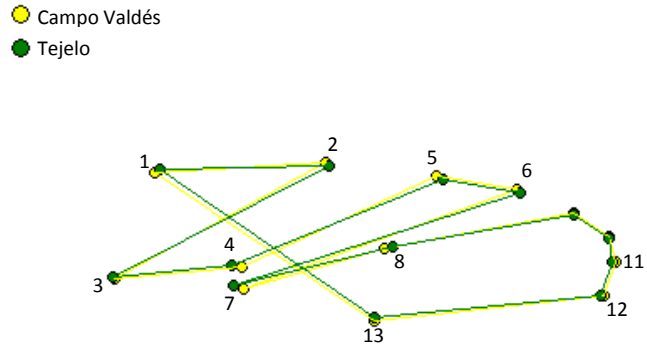


Figura 47. Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Campo Valdés (alta transmisión) y Tejelo (baja transmisión), en el periodo climático La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12,

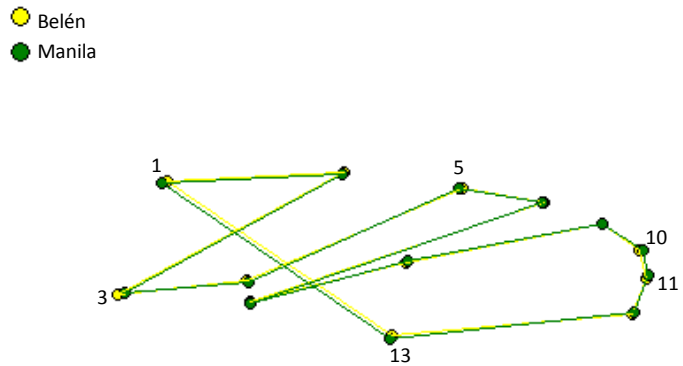


Figura 48. Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Robledo (alta transmisión) y Miraflores (baja transmisión), en el periodo climático La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 12, 13.

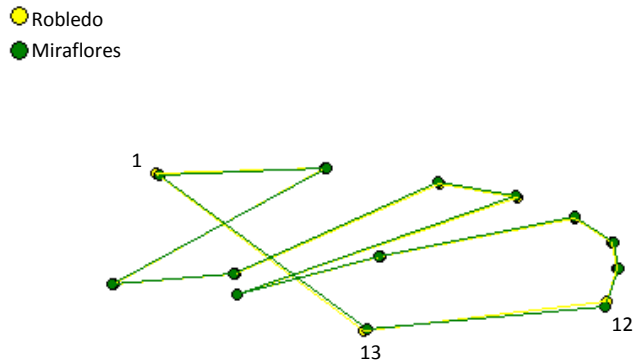


Figura 49. Diferencias en conformación entre las poblaciones de los barrios Belén Rincón (alta transmisión) y Caicedo (baja transmisión), en el periodo climático La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 2, 3, 5, 8, 13.

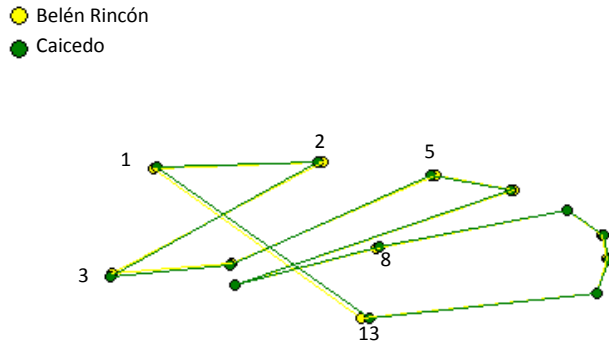


Figura 50. Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Aranjuez (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 2, 8, 9, 13.

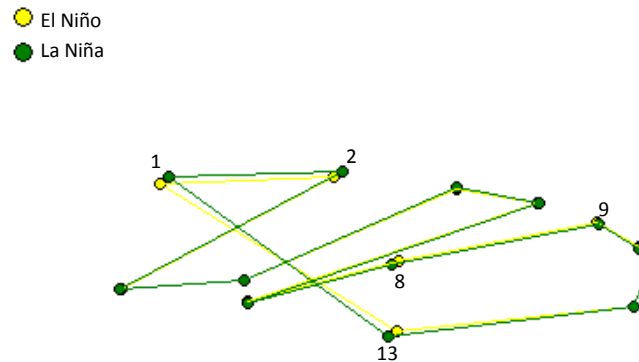


Figura 51. Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Campo Valdés (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13.

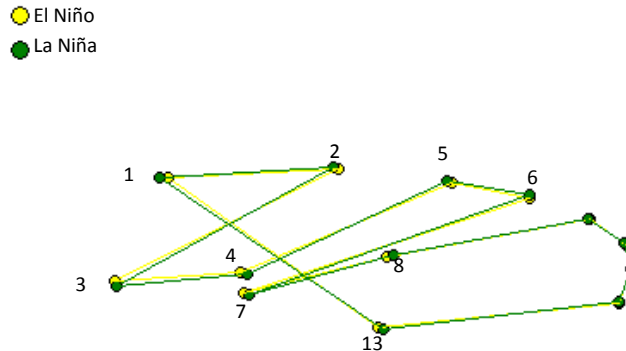


Figura 52. Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Manrique (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 2, 3, 8, 10, 11, 12, 13.

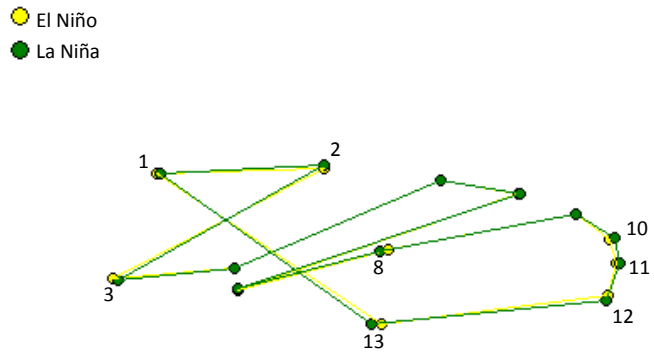


Figura 53. Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Gerona (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 2, 3, 4, 7, 8, 13.

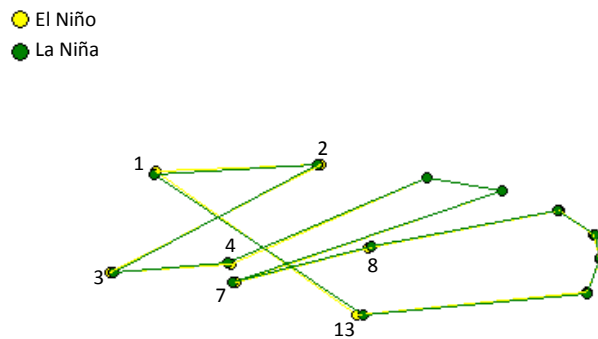


Figura 54. Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Manila (baja transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 2, 3, 5, 8, 13.

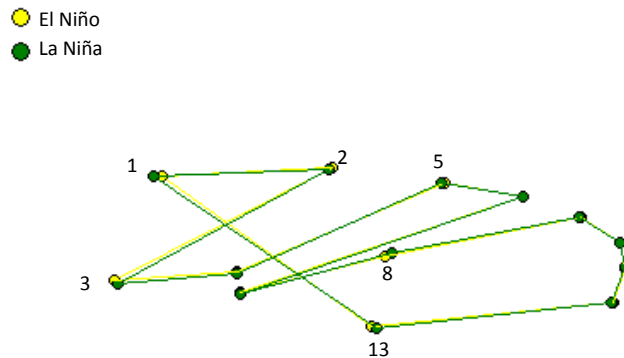


Figura 55. Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Belén Rincón (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 2, 3, 6, 8, 10, 11, 13.

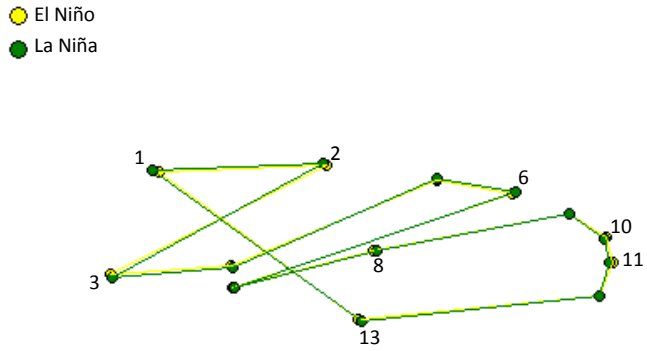


Figura 56. Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Granada (baja transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.

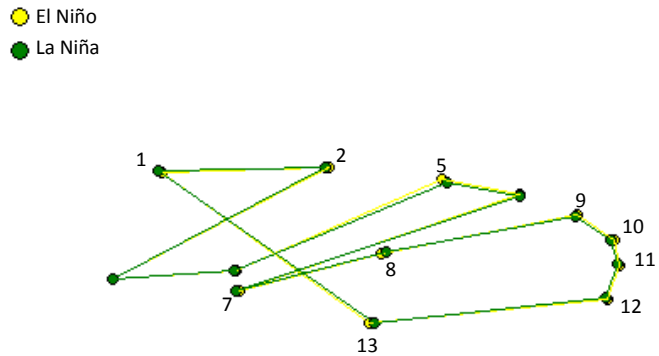


Figura 57. Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Belén (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12.

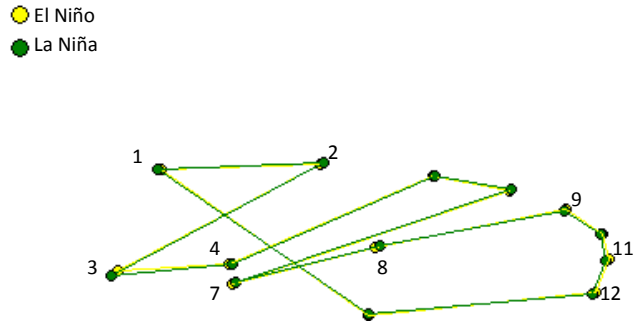


Figura 58. Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio San Javier (baja transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 1, 8, 11, 13.

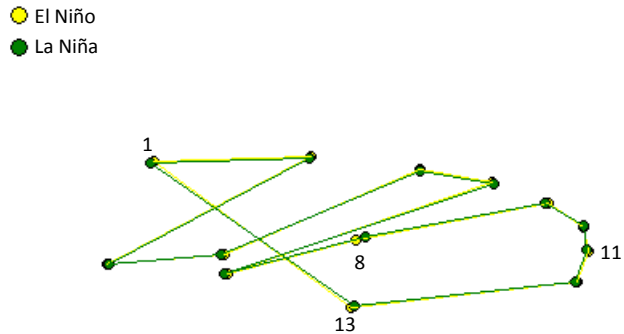


Figura 59. Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Velódromo (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 2, 3, 5, 8, 13.

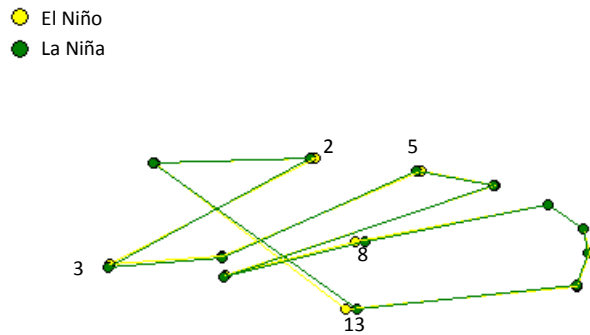


Figura 60. Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Robledo (alta transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 2, 3, 8, 11, 12, 13.

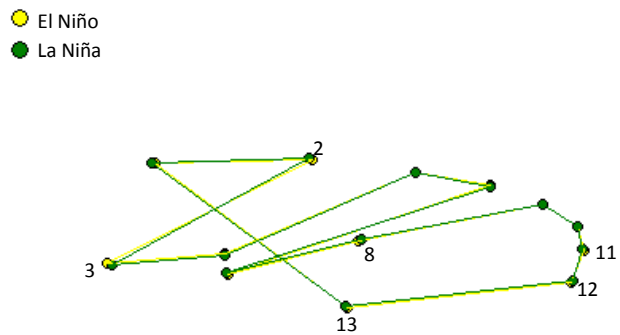


Figura 61. Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Villaflora (baja transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 5, 7, 10, 13.

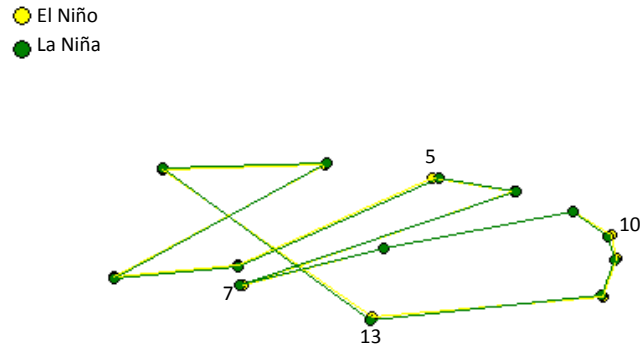
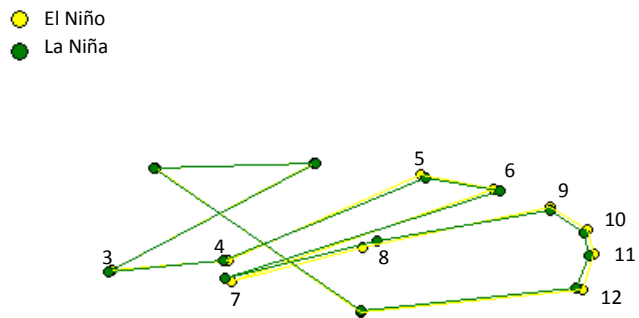


Figura 62. Diferencias en conformación entre las poblaciones del barrio Tejelo (baja transmisión), en los periodos climáticos El Niño y La Niña. Se observaron diferencias en la posición de los puntos de referencia 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.



Las diferencias en conformación son evidentes la mayoría de las comparaciones efectuadas, tanto en la variación climática como en el grado de transmisión de la enfermedad. Incluso en las poblaciones de un mismo barrio, se observó una marcada variación en la forma al comparar un periodo climático con el otro.

Una excepción a la anterior observación se presentó en la comparación del barrio Gerona (alta transmisión) con el barrio San Javier (baja transmisión), en donde no se determinaron diferencias en conformación para ninguno de los dos periodos climáticos, además de no presentar tampoco diferencias en tamaño en el periodo climático El Niño.

Tal como se observa en la Tabla X, otras excepciones se evidencian en los barrios Caicedo y Miraflores, con sus respectivos pares Robledo y Belén Rincón, respectivamente, en donde los individuos de estos últimos a diferencia del comportamiento general, presentaron mayor tamaño en ambos periodos climáticos.

7. Discusión

En este estudio se observó que el tamaño y la forma del ala de *Ae. aegypti* están relacionados con la ocurrencia de eventos climáticos como La Niña o El Niño. Similares resultados han sido registrados por Morales RE, (2010), donde revelan en sus estudios una clara variación del tamaño y la forma en aparente asociación con las estaciones climáticas.

Se ha indicado que en la región tropical, el riesgo de la propagación de la enfermedad puede aumentar, debido a las variaciones climáticas que este presenta (REF). Según Lindsay SW y Birley MH, (1996), aunque los artrópodos pueden regular su temperatura interna modificando su comportamiento, no pueden hacerlo fisiológicamente y, por lo tanto, dependen totalmente del clima para su supervivencia y desarrollo. Remmert, (1981) afirma que un artrópodo grande presenta una mayor superficie de cutícula con relación a su volumen, y que por esta razón, puede perder mayor porcentaje de agua en menos tiempo. Además, puesto que la proporción superficie/volumen aumenta mientras que el volumen disminuye, los insectos más pequeños podrían estar desfavorecidos en condiciones secas (Morales RE, 2010). En nuestros resultados se encontró que en el 2010, año en el cual se presentó el fenómeno El Niño, el tamaño de los mosquitos fue menor, con relación a los mosquitos colectados durante el periodo climático La Niña, en el año 2011, en el cual se ha indicado que es mayor el número de casos de dengue en Medellín. Estos concuerdan con lo mencionado por Remmert (1981) y Morales (2010), e indican que durante el periodo climático El Niño los mosquitos, los mosquitos de menor talla mostraron un menor nivel de transmisión.

Según Barry *et al*, (2008), los mosquitos pequeños son mejores transmisores del virus, mientras que los individuos más grandes son más resistentes a la infección. Esto puede

explicar los resultados obtenidos y contrastados con los datos epidemiológicos de 2010 de la ciudad de Medellín, donde se observó que el promedio de casos durante el tiempo de colecta fue mayor en La Niña.. Sin embargo, Jirakanjanakit y Dujardin (2005) reportan que el tamaño puede desempeñar un papel importante como portador de patógenos eficaz, ya que las hembras más grandes pueden ingerir mayores volúmenes de sangre. En contraste con lo anterior, las hembras del insecto con un menor tamaño deben picar más veces en el mismo periodo de tiempo que una hembra grande, debido a que esta última puede adquirir mayor volumen de sangre por picadura. Por lo cual los mosquitos más pequeños, por tener una mayor frecuencia de picadura, tienen mayor probabilidad de encontrar un humano portador del virus y a su vez diseminar el mismo con mayor facilidad, tal como puede considerarse en el presente trabajo.

Tanto Nasci y Mitchell (1994) como Strickman y Kittayapong, (2003), Schneider *et al*, (2004, 2007), y Jirakanjanakit y colaboradores (2007), afirman que el tamaño corporal de los mosquitos adultos es una manifestación de la calidad del hábitat de las larvas y Renshaw *et al.*, 1994 y Gimnig *et al*, 2002, concluyen que este resultado se debe a la competencia larval. Para nuestro estudio este dato no fue tenido en cuenta, debido a que los adultos obtenidos no tuvieron situaciones de hacinamiento e inanición en sus estadios tempranos, ya que las condiciones de competencia larvaria en cuanto a nicho y alimento, fueron controladas en campo, garantizando una homogeneidad en las condiciones durante el proceso de desarrollo del insecto.

Los incrementos en la frecuencia de picadura del vector, en el aumento en la velocidad de desarrollo y en la variación en la tasa de sobrevivencia, pueden ser estimadas a través de la medición del ala, en donde alas de mayor tamaño se han asociado positivamente con estas variables (Nasci RS, 1986a, 1986b, 1987). Esta afirmación es concordante con los resultados del presente estudio, y de acuerdo con ellos es posible que durante La Niña, se presente un incremento en la frecuencia de picadura del vector que pueda estar asociado con un mayor riesgo de transmisión de la enfermedad.

8. Conclusiones

Tanto el tamaño como la conformación alar de *Ae. aegypti* es afectado por la variabilidad en las condiciones climáticas. Mosquitos de mayor talla correspondieron al evento climático La Niña, período en el cual se registra un mayor número de casos de dengue en la ciudad.

En concordancia con lo anterior, también fueron mayores los mosquitos durante el período La Niña cuando se compararon, separadamente, las zonas de alta y baja transmisión de dengue.

Paradójicamente, los resultados de la comparación entre barrios de alta y baja transmisión, indicaron que en los barrios de baja transmisión los mosquitos son de mayor tamaño, lo cual no fue concordante con lo observado en los periodos climáticos, en donde, durante La Niña los mosquitos son más grandes y se registra un mayor número de casos. Es posible que esta diferencia entre los barrios de alta y baja transmisión pueda ser explicada por una estructuración específica de las poblaciones para cada uno de estos barrios.

El anterior argumento es coherente con lo observado en la comparación por período climático para un mismo barrio, en donde se observó que los mosquitos de mayor tamaño alar fueron colectados durante el período climático La Niña.

Los resultados del estudio contribuyen tanto a la comprensión de la dinámica de transmisión de dengue en la ciudad, como al conocimiento de la biología de la población del vector en Medellín. En particular, el haber determinado que los mosquitos de mayor tamaño son frecuentes en el período La Niña, permite incluir esta información en las estrategias de vigilancia y prevención de dengue en la ciudad, y así colaborar con el desarrollo de adecuados programas de control vectorial en la ciudad.

9. Bibliografía

Adams, DC. 1999. Methods for shape analysis of landmark data from articulated structures. *Evolutionary ecology research*, 1: 959-970.

Adams, DC. 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the “revolution”. *Ital. Zool*, 71: 5-16.

Badano EI, Regidor HA. 2002. Selección de hábitat de oviposición en *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) mediante estímulos físicos. *Ecología Austral*, 12: 129-134.

Alto BW, Reiskind MH, Lounibos LP. 2008. Size alters susceptibility of vectors to dengue virus infection and dissemination. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 79 (5): 688-95.

Boletín Epidemiológico. Medellín Sivigila. 2007: 8.

Boletín Epidemiológico. Medellín Sivigila. 2010.

Bookstein FL. 1998. A hundred years of morphometrics. *Acta Zool. Acad. Sci Hung*, 44: 7-59.

Cerda J, Valdivia G, Valenzuela MT, Venegas J. 2008. Cambio climático y enfermedades infecciosas. Un nuevo escenario epidemiológico. *Revista Chilena de Infectología*, 25 (6): 447-452.

Chandler AC. 1945. Factors influencing the uneven distribution of *Aedes aegypti* in Texas cities. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 25: 145–149.

Chastel C. 2005. Chikungunya virus: its recent spread to the southern Indian Ocean and Reunion Island (2005–2006). *Bulletin Academic of National Medicine*, 189 (8): 1827–1835.

Chen YR, Hwang JS, Guo YJ. 1994. Ecology and control of dengue vector mosquitoes in Taiwan. *Gaoxiong Yi Xue Ke XueZa Zhi*, 10 (suppl): 78-87.

Cheong WH. 1967. Preferred *Aedes aegypti* Larval hábitats in urbana reas. *Bull Wld Hlth Org*, 36: 586-589.

Chico P, Hidalgo FJ, Ochoa RC. 2001. Ciclo de vida del *Aedes aegypti* y manifestaciones clínicas del dengue. *Acta Pediátrica de México*, 22 (2).

Conde, AM. 2003. Estudio de la longevidad y el ciclo gonotrófico del *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus 1762), cepa Girardot (Cundinamarca) en condiciones de laboratorio [Tesis de Pregrado]. Bogotá, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana.

Consoli R, De Oliveira R. 1994. Principais mosquitos de importancia sanitária no Brasil. 20 ed. Río de Janeiro: Editora Fiocruz. (225)

Curso de Morfometría Geométrica: métodos y aplicaciones. Universidad Nacional de Colombia, 2011. Encontrado en: http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/fc/Curso_Morfometria_Geometrica.pdf. Fecha de consulta: noviembre de 2011.

Feldman-Marzochi KB. 1994. Dengue in Brazil - situation, transmission and control - A proposal for ecological control. Memorias del Instituto Oswaldo Cruz. 89: 235.245.

Gadelha D, Toda A. 1985. Biología e comportamento do *A. aegypti*. Revista Brasileira Malariol D Trop, 37: 29-36.

Gillies MT. 1953. The duration of the gonotrophic cycle in *Anopheles gambiae* and *An. funestus* with a note on the efficiency of hand catching. East African Medical Journal, 30: 129–135.

Gimnig JE, Ombok M, Otieno S, Kaufman MG, Vulule JM, Walker ED. 2002. Density-dependent development of *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) larvae in artificial habitats. Journal of Medical Entomology, 39 (1): 162-72.

Githeko AK, Lindsay SW, Confalonieri UE, Patz JA. 2009. El cambio climático y las enfermedades transmitidas por vectores: un análisis regional. Revista Virtual REDESMA, 3 (3).

González R, Gamboa F, Perafán O, Suárez MF, Montoya-Lerma J. 2007. Experiencia de un análisis entomológico de criaderos de *Aedes aegypti* y *Culex quinquefasciatus* en Cali, Colombia. Revista Colombiana de Entomología, 33 (2): 148-156.

Gubler, DJ. 2002. Epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health, social and economic problem in the 21st century. Trends Microbiology, 10: 100–103.

Guzmán M, García G, Kourí G. 2006. El dengue y el dengue hemorrágico: prioridades de investigación. Revista Panameña de Salud Pública, 19 (3).

Guzman MG, Kourí G. 2002. Dengue: an update. Lancet Infec, 2: 33–42.

Henry A, Thongsripong P, Fonseca-González I, Jaramillo-Ocampo N, Dujardin JP. 2010. Wing shape of dengue vectors from around the world. Infection, Genetics and Evolution, 10 (1016): 207–214.

Instituto Nacional de Salud. Guía de atención clínica integral del paciente con dengue. Bogotá, 2010. En línea: <http://www.ins.gov.co/>. Fecha de consulta: diciembre de 2011,

Instituto Nacional de Salud. Boletín de Vigilancia Epidemia por Dengue en Colombia, Boletín 48: Enero 7 de 2011. En línea: <http://www.ins.gov.co/>. Fecha de consulta: diciembre de 2011.

Instituto Nacional de Salud. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de dengue. En línea: <http://www.ins.gov.co/>. Fecha de consulta: enero de 2012.

Instituto Nacional de Salud. Protocolo de Vigilancia del dengue. En línea: <http://www.ins.gov.co/>. Fecha de consulta: enero de 2012.

Jetten TH, Focks DA. 1997. Potential changes in the distribution of dengue transmission under climate warming. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 57: 285–297.

Jirakanjanakit N, Dujardin JP. 2005. Discrimination of *Ae. aegypti* (Diptera;Culicidae) laboratory lines based on wing geometry. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 36 (4), 1–4.

Jirakanjanakit N, Leemingsawat NS, Thongrunkiat S, Apiwathnasorn C, Singhanियom S, Bellec C, Dujardin JP. 2007. Influence of larval density or food variation on the geometry of the wing of *Aedes (Stegomyia) aegypti*. *Tropical Medicine and International Health*, 12 (11): 1354–1360.

Josseran L, Paquet C, Zehgnoun A, Caillere N, Tertre AL, Solet JL, Ledrans M. 2006. Chikungunya disease outbreak, Reunion Island. *Emerging Infectious Diseases*, 12 (12).

Kourí G. 2006. El dengue, un problema creciente de salud en las Américas. *Revista Panameña Salud Pública*. 19 (3).

Lindsay SW, Birley MH. 1996. Climate change and malaria transmission. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 90: 573–588.

Losos, JB. 1990. Ecomorphology, performance capability, and scaling of West Indian *Anolis* lizards: An evolutionary analysis. *Ecol. Monogr*, 60: 369-388.

Lounibos LP, Suarez S, Menendez Z, Nishimura N, Escher RL, O'Connell SM. 2002. Does temperature affect the outcome of larval competition between *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*?. *Journal of Vector Ecology*, 27: 86–95.

Mapa del Municipio de Medellín. Coordenadas geográficas de Medellín. Departamento administrativo de planeación, Alcaldía de Medellín (2003).

Martínez E. 2006. La prevención de la mortalidad por dengue: un espacio y un reto para la atención primaria de salud. *Revista Panameña Salud Publica*, 20 (1).

Martínez E. 1998. Dengue y dengue hemorrágico. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes. p. 1-269.

Matias, A., De la Riva, J.X., Torrez, M., Dujardin, J.P. 2001. *Rhodnius robustus* in Bolivia identified by its wings. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 96 (7), 947–950.

Mena N, Troyo A, Bonilla-Carrión R, Calderón-Arguedas O. 2011. Factores asociados con la incidencia de dengue en Costa Rica. *Revista Panameña Salud Publica*, 29 (4).

Morales, RE, Ya-umpha P, Phumala-Morales N, Komalamisra N, Dujardin JP. 2010. Climate associated size and shape changes in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) populations from Thailand. *Infection Genetics and Evolution*, 10: 580–585.

Nasci RS. 1986a. Relationship between adult mosquito (Diptera: Culicidae) body size and parity in field populations. *Environmental Entomology*, 15: 874 - 876.

Nasci RS. 1986b. The size of emerging and hostseeking *Aedes aegypti* and relationship of size to blood-feeding success in the field. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 2: 61 - 62.

Nasci RS. 1987. Adult body size and parity in field populations of the mosquitoes *Anopheles crucians*, *Aedes taeniorhynchus* and *Aedes sollicitans*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 3: 636 – 637.

Nasci RS, Mitchell CJ. 1994. Larval diet, adult size, and susceptibility of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) to infection with Ross River virus. *Journal of Medical Entomology*, 31 (1): 123-6.

Nelson JM. 1986. *Aedes aegypti*: Biología y Ecología. OPS.

Organización Panamericana de la Salud. Desafíos futuros para la comunicación social en Programas de Prevención y Control del Dengue y de la FHD. Reunión Técnica de Comunicación Social — Carta de Guayaquil. Informe Final. Washington, D.C.: OPS, 2002 (OPS/HCP/HCT/ 208/02). En línea: <http://www.paho.org/Spanish/HCP/HCT/VBD/guayaquil.htm>. Fecha de consulta: diciembre de 2011.

Organización Panamericana de la Salud. Documento Técnico del 44.º Consejo Directivo (CD 44/14), 8 de agosto de 2003. Encontrado en: <http://www.paho.org/spanish/gov/cd/cd44-14-s.pdf>. Fecha de consulta: diciembre de 2011.

Organización Panamericana de la Salud. Lecciones, desafíos y experiencias — participación comunitaria en dengue. Proyecto Post Mitch. Informe final. Washington, D.C.: OPS; 2002. (OPS/ HCP/HCT/215/02). Encontrado en: <http://www.paho.org/Spanish/HCP/HCT/VBD/post-mitch-3.pdf>. Fecha de consulta: diciembre de 2011.

Platt KB, Linthicum KJ, Muint KSA, Innis BL et al. 1997. Impact of dengue virus infection on feeding behavior of *Aedes aegypti*. *Am J Trop Med Hyg*; 57(2): 119-25.

Poveda G, Graham N, Epstein P, Rojas W, Quiñones M, Vélez ID, Martens WJM. 1999. Climate and ENSO variability associated with vector-borne diseases in Colombia.

Poveda G, Rojas W. 1997. Evidencia de la asociación entre brotes epidémicos de malaria en Colombia y el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur. *Revista Academia Colombiana Ciencias*. 21 (81): 421-429.

Rebollar-Téllez EA, Magallón E, Solís-Franco RR. 1995. Efecto de hacinamiento larval sobre algunas características del adulto de *Culex pipiens quinquefasciatus* (diptera: culicidae). *Revista Biomedica*, 6:5-10.

Reiter P. 2001. Climate change and mosquito-borne disease. *Environmental Health Perspectives*, 109: 141–161.

Renshaw M, Service MW, Birley MH. 1994. Size variation and reproductive success in the mosquito *Aedes cantans*. *Journal of Medical Entomology*, 8 (2): 179-86.

Restrepo J. 2010. Desarrollo de un sistema de información geográfica para la vigilancia, prevención y control del dengue en la ciudad de Medellín. Tesis de Pregrado. Medellín, Colombia. Universidad de Antioquia.

Rezza G, Nicoletti L, Angelini R, Romi R, Finarelli AC, Panning M, Cordioli P, Fortuna C, Boros S, Magurano F, Silvi G, Angelini P, Dottori M, Ciufolini MG, Majori GC, Cassone A. 2007. Infection with chikungunya virus in Italy: an outbreak in a temperate region. *The Lancet*, 370 (9602): 1840–1846.

Ricklefs RE., Miles DB. 1994. Ecological and evolutionary inferences from morphology: An ecological perspective. In *Ecological Morphology: Integrative organismal Biology* (P.C. wainwright and S. M. Reilly, eds), p. 13-41 Chicago, IL: University of Chicago Press.

Rúa-Uribe G., Suárez-Acosta C, Londoño V, Sánchez J, Rojo R, Bello-Novoa, B. 2011. Primera evidencia de *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) en la ciudad de Medellín, Antioquia-Colombia. *Revista Salud Pública Alcaldía de Medellín*. 5(1)89-98

Rueda LM, Patel KJ, Axtell RC, Stinner RE. 1990. Temperature-dependent development and survival rates of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 27: 892–898.

Salvatella R. 1996. *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae) y su papel como vectores en las Américas. La situación de Uruguay. *Revista Medica del Uruguay*. 12: 28-36.

San Martín JL, Brathwaite-Dick O. 2007. La estrategia de gestión integrada para la prevención y el control del dengue en la Región de las Américas. *Revista Panameña Salud Pública*. 21 (1): 55–63.

Scott TS, Chow S, Strickman D, Kittapong P, Wirtz RA, ET AL. 1993. Blood-feeding patterns of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) collected in a rural Thai village. *Journal of Medical Entomology*. 30: 922-927.

Space Science and Engineering Center. Sea Surface Temperatures. University of Wisconsin-Madison. Encontrado en: <http://www.ssec.wisc.edu/data/sst/>. Fecha de consulta: enero de 2011.

Senior K. 2008. Climate change and infectious disease: a dangerous liaison? *Lancet Infect Dis*, 8: 92-3.

Service MW. 1993. *Mosquito Ecology, field sampling methods*. 2 ed. Elsevier science publisher ltd, 49-54, 214-216.

Service M. 2008. *Medical entomology for students*. 4 ed. Cambridge. P. 17, 57.

Shope RE. 1991. Global climate change and infectious diseases. *Environmental Health Perspectives*, 96: 171–174.

Suárez C, Almanza R, Rúa-Uribe G. 2008. Análisis retrospectivo de la incidencia de dengue en Medellín, Antioquia-Colombia, periodo 2001- 2007. *Revista de Salud Pública de Medellín*, 3 (2): 37-47.

Suárez MF, Nelson MJ. 1998. Registro de altitudes del *Aedes Aegypti* en Colombia. *Biomédica*, 1: 225.

SUCAM. 1989. Resumo dos principais caracteres morfológicos diferenciais do *A. aegypti* e do *A.albopictus*. Brasília: SUCAM/Min. da Saúde.

Sumanochitrapon W, Strickman D, Sithiprasasna R, Kittayapong P, Innis BL. 1998. Effect of size and geographic origin of *Aedes aegypti* on oral infection with dengue-2 virus. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 58: 283-286.

Trent DW. 1983. Genetic variation among dengue 2 viruses of different geographic origin. *Virology*, 128: 271–284.

Triplehorn CA, Johnson NF. 2005. *Study of Insects*. 7 ed. Thomson Brooks/Cole. p. 683, 673-706, 748 – 749.

Universidad Nacional de Colombia. Curso de Morfometría Geométrica: métodos y aplicaciones, 2011. Encontrado en: http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/fc/Curso_Morfometria_Geometrica.pdf.

Watson RT, ET AL. 1998. The regional impacts of climate change. An assessment of vulnerability. A Special Report of IPCC Working Group II. Cambridge, Cambridge University Press.

Watts DM, ET AL. 1987. Effect of temperature on the vector efficiency of *Aedes aegypti* for dengue 2 virus. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 36: 143–152.

West-Eberhard MJ. 1989. Phenotypic Plasticity and the Origins of Diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20: 249-278.

Wu PC, Lay JG, Guo HR, Lin CY, Lung SC, Su HJ. 2009. Higher temperature and urbanization affect the spatial patterns of dengue fever transmission in subtropical Taiwan. *Science of the total environment*, 407: 2224 – 2233.

Anexo 1. Mapas de los barrios incluidos en el presente estudio. Se señala la ubicación de las trampas en donde se colectaron los mosquitos. Con letras y números se indica el código de la trampa



Mapa 1: Barrio Aranjuez, ubicado en la ladera oriental de la ciudad de Medellín, con los 5 sitios de muestreo. Fuente Google maps.



Mapa 2: Mapa del barrio Belén, ubicado en la ladera occidental de la ciudad de Medellín, con los 5 sitios de muestreo. Fuente Google maps.





Mapa 4: Mapa del barrio Caicedo, ubicado en la ladera oriental de la ciudad de Medellín, con los 5 sitios de muestreo. Fuente Google maps.



Mapa 5: Mapa del barrio Campo Valdés, ubicado en la ladera oriental de la ciudad de Medellín, con los 5 sitios de muestreo. Fuente Google maps.



Mapa 6: Mapa del barrio Gerona, ubicado en la ladera oriental de la ciudad de Medellín, con los 5 sitios de muestreo. Fuente Google maps.



Mapa 7: Mapa del barrio Granada, ubicado en la ladera occidental de la ciudad de Medellín, con los 5 sitios de muestreo. Fuente Google maps.



Mapa 8: Mapa del barrio Manila, ubicado en la ladera oriental de la ciudad de Medellín, con los 5 sitios de muestreo. Fuente Google maps.



Mapa 9: Mapa del barrio Manrique, ubicado en la ladera oriental de la ciudad de Medellín, con los 5 sitios de muestreo. Fuente Google maps.



Mapa 10: Mapa del barrio Miraflores, ubicado en la ladera oriental de la ciudad de Medellín, con los 5 sitios de muestreo. Fuente Google maps.



Mapa 11: Mapa del barrio El Poblado, ubicado en la ladera oriental de la ciudad de Medellín, con los 5 sitios de muestreo. Fuente Google maps.



Mapa 12: Mapa del barrio Robledo, ubicado en la ladera occidental de la ciudad de Medellín, con los 5 sitios de muestreo. Fuente Google maps.



Mapa 13: Mapa del barrio San Javier, ubicado en la ladera occidental de la ciudad de Medellín, con los 5 sitios de muestreo. Fuente Google maps.



Mapa 14: Mapa del barrio Tejelo, ubicado en la ladera occidental de la ciudad de Medellín, con los 5 sitios de muestreo. Fuente Google maps.



Mapa 15: Mapa del barrio Velódromo, ubicado en la ladera occidental de la ciudad de Medellín, con los 5 sitios de muestreo. Fuente Google maps.



Mapa 16: Mapa del barrio Villaflora, ubicado en la ladera occidental de la ciudad de Medellín, con los 5 sitios de muestreo. Fuente Google maps.