



INSTITUTO MEDICINA TROPICAL PEDRO KOURI



**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO DE MASTER EN ENTOMOLOGIA MÉDICA Y CONTROL DE
VECTORES**

**Título: Evaluación de la trampa BG-Sentinel como herramienta de vigilancia de *Aedes
aegypti* y otros culícidos en Varadero, Cuba 2020-2021**

Autor : Lic. Alexis Brito Calderín

2023



INSTITUTO MEDICINA TROPICAL PEDRO KOURI

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO DE MASTER EN ENTOMOLOGIA MÉDICA Y CONTROL DE
VECTORES**

Título: Evaluación de la trampa BG-Sentinel como herramienta de vigilancia de *Aedes aegypti* y otros culícidos en Varadero, Cuba 2020-2021

Autor : Lic. Alexis Brito Calderin

Tutor : Ing. Maureen Leyva Dr.C

Lic. Domingo Montada Dorta MSc.

Asesor:

Lic. Julio Luis Duquesne, MSc

2023

Dedicatoria

A mi mamá que ha sido y es todo para mí, que me enseñó los valores más importantes que una persona debe tener para enfrentar la vida.

A mis dos nietos Sihan Brito Fernández y Sunheri Brito Fernández

A mi hijo Eliasmany Brito Miranda que para él que siempre he tratado de ser un ejemplo demostrándole que con sacrificio y trabajo las cosas se pueden lograr.

Agradecimientos

A mis dos tutores el MSc. Domingo Montada y la DrC Maureen Leyva quienes siempre mostraron su disposición de ofrecernos ayuda, logrando asesorarme positivamente para la terminación de la maestría y por la confianza que siempre deposito en mí

A todos los profesores del IPK en especial a María Carmen Marquetti, Zulema Méndez, Jorgito, Aileen, Ariamys, Gato, Yisel.

A todos los trabajadores de control del mosquito de Varadero por el apoyo en la realización de los muestreos.

A mis dos compañeros de estudio a los Licenciados Jose David Valdés y Kenia del Rosario Casanova por cuanto sin su ayuda no me hubiese sido posible la terminación de la maestría

A las biólogas Isabel, del centro provincial de vectores de Matanzas y Yeni del laboratorio de entomología del municipio de Cárdenas.

A los trabajadores del Instituto de Meteorología de Cárdenas por haberme facilitado los datos meteorológicos.

Agradezco de manera especial al profesor Sixto Estevez el que me motivo para realizar esta maestría.

A todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron y/o facilitaron la realización de este trabajo

Muchas gracias a todos

Indice

1.Introducción	1
2. Revisión Bibliográfica	5
2.1 Bioecología de algunas especies de mosquitos de importancia médica	5
2.2 Papel vector de algunas especies de mosquitos.....	8
2.3 Vigilancia entomológica de <i>Aedes aegypti</i> y otros culícidos.....	10
2.3.1.Vigilancia de adultos	11
2.3.2. Tipos de trampas más utilizadas para la vigilancia de mosquitos adultos.....	16
2.3.2.1.Trampa de Luz CDC	16
2.3.2.2.Trampas para mosquitos vectores de encefalitis	17
2.3.2.3.Variantes de trampas BG (BioGents Corporation, Regensbourg, Alemania).....	17
2.3.2.4. BG-Sentinel.....	19
2.4. Relación entre la presencia de vectores con la época del año y las variables meteorológicas.	22
3. Materiales y Métodos	25
3.1. Especies de culícidos presentes en la localidad de Varadero del área de Salud Ramón Martínez y su abundancia relativa	27
3.2. Relación entre la abundancia de las especies capturadas por las trampas BG-Sentinel con la época del año y las variables meteorológicas del periodo estudiado.	28
3.3. Edad fisiológica.....	28
3.4. Análisis estadístico	28
4. Resultados	29
4.1 Especies de culícidos presentes en la localidad de Varadero del área de Salud Ramón Martínez y su abundancia relativa	29
4.2. Relación entre la abundancia de las especies capturadas por las trampas BG-Sentinel con la época del año y las variables meteorológicas del periodo estudiado	34
4.3 Edad fisiológica.....	40
5. Discusión	41
5.1. Especies de culícidos presentes en la localidad de Varadero del área de Salud Ramón Martínez y su abundancia relativa	41
5.2 Relación entre la abundancia de las especies capturadas por las trampas BG-Sentinel con la época del año y las variables meteorológicas del periodo estudiado.	44
5.3 Edad fisiológica.....	49
6. Conclusiones.....	51
7.Recomendaciones	52

8.Referencias bibliográficas	53
ANEXOS	

RESUMEN

En Cárdenas, Matanzas, al igual que en toda Cuba, la vigilancia entomológica de culícidos se basa en la determinación de índices larvarios (Índice Casa, Índice Breteau, Índice recipiente), no así en adultos. En nuestro contexto, la trampa BG Sentinel puede constituir una herramienta de monitoreo pasivo y fácil de usar e incorporarse al sistema de vigilancia cubano de mosquitos adultos para de esta forma detectar la presencia de *Aedes aegypti* y otros culícidos de importancia médica. En el siguiente trabajo se realizó un estudio transversal descriptivo durante el periodo 2020-2021 donde se evaluó la capacidad de las trampas BG-Sentinel en el muestreo de mosquitos adultos. Se seleccionaron las manzanas donde se encontraban ubicados centros priorizados con riesgos para la proliferación de vectores y la transmisión de arbovirosis. Se colocaron 10 trampas BG-Sentinel a una distancia de 300 metros una de otra para de esta forma cubrir la mayor parte del área urbana de la localidad. Se revisaron tres veces en la semana durante 2 años. Los especímenes colectados se trasladaron al laboratorio para ser identificados según claves taxonómicas. Al 100 % de hembras de *Aedes aegypti* capturadas se les realizó la prueba de Detinova para conocer la edad fisiológica. En el año 2020 se capturaron las especies; *Aedes aegypti*, *Anopheles albimanus*, *Culex quinquefasciatus*, *Culex nigripalpus*, *Ochlerotatus taeniorhynchus*, *Ochlerotatus scapularis*. En el año 2021, se triplicó la captura de las mismas especies con respecto al 2020 y se incorporaron *Deinocerites cancer* y *Ochlerotatus sollicitans* a la riqueza de especies. *Aedes aegypti*, *Cx. quinquefasciatus*, *Och. taeniorhynchus* fueron las especies más representativas en ambos años. Los sitios que más aportaron fueron: Hotel Kawama, Hotel Varazul, Hotel Barlovento, la cooperativa pesquera, Clínica internacional. Se evidenció en ambos años que el mayor porcentaje de hembras de *Ae. aegypti* capturadas fueron nulíparas. Por los resultados obtenidos se sugiere Incorporar las trampas BG – Sentinel al Sistema de vigilancia de mosquitos adultos del programa de Control de Vectores en Varadero, Cárdenas.

1.INTRODUCCIÓN

1.Introducción

En las últimas décadas el mundo ha evidenciado la emergencia y reemergencia de enfermedades transmitidas por mosquitos; enfermedades arbovirales como dengue, Zika, chikungunya y virus del Nilo (VWN). Estas son transmitidas por *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762), *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse 1895) (Mayer et al. 2017), *Culex (Culex) quinquefasciatus* (Say, 1823)(CDC. 2018) y *Aedes(Ochlerotatus) taeniorhynchus* (Wiedemann, 1821) respectivamente (CDC. 2017).

El dengue se encuentra dentro de las enfermedades con más alta prevalencia en regiones tropicales, incrementando su incidencia en las regiones templadas del mundo. Cerca de la mitad de la población mundial corre riesgo de contraer esta enfermedad y cada año se producen entre 100 y 400 millones de infecciones en los climas tropicales y subtropicales de todo el planeta, sobre todo en las zonas urbanas y semiurbanas (WHO. 2021). No menor importancia reviste el virus Zika el cual luego de su rápida introducción y propagación en la región de las Américas al igual que el virus del Nilo, presentan baja prevalencia en la región (Lorenz and Chiaravalloti-Neto 2022).

Varios factores contribuyen al riesgo constante de brotes de arbovirosis: la globalización del comercio y los viajes, la urbanización no planificada, el cambio climático, el acceso al agua ,la eliminación de desechos y las limitaciones en cuanto a la efectividad de las estrategias de control de vectores (Paupy et al. 2009). No obstante la detección precoz y el acceso a una atención médica adecuada reducen en gran medida las tasas de mortalidad (WHO. 2021). La prevención y control de estas arbovirosis, ante la ausencia de una vacuna eficaz, se logra a través del control de vectores. Para ello es necesario una estrategia de control de vectores integrada, proactiva, donde se combinen varias herramientas o métodos de control adaptadas al escenario local y a los recursos disponibles de cada lugar (McGregor and Connelly 2021, Roiz et al. 2022).

La vigilancia en general, es un proceso sistémico, ordenado y planificado de observación y medición de ciertas variables definidas, para luego describir, analizar, evaluar e interpretar tales observaciones y mediciones, ya sea de un evento epidemiológico sujeto a vigilancia,

un evento ambiental, condiciones de vida de una población determinada o la de un servicio de salud (DNVLA 2012). La vigilancia vectorial tiene como objetivo conocer la infestación o detectar la presencia de diferentes vectores de importancia médico sanitaria, a través de la recolección sistemática, análisis de tablas, indicadores y evaluación del comportamiento de las variaciones anuales y estacionales de los mismos (DNVLA 2012).

Dentro del Programa de vigilancia entomológica de Cuba, se declara como una de las tareas prioritarias la prevención y la detección oportuna de la presencia de los mosquitos *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* mediante encuestas larvarias en la inspección de viviendas, locales y terrenos baldíos. La vigilancia de estos dos vectores se basa principalmente en la obtención de índices aélicos. Sin embargo, algunos autores plantean, que estos índices guardan poca relación con el número de hembras del mosquito, que son las responsables de la transmisión de los virus (Lega et al. 2017).

El desarrollo de técnicas de muestreo de adultos de este vector facilitan las labores de vigilancia y control (Li et al. 2016, OPS. 2020). Utilizar una herramienta de vigilancia sensible y eficiente para monitorear la composición de especies y la dinámica poblacional de mosquitos locales es el paso más importante en el desarrollo para implementar estrategias apropiadas con vistas al control de poblaciones de vectores (Li et al. 2016).

A diferencia de otras especies de mosquitos, los adultos de *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* y *Cx. quinquefasciatus* no se encuentran fuera de las viviendas o locales. Al ser predominantemente endofílicos, reposan por lo general refugiados dentro de las viviendas. Las encuestas entomológicas se dirigen fundamentalmente a los mosquitos que ya realizaron la ingesta sanguínea y se encuentran realizando el reposo posthematofágico. Debido a esto se revisan los lugares de poca iluminación tales como: ropa colgada, detrás y debajo de los muebles, en las paredes, techos de las viviendas, en el baño, entre otros sitios (DNVLA 2012). Cuba no cuenta con el sistema de vigilancia mediante trampas que capturen adultos. Lo que se encuentra estipulado es la captura de adultos en reposo (DNVLA 2012) cuando las condiciones así los requieran como por ejemplo ; en el control

de la calidad de las fumigaciones como encuesta posterior en búsqueda de individuos muertos.

La vigilancia de mosquitos adultos en décadas anteriores se realizó con trampas New Jersey para el muestreo de mosquitos costeros y las principales especies capturadas eran *Culex* sp y *Och. taeniorhynchus* los cuales constituían las especies prioritarias para el turismo debido a las molestias públicas que provocaban, no así *Ae. aegypti*. Estas trampas presentan el inconveniente de que necesitan una fuente de luz artificial la cual es reemplazable y poco duradera. Por lo que no se cuenta con un antecedente de utilización de trampas para la vigilancia de *Ae. aegypti* en el país.

La trampa BG-Sentinel, a diferencia de las trampas creadas con anterioridad, es más portátil y liviana y permite desplegar y usar suficientes trampas para obtener estimaciones confiables del número de mosquitos adultos por trampa. Dentro de sus bondades se encuentra que pueden capturar hembras de *Ae. aegypti* en varios estadios fisiológicos, sin alimentar y recién alimentadas además de machos (Cansado-Utrilla et al. 2020), aspectos que pueden emplearse en estudios para determinar las fuentes de ingesta de hembras y presencia de virus (Ortega-López et al. 2020). Esta trampa se puede utilizar con o sin dióxido de carbono, y con la imitación de aroma humano patentada por Biogents para mosquitos antropofílicos (Kröckel et al. 2006). También se puede utilizar con un kit para agregar luz UV para otras especies que se sienten atraídas por este tipo de luz. Utiliza una fuente de energía de 12 V. Existen varios estudios sobre la dinámica poblacional de mosquitos donde se utilizan estas trampas exitosamente (Lacroix et al. 2009, Wilke et al. 2019).

En Cárdenas Matanzas, al igual que en toda Cuba, la vigilancia se basa en la determinación de índices larvarios los cuales se encuentran fundamentados en la positividad de los recipientes (Índice Casa, Índice Breteau, Índice recipiente)(DNVLA 2012), no así en adultos. Los antecedentes planteados sobre las trampas BG Sentinel sobre su efectividad para capturar *Ae. aegypti* al igual que *Ae. albopictus* (Meeraus et al. 2008b, Bhalala and Arias 2009, Farajollahi et al. 2009) en todos los estados fisiológicos(Maciél-de-Freitas et al.

2006) podría proporcionarnos, una herramienta de monitoreo pasivo y fácil de usar (Li et al. 2016, Wipf et al. 2019, Cansado-Utrilla et al. 2020). Si esta aseveración resultara positiva en nuestras condiciones, las trampas BG-Sentinel pueden incorporarse al sistema de vigilancia cubano de mosquitos adultos para de esta forma detectar la presencia de *Ae.aegypti* y otros culícidos de importancia médica.

Hipótesis:

Las trampas BG-Sentinel constituyen una herramienta a implementar dentro del sistema de vigilancia de *Aedes aegypti* y otros culícidos en Cuba.

Para dar respuesta a esta hipótesis nos trazamos el siguiente objetivo.

Objetivo general

Evaluar la eficacia de las trampas BG-Sentinel en la captura de *Aedes aegypti* y otros culícidos para su posible utilización como sistema de vigilancia dentro del Programa Nacional de Control de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en el área de salud Ramón Martínez.

Objetivos Específicos.

- 1.- Determinar especies de culícidos y su abundancia relativa en la localidad de Varadero del área de Salud Ramón Martínez
- 2.- Relacionar la abundancia de las especies capturadas por las trampas BG-Sentinel con la época del año y las variables meteorológicas del periodo estudiado
- 3.- Comprobar el estado fisiológico de las hembras de *Aedes aegypti* capturadas por las trampas BG-Sentinel

2.Revisión Bibliográfica

2. Revisión Bibliográfica

2.1 Bioecología de algunas especies de mosquitos de importancia médica

Aedes aegypti es un mosquito cuyo origen se ubica en la región etíope. Su presencia es detectada en la mayor parte de las áreas tropicales o subtropicales (Juliano and Lounibos 2005). Trabajos taxonómicos realizados con anterioridad ubican a esta especie en el género *Stegomyia* por lo que actualmente se conoce como *Stegomyia (Stegomyia) aegypti* (Reineri et al. 2004). En Cuba, al igual que en el resto del planeta se le continúa nombrando *Aedes aegypti* debido a que la nueva nomenclatura no se ha generalizado entre el personal implicado dentro de los programas de manejo y control de esta especie, por lo que se continúa utilizando la nomenclatura anterior.

La diseminación de sus adultos, huevos, larvas o pupas en gran parte es favorecido por medios de transporte (barcos, aviones y transportes terrestres) utilizados por el hombre (Zúñiga-Carrasco and Miliar de Jesús 2019). Sus hábitos son netamente antropófilos y domésticos (Harrington et al. 2001), con establecimiento de sus sitios de cría en la vivienda o su peridomicilio (Consoli and Oliveira 1994, Braks et al. 2004). La puesta de huevos ocurre en la superficie de los recipientes entre la altura de la interfase agua-aire, y para esto utiliza todo tipo de depósitos que el hombre le proporciona ya sea para almacenar agua o por descuido; neumáticos, baterías viejas, botellas, floreros, frascos entre otros, ubicándose sus criaderos en agua limpia con bajo contenido orgánico y de sales disueltas (Carrada et al. 1984, Marquetti et al. 2009, Marquetti et al. 2012).

En el caso de *Ae. albopictus* de igual forma esta especie se ubicó en el género *Stegomyia* (Reineri et al. 2004) y se le conoce actualmente como *Stegomyia (Stegomyia) albopicta* Skuse (1894). Al igual que *Ae. aegypti* se continúa utilizando la nomenclatura anterior. *Aedes albopictus* experimenta una fuerte plasticidad ecológica, lo que permite su rápida adaptación a una amplia gama de hábitats. Los estudios en África central muestran que sus sitios de reproducción larval son diversos, que van desde sitios naturales (agujeros de árboles, conchas de caracoles, agujeros de roca, cáscaras de cacao y coco y axilas de hojas) hasta contenedores artificiales (contenedores de almacenamiento de agua,

neumáticos usados, latas, restos de automóviles, macetas)(Ngoagouni et al. 2015). Esta especie posee la habilidad para colonizar nuevos ambientes y muestra una alta adaptabilidad a recipientes que le sirven como sitios de cría en hábitats domésticos y peri domésticos, por lo que comparte estos recursos con *Ae. aegypti* (Pérez-Castillo et al. 2014, Marquetti et al. 2023)

Culex quinquefasciatus es una especie cosmopolita y ampliamente distribuida en regiones tropicales y subtropicales. Los adultos son de hábitos nocturnos y endofílicos. En general, prefieren picar al hombre, aunque también se alimentan de aves. Las hembras grávidas depositan los huevos por encima de la superficie del agua; preferiblemente en agua estancada, aunque también suelen colonizar otros tipos de recipientes (CDC 2022). En Cuba este mosquito se asoció con los fenómenos de sustitución del hábitat en aquellos lugares donde se ha documentado una disminución o erradicación de *Ae. aegypti* luego de una campaña de intervención (Bisset et al. 1985). Estudios realizados mostraron que *Cx. quinquefasciatus* fue la segunda especie en orden de frecuencia y diversidad en los contenedores artificiales (Calderón et al. 2004).

Ochlerotatus taeniorhynchus se distribuye ampliamente en América del Norte y del Sur. Inicialmente la especie residía en regiones costeras y luego se trasladó gradualmente hacia el resto del continente americano. El transporte con ayuda humana contribuyó a la migración entre islas (Bataille et al. 2011). Es una especie de zona costera, adaptada a hábitats de aguas salobres. Reside en hábitats con una fuente de agua temporal, lo que hace que los manglares y las marismas saladas u otras áreas con suelo húmedo sean lugares propicios para la puesta de huevos y el crecimiento inmaduro. En el caso de condiciones ambientales de sequedad y bajas temperaturas que son desfavorables para la eclosión de los huevos, los huevos pueden permanecer inactivos durante años. Es abundante y voraz, de hábitos antropófagos diurnos y nocturnos.

Ochlerotatus sollicitans (Walker, 1856) se distribuye en América del Norte en regiones costeras. Pone sus huevos en el sustrato seco de las salinas, depresiones dentro de las marismas que se secan entre períodos de marea alta. Los huevos eclosionan cuando

existen condiciones óptimas. Las hembras de esta especie son agresivas y se alimentan de sangre de muchos tipos de animales, incluidos pájaros, reptiles y mamíferos, especialmente humanos. La característica que hace que esta especie sea especialmente desafiante son sus distancias de vuelo extremadamente largas(O'Meara 1992).

Deinocerites cancer (Theobald, 1901) el rango geográfico incluye Florida, las Bahamas, las Antillas Mayores (excepto Puerto Rico) y las regiones costeras de América Central desde la península de Yucatán en México. Se encuentra comúnmente en las elevaciones superiores de los manglares y de las marismas cubiertas de hierba. Las hembras ponen sus huevos individualmente en un sustrato húmedo justo por encima de la superficie del agua en las madrigueras de los cangrejos terrestres. Los huevos eclosionan unos días después de la oviposición. Después de la eclosión, las larvas de la primera etapa se arrastran hacia el agua, donde el desarrollo continúa a través de un total de cuatro etapas larvales. Las bajas temperaturas, el hacinamiento y los niveles de alimentación subóptimos prolongan la duración de las etapas larvales. En condiciones favorables, suele tardar al menos dos o tres semanas en completar el desarrollo larvario (O'Meara 2000).

Anopheles albimanus (Wiedeman, 1820), tienen hábitos crepusculares y de alimentación endofílicos. Las larvas de esta especie vive en una amplia gama de hábitat de agua dulce permanentes. Viven en sitios que contienen cantidades abundantes de vegetación flotante y emergente, pueden vivir en las algas flotantes y espuma, es común que su hábitat sea en agua turbia de los pantanos. En las zonas urbanas, deposita las larvas en una amplia variedad de recipientes artificiales, pozos, cisternas y fuentes. En Cuba, en estudios realizados en La Habana encontraron que el 92,6 % de los sitios de cría de esta especie eran naturales permanentes y temporales, pero el 7,4 % procedía de depósitos artificiales en viviendas y patios, principalmente en pocetas de cemento con agua en áreas de construcción, latas, pequeños depósitos artificiales, tanques de almacenamiento de agua y tinas (Marquetti et al. 2021).

Culex nigripalpus (Theobald, 1901), tienen hábitos crepusculares vespertinos y buscan durante la noche sitios de oviposición. Oviposita prácticamente todos los tipos de hábitat

acuático, pero prefieren poner huevos en zanjas al borde de la carretera recién inundadas y surcos agrícolas, hábitats que se inundan con poca frecuencia y, una vez inundados, permanecen húmedos durante 10 a 14 días antes de secarse por completo. Las balsas contienen de 90 a 210 huevos y eclosionan de 24 a 36 horas después de la puesta. El tiempo de desarrollo de las larvas depende de la temperatura y es más rápido a mediados del verano. Se alimentan de mamíferos como caballos, vacas, perros, conejos, aves en reposo y humanos (Day and Curtis 1993).

2.2 Papel vector de algunas especies de mosquitos

Aedes aegypti fue introducido en América durante la colonización europea, motivando reiteradas epidemias de fiebre amarilla urbana, que ya se registraban previamente, de forma focal, en la América precolombina mediante otros mosquitos vectores autóctonos y en diversas áreas del continente (OPS 1995). Su mayor importancia epidemiológica se encuentra ligada a su papel como transmisor de fiebre amarilla, dengue, chikungunya y Zika (PAHO 2016). La constante dispersión y reinfestación de diversas áreas de las Américas con *Ae. aegypti* originó la reemergencia global del dengue como un importante problema de salud, en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú, Venezuela, México, toda Centroamérica, Antillas y Estados Unidos, entre otros países provocando en el año 2019, 3.139.335 casos y 1.538 muertes (WHO 2020b). La fiebre amarilla urbana no se registraba en América desde la década del treinta del siglo pasado, entre enero de 2017 y noviembre de 2018, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa y Perú informaron casos de esta enfermedad (OPS 2018).

Zika, representó otro virus con la más rápida introducción y propagación en la región de las Américas. En Cuba el primer caso confirmado de transmisión local de este virus ocurrió en la semana epidemiológica 11 de 2016. La Oficina Cubana para el Registro Sanitario Internacional (RSI) informó a la Organización Panamericana de la Salud (OPS) de 21 casos de esta enfermedad importados en ese mismo año (PAHO 2016), para el año 2017, este virus se propagó a varios municipios del país (PAHO 2017).

Aedes albopictus es el responsable y casi exclusivamente el vector de las grandes y explosivas epidemias de dengue en zonas periurbanas de la región asiática seguido de *Ae. aegypti*, (Little et al. 2021). Esta especie de mosquito es capaz de transmitir al menos 22 arbovirus, incluidos el dengue, la fiebre amarilla, el chikungunya, la fiebre del Valle del Rift, la encefalitis japonesa, el virus del Nilo Occidental y el virus Sindbis (Little et al. 2021). Algunos estudios demuestran que *Ae. albopictus* también tiene la capacidad de transmitir en condiciones de laboratorio otros arbovirus, como el virus del Rio Ross, la encefalitis equina occidental, Oropouche, Jamestown Canyon, San Angelo y el virus Trivittatus (Lwande et al. 2020). Su comportamiento se vincula al hombre en la medida que se estrecha más el contacto entre ambos. Su acelerada tasa de preferencia por la alimentación antropofágica y algunos rasgos de su conducta, se identifican como potenciadores de la transmisión de los arbovirus (Medlock et al. 2015, Xia et al. 2018).

Culex quinquefasciatus es el principal vector de las encefalitis equina del este, del oeste y equina venezolana (Mesa et al. 2005). El virus del Nilo occidental, también es transmitido por mosquitos pertenecientes al complejo *Culex* (Dohm et al. 2002). Estos contraen la infección al picar aves infectadas con este virus, transmitiéndolo de la misma forma a personas u otros animales como los equinos (Huhn et al. 2003). Este virus circuló en Túnez e Israel y fue importado a Nueva York donde produjo un brote epidémico que se propagó por todo el territorio de los Estados Unidos. La epidemia en ese país (1999-2010) puso de manifiesto que los sitios donde se producen los brotes se encuentran a lo largo de las principales rutas de las aves migratorias (OMS. 2011). En Cuba el primer caso en humano y equinos de este virus, se documentó en el año 2005. Estudios posteriores evidenciaron la presencia del virus en el 20,4% de las aves estudiadas (Pupo-Antúnez et al. 2018). *Culex quinquefasciatus* se encuentra implicado también en la transmisión de las filarias *Wuchereria bancrofti* (Cobbald) y *Dirofilaria immitis* (Leydis) (Ludlam et al. 1970, Brito et al. 1999) parasitosis responsables de la filariasis en humanos y caninos respectivamente.

Otras especies no menos importantes lo constituyen: *Ochlerotatus taeniorhynchus*, es portador del virus del Nilo Occidental, Virus de la encefalomiелitis equina venezolana (Turell et al. 1992), fiebre amarilla (Davis et al. 1931), fiebre del Valle del Rift (Turell et al.

1985), además de transmitir *Dirofilaria immitis* (Bradley et al. 1984). *Ochlerotatus scapularis* (Rondani, 1848) puede transmitir Encefalitis equina venezolana, encefalitis equina del oeste y encefalitis San Luis. De manera experimental se demostró, que después de una infección parenteral con el virus Mayaro, pudo transmitirlo de manera efectiva (Muñoz and Navarro 2012) (CDC 2009).

2.3 Vigilancia entomológica de *Aedes aegypti* y otros culícidos

La gran diversidad y complejidad de los factores biológicos, sociales y ambientales que inciden en la transmisión de patógenos por insectos vectores, demandan que el diseño y la aplicación de los programas de control de vectores y sus sistemas de vigilancia entomológicos sean, ante todo, flexibles y adaptados a las circunstancias locales en términos de recursos y capacidades. La vigilancia entomológica es el muestreo entomológico sistemático para identificar las especies de insectos vectores, su densidad en un lugar y un tiempo determinados. Dentro de sus peculiaridades, además de monitorear las poblaciones, debe identificar cuáles son las fases o estadios más vulnerables, señalar los sitios de cría más productivos, definir los umbrales de densidad y riesgo, así como proponer los indicadores que nos permitan evaluar el impacto de cada una de las intervenciones de control de forma aislada y en su conjunto (OPS. 2020).

Las acciones preventivas constituyen la premisa fundamental del Programa de Control de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*. Con la identificación y manejo de los riesgos se evitan los criaderos de mosquitos, previniendo así la transmisión local del dengue y otras enfermedades transmitidas por vectores. Estas acciones deberán realizarse por el operario especializado en la inspección de la vivienda y centros priorizados (DNVLA 2012) y deberán realizarse de forma sistemática, o sea, cada vez que se visite la manzana y la vivienda. Se comprobará, que los riesgos identificados son eliminados o controlados. Así el operario y su jefe de brigada conocerán al finalizar cada ciclo de trabajo, cuantos riesgos existen en su área de trabajo.

Zona de riesgos o peligro: Instalación donde es posible la introducir el vector o el virus a partir de enfermos, generalmente por el movimiento de personas y transporte de carga y

pasajeros. Se les denomina zonas al incluir el perímetro de un radio de hasta 100 metros. Ejemplos de ello son: Almacenes de mercancías, grandes fábricas, terminales y parqueos de transporte de cargas, estaciones de ferrocarriles y ómnibus intermunicipales o provinciales, bases de Taxis, Instalaciones turísticas, cementerios, puertos, aeropuertos y marinas, mataderos de aves y otros animales, patios de chatarras o materia prima.

Manzanas de riesgo: Aquellas manzanas con presencia de riesgos importantes para la proliferación del vector y/o con antecedentes entomológicos de focalidad repetida, y por lo tanto con mayor vulnerabilidad para la aparición de brotes epidémicos de enfermedades transmitidas por vectores. En ambos lugares se debe realizar:

1. Inspección completa de la zona donde se caracterizarán todos los riesgos presentes para la proliferación de los vectores, evaluando posteriormente con el equipo técnico las medidas preventivas y correctivas a desarrollar para ir eliminando o controlando estos riesgos.
2. Se instalará la cantidad necesaria de dispositivos larvitampas, teniendo en cuenta los criterios técnicos establecidos y se revisarán semanalmente (cada 7 días).
3. Se establecerán y realizarán las encuestas de mosquitos (larvianas y adultos), así como, otras (moscas, cucarachas y roedores) según las indicaciones nacionales para centros priorizados, instalaciones de control de sanitario internacional y polos turísticos.

2.3.1. Vigilancia de adultos

El muestreo de vectores adultos proporciona datos valiosos para conocer el riesgo de transmisión existente en una zona y en un momento determinado, además de facilitar la evaluación de las medidas de control, particularmente al uso de adulticidas. Las capturas de adultos permiten estimar densidad, comportamiento y estructura de la población muestreada; evaluar la tasa de sobrevivencia, longevidad y la tasa de paridad por los métodos de Detinova y Polovodova y facilitar también la vigilancia entomoviológica mediante la tasa de infección (WHO 2018, OPS. 2020).

Al capturar adultos podemos calcular el Índice de paridad: este índice refleja el estado fisiológico de las hembras en cuanto al número de oviposturas (núlíparas o múltíparas). (Detinova et al. 1962) aplicando ese criterio, verificó que los cambios más sensibles ocurrían durante los tres primeros ciclos gonadotróficos, indicando como hembras oníparas aquellas hembras que completaron al menos un ciclo gonadotrófico. Después de la alimentación sanguínea, con el desarrollo de los huevos, el aumento de los ovarios y primera oviposición ocurren alteraciones irreversibles en el sistema traqueal. Al aumentar los folículos gradualmente de tamaño, los filamentos terminales deben respectivamente, aumentar en largo, consiguiendo deshacer las madejas. De esta manera, al darse la primera ovogénesis, los nódulos quedan completamente distendidos formándose una red de finas tráqueas y traqueolas que no vuelven jamás a su aspecto anterior.

Por tanto el método de Detinova, es un indicador de la edad de la población ya que las hembras más viejas tienen tasas de paridad más altas. Esto permite estimar el riesgo de transmisión, teniendo en cuenta que es, en las poblaciones más viejas, en lugar de las jóvenes donde se encuentra el mayor peligro de completar el ciclo extrínseco de al menos el virus del Dengue. Dependiendo del estado de la digestión de la sangre y del desarrollo de los huevos (i.e., el estado gonadotrófico), el abdomen del mosquito asumirá cierta coloración y forma lo cual también funciona como indicador de riesgo al identificar a las poblaciones de acuerdo a su grado de alimentación (sin alimentar, alimentadas recientemente, parcialmente grávida, y grávida)(OPS. 2020).

Existen varios métodos para la colecta de mosquitos adultos:

Método de marcación, liberación y recaptura de mosquitos adultos: Este método tiene como objetivo principal estimar el número total de mosquitos adultos, las tasas de supervivencia diaria y el rango de vuelo (dispersión). El método consiste en marcar y liberar un lote de mosquitos adultos para luego recapturarlos y determinar qué porcentaje de los individuos capturados tiene la marca. Este método no se utiliza con frecuencia ya que una de sus limitaciones es el riesgo de liberar hembras que pueden participar en la transmisión local de virus (Guerra et al. 2014).

Recolección de mosquitos en reposo con aspiradores: La mayoría de las hembras de *Ae. aegypti* tiende a reposar dentro de las casas, especialmente en recámaras y lugares oscuros y tranquilos como armarios de ropa. Las capturas en reposo se basan en la búsqueda sistemática de adultos dentro de la vivienda usando diversos tipos de aspiradores electromecánicos con la ayuda de una linterna y redes manuales. Si se aspira toda la vivienda, se puede extrapolar el número de mosquitos por casa al total de viviendas en la zona de estudio (hembras, machos o ambos, por habitación y por casa). Debido a la gran variabilidad en el número de mosquitos por habitación o casa, es necesario muestrear muchas viviendas para lograr una estimación confiable. La densidad de adultos de *Ae. aegypti* recolectados por habitación en dos poblados en Puerto Rico osciló entre 1,4 y 34 en uno de los poblados y entre 3,6 y 234 en el otro. En el estudio citado, en el cual solo se aspiraron las habitaciones (en lugar de toda la casa) fue necesario aspirar aproximadamente 200 viviendas (Barrera et al. 2008). Cuando los niveles de infestación son bajos, algunas veces se utiliza el porcentaje de casas positivas para mosquitos adultos (Clark et al. 1994, Vázquez-Prokopec et al. 2009, Hapairai et al. 2014, Barrera et al. 2008).

Cebo humano. Factores que influyen en la atracción de las hembras por hospederos

La captura de hembras de *Ae. aegypti* que intentan picar a una persona inmóvil es una forma sensible de detectar infestaciones, estudiar los hábitos de picadura y los sitios de atracción del huésped. Las tasas de captura se expresan en términos de mosquitos posados por hora y por persona. Estas técnicas no se usan con frecuencia debido a que requieren mucho personal, existe mucha variación en la atracción hacia cada persona y puede existir el riesgo de contraer una infección para quienes participan en la captura. Existe un dispositivo (carpa o tienda) que permite la captura de *Ae. aegypti* mientras se protege a los recolectores de sus picaduras (Casas-Martínez et al. 2013).

Los receptores olfativos de los mosquitos se encuentran adaptados para responder a olores específicos liberado por el hospedero. Las señales olfativas son los estímulos externos más importantes que determinan la preferencia de alimentación de los

mosquitos (Takken and Verhulst 2013). Existen varias sustancias volátiles que median el comportamiento de los mosquitos en la búsqueda de huéspedes. El dióxido de carbono es uno de los más importantes volátiles que señalan la presencia de un huésped. Se utiliza como una señal general ya que es exhalada por todos los vertebrados, causando activación y atracción del mosquito hembra (McMeniman et al. 2014, Cardé 2015). El dióxido de carbono proporciona poca información para mosquitos antropofílicos que necesitan señales más específicas para distinguir entre huéspedes de la misma especie (Takken and Verhulst 2013). Las bacterias que se excretan por la piel emiten señales de olor que guían a los mosquitos hasta su huésped (Takken and Verhulst 2017). Algunos estudios señalan mezclas de sustancias sintéticas que atraen a los mosquitos incluso más que el olor humano (Verhulst et al. 2011, Pombi et al. 2014, van Loon et al. 2015), las que son utilizadas en combinación con las diversas trampas para mosquitos para aumentar la sensibilidad y eficacia de la trampa. La adición de dióxido de carbono como un atrayente suplementario puede en gran medida aumentar tanto el número como el espectro de especies de mosquitos recolectados (Akaratovic et al. 2017)

Captura mediante trampas pasivas y adhesivas: Existen varias trampas que capturan hembras grávidas de *Ae. aegypti* de forma pasiva (sin electricidad), utilizando embudos, pegamento para insectos o insecticidas (Ordóñez-González et al. 2001, Facchinelli et al. 2007, Eiras et al. 2014, Resende et al. 2012). En estas trampas se puede utilizar la infusión de heno como atrayente, en forma parecida a las ovitrampas. La ventaja de estas trampas es que son económicas y se pueden usar varias para obtener muestreos representativos, aunque su número está condicionado por el tamaño de la localidad y la disponibilidad de recursos. Existen variaciones importantes en las tasas de captura de las distintas trampas pasivas que dependen de su tamaño, color, tipo de atrayente, etc. Algunas de estas trampas son más sensibles para detectar la presencia de *Ae. aegypti* que las ovitrampas (Ritchie et al. 2004, Bangs et al. 2007, Mackay et al. 2013a, Barrera et al. 2014). Debido a que estas trampas capturan hembras grávidas, existe mayor posibilidad de detectar arbovirus, ya que para poder desarrollar huevos las hembras deben alimentarse de sangre. Algunos estudios notificaron que un umbral de entre dos y tres hembras grávidas

de *Ae. aegypti* por trampa y por semana previno la transmisión local de chikunguña y Zika (Mavale et al. 2012, Barrera et al. 2019)

Como un aspecto interesante dentro de este acápite es el diseño de una trampa capaz de diseminar productos letales con resultados interesantes como es la In2Care®. Es la primera trampa que utilizó agentes de control biológicos para eliminar mosquitos (Fig. 1). Tiene diseñada una tableta que contiene olores atractivos para los mosquitos en busca de sitios de oviposición. Una vez adentro, el mosquito aterriza sobre el flotador cubierto con una gasa impregnada de agentes biológicos (bacterias y hongo) o regulador del crecimiento (piriproxifen). Aprovechando la capacidad de ovipositar en diferentes sitios de cría, la trampa le permite al mosquito salir y transportar el larvicida a otros lugares. De esta manera, las larvas que emerjan de estos huevos mueren. Los ingredientes bioactivos tienen un periodo corto de semi-desintegración y son clasificados como bajo riesgo para organismos no diana. El potencial de estas fue demostrado en situaciones de campo y semicampo (Autry et al. 2021, Buckner et al. 2021, Khater et al. 2022). En estudios en áreas residenciales se demostró su eficacia al ser suficientemente atractiva para *Ae. aegypti* y *Cx. quinquefasciatus* (Su et al. 2020). En una experiencia llevada a cabo por espacio de 6 meses en un área de estudio, se redujo el número de huevos, larvas y adultos más que en otras áreas que utilizaron estrategias de control integrado (Buckner et al. 2021.) Autry et al. (2021) encontraron reducción de la puesta de huevos pero no de los adultos en el periodo estudiado. De forma similar otras investigaciones mostraron que durante doce semanas no ocurrió reducción ni de huevos , ni de adultos en Big Island Hawai (Brisco et al. 2023)



Figura 1. Trampa In2Care. Fuente www.in2care.org

2.3.2. Tipos de trampas más utilizadas para la vigilancia de mosquitos adultos.

Existen varias trampas electromecánicas para succionar y atrapar mosquitos adultos atraídos por superficies de color oscuro o sustancias químicas (CO₂, ácido láctico, amoníaco o ácido caproico)(Wilton and Kloter 1985, Favaro et al. 2006, Kröckel et al. 2006). Las principales limitaciones de estas trampas son su alto costo, la necesidad de baterías o una conexión a la red eléctrica, su mantenimiento, así como la necesidad de revisión de las mallas de captura cada 24 horas y de trasladar los ejemplares recolectados al laboratorio a baja temperatura para su conteo e identificación. La facilidad de transporte, bajo peso y precisión de algunas de estas trampas son atributos indispensables para obtener estimaciones confiables del número de *Ae. aegypti* adultos en varios estadios fisiológicos, principalmente, de hembras en búsqueda de alimentación o ya alimentadas (Favaro et al. 2006, Ball and Ritchie 2010). Aún no se ha explorado exhaustivamente el umbral de densidad de ejemplares de *Ae. aegypti* capturados necesario para determinar el riesgo de transmisión aunque algunos estudios realizados en Puerto Rico sugieren un umbral de una hembra de *Ae. aegypti* por trampa y día (Barrera et al. 2011, Barrera et al. 2017).

2.3.2.1.Trampa de Luz CDC

La trampa de luz CDC (Fig. 2) se desarrolló a principios de la década de 1960 y es una de las trampas más utilizadas para la vigilancia de muchas especies de mosquitos. La trampa se utiliza colgada de un soporte y tiene un ventilador que extrae aire del medio ambiente hacia una bolsa colectora. El atrayente original consistía en una luz incandescente debajo de la tapa, luego se complementó o incluso se reemplazó con dióxido de carbono proporcionado proveniente de hielo seco o embotellado. Las trampas CDC son las que más emplean comúnmente CO₂, ya que la luz por si sola es un atrayente pobre e inespecífico, pero son las más utilizadas para la vigilancia de las poblaciones de mosquitos. Estudios han demostrado que es eficaz capturando *Culex* sp y *Anopheles* sp pero no *Ae. albopictus* (Liu et al. 2010, 2013)



Figura 2. Trampa de Luz CDC Fuente: <https://entomopraxis.com/tienda/es/trampas-cdc/905-trampa-cdc-para-mosquitos-luz-blanca.html>

2.3.2.2.Trampas para mosquitos vectores de encefalitis

Las trampas de vigilancia de vectores de encefalitis (EVS) utilizan hielo seco (CO_2) como atrayente (Fig. 3). El hielo seco se evapora en forma de gas CO_2 , confundiendo al mosquito haciéndole creer que existe un objetivo que picar. La trampa utiliza un ventilador para aspirarlos hacia la red recolectora. Estas trampas EVS/ CO_2 se utilizan principalmente para determinar si WNV (virus del Nilo Occidental), SLE (encefalitis de St. Louis), WEE (encefalitis equina occidental) ocurre dentro de un área localizada. Las trampas se colocan durante la noche una vez por semana en diferentes lugares cerca de los sitios de cría durante el alza de mosquitos. En estudios realizados por (Lühken et al. 2014) mostraron que esta trampa fue más eficiente que la trampa de luz CDC para individuos del genero *Culex* sp y *Culiseta* sp



Figura 3.Trampa EVS <https://entomopraxis.com/tienda/es>

2.3.2.3.Variantes de trampas BG (BioGents Corporation, Regensbourg, Alemania)

BG light

Esta trampa se desarrolló con vistas a reducir el consumo de electricidad y así prolongar la vida útil de la batería, y mejorar los daños en los especímenes producto del ventilador

(Fig. 4). En estudios realizados en condiciones de terreno y campo se demostró que utilizando los mismos atrayentes (luz incandescente y dióxido de carbono), la trampa BG de luz recolectó más mosquitos, los ejemplares se conservaron en mejores condiciones y el consumo de energía fue un 40 % menor al comparar con la trampa CDC de luz.



Figura 4. Trampas BG light .Fuente (BioGents Corporation, Regensburg, Alemania)

BG-Mosquitaire CO₂

Diseñada para la captura de mosquitos con un balón de CO₂ y un ventilador integrado (Fig. 5). Las corrientes de aire generadas por el ventilador atraen a los mosquitos. El contraste claro y oscuro actúa como una señal visual. El flujo de aire dirigido hacia arriba imita las corrientes de convección del cuerpo humano y dispersa el CO₂ en semejanza al olor emitido por el hombre. El posicionamiento de la trampa para mosquitos es un factor muy importante para asegurar tasas de captura óptimas. La trampa debe colocarse cerca de los sitios de reposo de mosquitos, en lugares sombreados, protegidos del viento y con alta humedad. Es utilizada por la población en jardines para el control ecológico de mosquitos locales (Degener et al. 2021)



Figura 5. BG Mosquitaire fuente (BioGents Corporation, Regensburg, Alemania)

Trampa BG-AGO

La trampa AGO (ovitrapa auticida) es una trampa que elimina adultos hembras que se dirigen a ella a ovipositar, compuesta por una cubeta negra la cual contiene 10 litros de una infusión creada con agua y heno (Fig. 6). El color oscuro del recipiente y el olor de la infusión atrae a las hembras de *Ae. aegypti* que se encuentran buscando un lugar con agua acumulada para poner ovipositar. Las hembras de *Ae. aegypti* se posan para depositar sus huevos y se encuentran con una pantalla cubierta de un adhesivo de polibutileno, superficie pegajosa en la cámara de captura que facilita que queden atrapadas en la misma (Mackay et al. 2013b). También posee una pantalla en la parte inferior de la cámara de captura para evitar que los mosquitos adultos se muevan entre la cámara de captura y el depósito de infusión, evitando que cualquier mosquito que salga de la infusión escape de la trampa y/o que los huevos de las hembras capturadas pueden ser arrastrados por la lluvia al depósito de la infusión y convertirse en mosquitos adultos (Barrera et al. 2017)



Figura 6. Trampa BG-AGO fuente (BioGents Corporation, Regensburg, Alemania)

2.3.2.4. BG-Sentinel

La BG 1 centinela (BGS 1) se introdujo en 2004, se modificó y mejoró a BG 2 (BGS 2) la que se hizo disponible en 2014. Ambos tipos de trampas demostraron en estudios de campo que no existe diferencia en las tasas de captura (Akaratovic et al. 2017, Unlu and Baker 2018, Arimoto et al. 2015). La trampa BG-Sentinel es considerada la trampa "estándar de oro" para la vigilancia de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* (Meeraus et al. 2008a, Farajollahi et al. 2009, Staunton et al. 2020, Williams et al. 2006) (van den Hurk et al. 2012.)

A diferencia de las trampas creadas con anterioridad, son más portátiles y livianas. Se encuentra esencialmente conformada por un cuerpo cilíndrico, un tubo negro, ventilador y bolsas negras de malla. Tiene un diámetro de 36 cm con una longitud de 40cm. En el medio de la trampa se encuentra un tubo oscuro acoplado a un ventilador por el cual succiona hacia dentro los mosquitos que se acercan a la trampa. Este funciona con una batería de 12 voltios. Los mosquitos que penetran no pueden escapar debido a que son atrapados dentro de una bolsita negra de tul. Estas características permiten desplegar y usar suficientes trampas para obtener estimaciones confiables del número de mosquitos adultos por trampa, especialmente *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* y *Aedes polinesiensis* (Maciel-de-Freitas et al. 2006, Bhalala and Arias 2009). Las trampas BG-S pueden usarse con una variedad de atrayentes de mosquitos, ejemplo: CO₂, octanol y BG-lure (Degener et al. 2021). Este último contiene una mezcla de amoníaco, ácido (S)-láctico, y ácido hexanoico. Su efectividad se demostró previamente cuando se utilizó en la trampa BG-Sentinel, para recolectar *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* y otras especies en áreas tropicales y Europa especialmente en combinación con la liberación CO₂ (Lühken et al. 2014). También se puede utilizar con un kit para agregar luz UV para otras especies que se sienten atraídas por la luz ultravioleta. Utiliza una fuente de energía de 12 V lo que lo convierte en una herramienta versátil para la investigación y vigilancia de mosquitos. En este tipo de trampa también se pueden capturar numerosos machos de *Ae. aegypti* y hembras alimentadas que pueden emplearse en estudios para determinar las fuentes de ingesta, dinámica poblacional de *Ae. aegypti* y su relación con el clima (Kröckel et al. 2006)

En resumen, existen desafíos importantes a la hora de estimar las densidades de los diferentes estadios del vector. El primer desafío es medir correctamente las poblaciones del vector y el segundo es que dichas mediciones reflejen de manera precisa el umbral de riesgo entomológico que pueda vincularse al riesgo de transmisión. La trampa BG-Sentinel en la actualidad es una herramienta que proporciona estimaciones adecuadas de la densidad relativa de *Ae. aegypti* cuando se utilizan en un número suficientemente representativo del área de estudio. Aunque no se ha determinado cuál es el umbral de la

densidad de mosquitos *Ae. aegypti* capturados que indica una alerta preventiva sobre el número representativo para indicar transmisión de dengue(Barrera et al. 2019).

Biogents desarrolló recientemente un nuevo sistema modular llamada BG-Pro (BGP)(Fig 7). La trampa está diseñada para colgar, similar al CDC y EVS, o puede colocarse en el suelo como BG-S. La trampa utiliza un flujo de aire bidireccional similar al BG-S, el que es generado por un ventilador de 3 aspas que funciona con una batería de 5 o 6 V la cual es pequeña y liviana. En recientes estudios esta trampa fue más eficiente que las trampas CDC y BG-Sentinel y la BG Mosquitaire (Degener et al. 2021)



Figura 7. BG Pro fuente (Degener et al 2021)

En relación a las ventajas podemos plantear que las BG-S y BG-M requieren 12 V o alimentación proveniente de la red eléctrica, mientras que las trampas EVS y CDC funcionan con baterías de 6 voltios. Esto significa que para su uso en áreas remotas, donde no se puede acceder a la red eléctrica, es necesario para operar la BG-S o BG-M llevar consigo una batería de 12 V, la cual es pesada. En comparación con las trampas CDC y EVS, las BG-Sentinel es más voluminosa, pero se puede colocar en una variedad de ubicaciones, no obstante en estudios realizados comparando la efectividad de las BG-Sentinel y las trampas de luz CDC comparando la abundancia relativa y la riqueza de especies de mosquitos en áreas rurales y naturales de Miami-Dade indican que ambas trampas funcionaron por igual, arrojando resultados similares en todos los análisis. Por lo

tanto, rechazaron la hipótesis de que las trampas de luz BG-S y CDC serían más atractivas para especies específicas de mosquitos presentes en áreas rurales y naturales. Aunque las trampas BG-S tuvieron un desempeño ligeramente mejor, la diferencia no fue estadísticamente significativa, lo que indica que ambas trampas son adecuadas para ser utilizadas en la vigilancia de mosquitos en áreas rurales y naturales (Wilke et al. 2022). Una gran diferencia entre la BG-S y la BG-M en relación con los otros 2 tipos de trampas son el mecanismo de flujo de aire. Las trampas ESV y las trampas CDC utilizan un mecanismo de tiro descendente donde el ventilador ubicado en la parte superior de la trampa extrae aire, CO₂ y mosquitos hacia la parte posterior de la trampa. El aire y CO₂ luego salen del dispositivo en el extremo opuesto mientras se retienen los mosquitos. Las trampas BG-S y BG-M usan un flujo de aire bidireccional donde el ventilador crea un flujo de aire hacia abajo a través del embudo de succión en el centro de la trampa. El flujo de aire cambia la dirección dentro del cuerpo de la trampa y es liberado a través de la superficie superior que rodea el embudo de succión. En consecuencia, cuando el CO₂ o el atrayente se utilizan como señuelos, se atraen a través de la trampa y liberado alrededor del embudo de succión, para atraer mosquitos a la trampa (Degener et al. 2021).

2.4. Relación entre la presencia de vectores con la época del año y las variables meteorológicas.

El conocimiento de la distribución, biología y ecología de los vectores es uno de los pilares principales para la prevención y control de posibles sucesos de emergencia o reemergencia de enfermedades vinculadas a estos insectos. Hoop and Foley (2001), Hales et al. (2002), López-Vélez and Molina (2005) enfatizaron la influencia de los cambios climáticos sobre los vectores de dengue y la distribución de la enfermedad.

La temperatura y las precipitaciones se destacan como los factores de mayor implicación sobre la biología de los mosquitos. La temperatura influye en el ciclo de vida incluyendo tasa de crecimiento, la supervivencia de las larvas, huevos y la duración del ciclo reproductivo. Se ha observado que una tasa de supervivencia de 88-93% de mosquitos se encuentra entre 20-30 °C (Tun-Lin et al. 2000). Estudios muestran principalmente que la temperatura, las precipitaciones y la humedad se encuentran directamente asociadas con

la transmisión de dengue (Chen and Hsieh 2012, Hu et al. 2012, Karim et al. 2012). Algunos trabajos en países asiáticos prevén que el dengue se incrementará más de 40 veces en el año 2100 con relación al año 2010, cuando la temperatura ambiente aumente 3.3 °C.

Gonçalves and Macário (2004) coinciden en señalar que el incremento de las poblaciones de *Ae. aegypti* se encuentra estrechamente vinculado a la estación de las lluvias. Las precipitaciones influyen en la densidad de los mosquitos. En este sentido, las poblaciones se incrementan durante la época de lluvias como consecuencia de la disponibilidad de un número mayor de criaderos. Sin embargo, las lluvias fuertes o en exceso provocan el arrastre de los criaderos, lo que puede disminuir la multiplicación de los mosquitos. En los períodos de sequías, es común que las familias almacenen agua en recipientes los que pueden encontrarse mal tapados, creando un ambiente favorable para la reproducción y proliferación del mosquito. Este escenario se complica cuando al llover el agua se acumula en estos recipientes que son colonizados por los vectores y de esta forma aumenta rápidamente la población de los insectos (Arbo et al. 2022). En estudio retrospectivo en Paraguay en el periodo de 2012-2014, mostró el mayor número de casos en el año 2013 no coincidió con los meses más lluviosos. La temperatura en ese periodo osciló entre 20-25 °C (Arbo et al. 2022)

Marquetti et al. (1995) en Ciudad de La Habana, señaló que la incidencia del dengue hemorrágico se incrementó en la estación lluviosa pero no encontró un patrón estacional de abundancia para los índices larvales ni diferencias significativas de las estaciones de lluvia y seca. En Cuba, las epidemias de dengue reportadas en 1977 y 1981 ocurrieron durante la época de lluvia, sin embargo, en los brotes de 1997 y de 2001-2002 los casos de dengue aparecieron durante los meses de seca. En estudio realizado por (Cruz -Pineda et al. 2010) en la provincia Sancti Spíritus se encontraron los mayores números de focos de *Ae. aegypti* en el año 2001 sin embargo este no fue el año de mayores precipitaciones. En el año 2002 fue el de mayores precipitaciones y se encontró el menor número de focos. El autor plantea que independientemente de que los sitios de cría y el número de depósitos positivos, así como la emergencia de adultos, coinciden con incremento de las

precipitaciones y de la temperatura, la transmisión no depende solo de estos, sino de una combinación lluvia-temperatura-ambiente, acción del hombre y presencia del agente etiológico.

Tampoco se debe obviar los fenómenos de invasión biológica por parte de especies alóctonas, que pueden verse favorecidos por la actividad humana o factores climatológicos y que continúan siendo una puerta de entrada posible para nuevos vectores y patógenos (Bueno 2009). En nuestro país se introdujo hace pocos años *Culex interrogator* (Dyar & Knab, 1906)(Pérez et al 2018) y *Aedes vittatus* (Bigot,1861)(Pérez et al 2020) en la provincia de Santiago de Cuba. Los autores plantean que *Aedes vittatus* en estudios sobre su abundancia estacional y actividad de picada realizados en África demostraron mayor abundancia entre Junio-Octubre (Service, 1974). Esto puede relacionarse con que sus huevos pueden resistir la desecación y las fuertes corrientes de agua, aunque también se ha encontrado en neumáticos usados de carros, huecos de árboles, en depósitos desechados en los patios y fosas, por lo que su presencia puede que no se encuentre relacionado con las precipitaciones (Service,1974)

Se han utilizado modelos con la finalidad de identificar el conjunto de factores ambientales que explican la distribución actual de los vectores. Estos modelos suponen las condiciones climáticas que brindan todo el hábitat adecuado en donde los vectores pueden desarrollarse. Este conjunto de condiciones permite estimar las futuras distribuciones de los vectores o de las enfermedades (Ostfeld & Brunner, 2015; Ludwig et al., 2015).

3. Materiales y Métodos

3. Materiales y Métodos

Tipo de estudio:

Se realizó un estudio transversal descriptivo durante el periodo 2020-2021 donde se evaluó la capacidad de las trampas BG-Sentinel en el muestreo de mosquitos adultos.

Área de estudio

El estudio se realizó en el área de salud Ramón Martínez municipio Cárdenas, provincia Matanzas, la cual se ubica a 36 km de la ciudad de Matanzas. El área limita al norte y oeste con el mar Caribe, al sur con Cárdenas, al este con la cayería Sabana Camagüey tiene una extensión territorial de 31,5 Km², con 421 manzanas y una población de 31 652 habitantes. Esta área de salud, consta de tres Consejos Populares: Varadero Península, Santa Marta y Boca Camarioca los cuales durante el período 2019-2021 informaron altos índices Casa y Breteau. Para el estudio se escogió la zona urbana de Varadero, en la península de Hicacos donde el principal renglón económico lo constituye el desarrollo del turismo y la mayor fuerza laboral se encuentra en función del mismo.

Selección de las manzanas. Se seleccionaron las manzanas donde se encontraban ubicados centros priorizados con riesgos para la proliferación de vectores y la transmisión de arbovirosis. Las trampas se colocaron en dichos centros previa firma del consentimiento informado (Anexo 1) por parte de los administrativos de dichos centros.

Descripción de los centros donde se ubicaron las trampas

- (1) Hotel Kawuama: Ubicado en 23°08'06.1"N 81°17'17.4"W. Instalación turística que se encuentra en la carretera hacia Punta Arena, el mismo presenta una zanja y un sótano con numerosos salideros que se encuentran positivos de forma reiterada.
- (2) Hotel Barlovento : Ubicado en 23°08'09.2"N 81°16'60.0"W. Instalación turística ubicada en la misma entrada de la península presenta numerosos salideros en el área de turbinas encontrándose positiva dicha área.

- (3)Hotel Varazul: Ubicado en 23°08'17.3"N 81°16'50.5"W Instalación turística en planes de una reparación capital con presencia de criaderos en el área de mantenimiento debido a las filtraciones.
- (4)Cooperativa pesquera: zona de riesgo localizada en la costa sur de la península que presenta numerosos depósitos para la recogida de agua y embarcaciones a la intemperie que favorecen la formación de criaderos debido a las precipitaciones.
- (5)Terminal de ómnibus: Ubicado en 23°08'40.8"N 81°15'56.1"W. Zona de tránsito de gran cantidad de personal. Presenta al fondo un terreno de pelota con numerosas áreas inundadas producto de las precipitaciones, con la presencia de una zanja.
- (6)Restaurante El Golfito: Ubicado en 23°08'54.8"N 81°15'47.1". Instalación turística, ubicada en la 1ra avenida con gran afluencia de personal extranjero y nacional, presencia además de zona constructiva con propensión a la formación de criaderos producto de las precipitaciones.
- (7)Centro Comercial Hicacos: Ubicado en 23°09'01.2"N 81°15'37.7"W. Instalación turística ubicada en la 1ra avenida frente al parque de la calle 44 lugar de gran afluencia de personal y vehículos procedentes de otras provincias
- (8)Clínica estomatológica: Ubicado en 23°09'03.1"N 81°15'27.9"W. Es un centro priorizado de salud ubicada en la 1ra avenida cerca de una vivienda abandonada
- (9) Complejo comercial recreativo "Todo por uno". Ubicado en 23°08'58.2"N 81°15'08.0"W con gran afluencia de vehículos procedentes de otras provincias y trasiego de personal extranjero y nacional.
- (10) Clínica internacional: Ubicado en 23°09'19.2"N 81°14'58.3"W. Ubicado cerca del Boulevard de Varadero , centro priorizado de salud lugar donde atienden a extranjeros con diferentes patologías

Las trampas BG-Sentinel se colocaron a razón de 1 por cada centro escogido. Cada lugar seleccionado se encontraba a una distancia de 300 metros y de esta forma se cubrió la mayor parte del área urbana de la localidad. Se ubicaron en lugares a la sombra, bajo techo, cubiertas del sol y cerca de una fuente de corriente eléctrica. Se

revisaron tres veces en la semana durante 2 años en el horario de la mañana sin causar molestias al personal que labora en estos lugares. Los mosquitos colectados fueron trasvasados a recipientes limpios cerrados herméticamente y se colocó nuevamente la bolsa en la trampa.

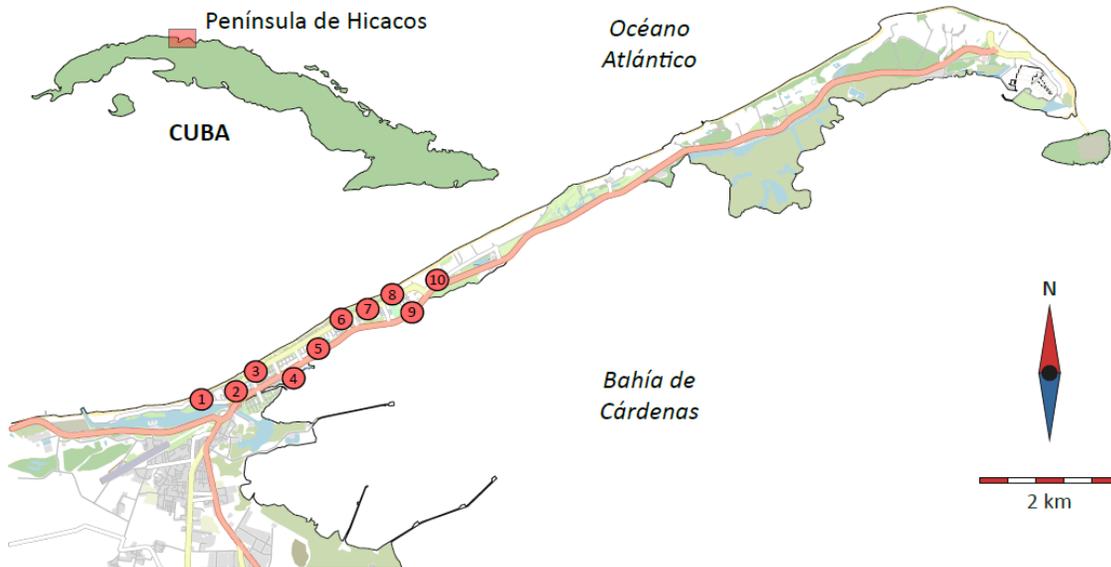


Figura 8.- Ubicación de los centros priorizados donde se ubicaron las trampas BGS :1.- Hotel Kawuama, 2.-Hotel Barlovento, 3.-Hotel Varasul, 4.-Cooperativa pesquera, 5.- Terminal de Ómnibus ,6.-Restaurante El Golfito, 7.-Centro Comercial Hicacos, 8.-Clínica Estomatológica, 9.-Complejo «Todo en Uno», 10.-Clínica Internacional

3.1. Especies de culícidos presentes en la localidad de Varadero del área de Salud Ramón Martínez y su abundancia relativa

Los especímenes colectados se trasladaron al laboratorio, para ser identificados según claves taxonómicas (González 2006), en los recipientes que fueron colocados al ser extraídos de las trampas. Para el procesamiento de los datos, estos fueron tabulados utilizando el software Excel® Version 16. Se registró semanalmente el número de individuos colectados por especies y por trampas. Se calcularon los índices de Shannon y Simpson para medir la diversidad y abundancia de las especies capturadas. Las curvas de

rarefacción se utilizaron para graficar la riqueza de especies observadas (Colwell 2013). Se incluyeron todas las especies por trampas en una sola curva debido a que las muestras se encontraron distribuidas de manera mixta.

3.2. Relación entre la abundancia de las especies capturadas por las trampas BG-Sentinel con la época del año y las variables meteorológicas del periodo estudiado.

Se agruparon los datos de la cantidad de individuos capturados por especie, cada año dividiendo el periodo de captura en estación de poco lluviosa (diciembre -abril) y lluviosa (mayo-noviembre). Estos datos se asociaron con las variables precipitación y temperatura, los que fueron tomados por la estación meteorológica del municipio Cárdenas.

3.3. Edad fisiológica

La edad fisiológica solo se determinó para *Aedes aegypti*, por la importancia epidemiológica de la especie. Al 100 % de hembras de capturadas se les realizó la prueba de Detinova para conocer la edad fisiológica. Los mosquitos se lavaron en alcohol y agua destilada, en ese orden, buscando eliminar la mayor parte de las escamas. Se separó el abdomen, al cual se le realizaron cortes longitudinales, para separar los puntos de fijación al exoesqueleto. Se realizó un corte transversal en el último segmento abdominal y se haló con suavidad y tensión constante para provocar la salida de los ovarios. Todos estos cortes se realizaron con el abdomen en agua destilada en un portaobjeto. Posteriormente se observó al microscopio clínico en el momento, en algunas ocasiones se realizó con tinción de azul de metileno al 0,1 % según lo descrito en el Manual de Operaciones de Lucha Antivectorial (DNVLA 2012).

3.4. Análisis estadístico

El análisis de riqueza y diversidad de especies fue realizado utilizando el software Past 4.12b para datos de abundancia o incidencia proveniente de muestreo por réplicas (Hammer 2001). De la misma forma se realizó el análisis de curvas de rarefacción (Colwell 2013)

4.Resultados

4. Resultados

4.1 Especies de culícidos presentes en la localidad de Varadero del área de Salud Ramón Martínez y su abundancia relativa

En la figura 9 se muestra el total de individuos capturados por meses en el periodo 2020-2021. En el año 2021 se observó un mayor promedio de captura, con relación al 2020, siendo los meses de julio a octubre los de mayor captura.

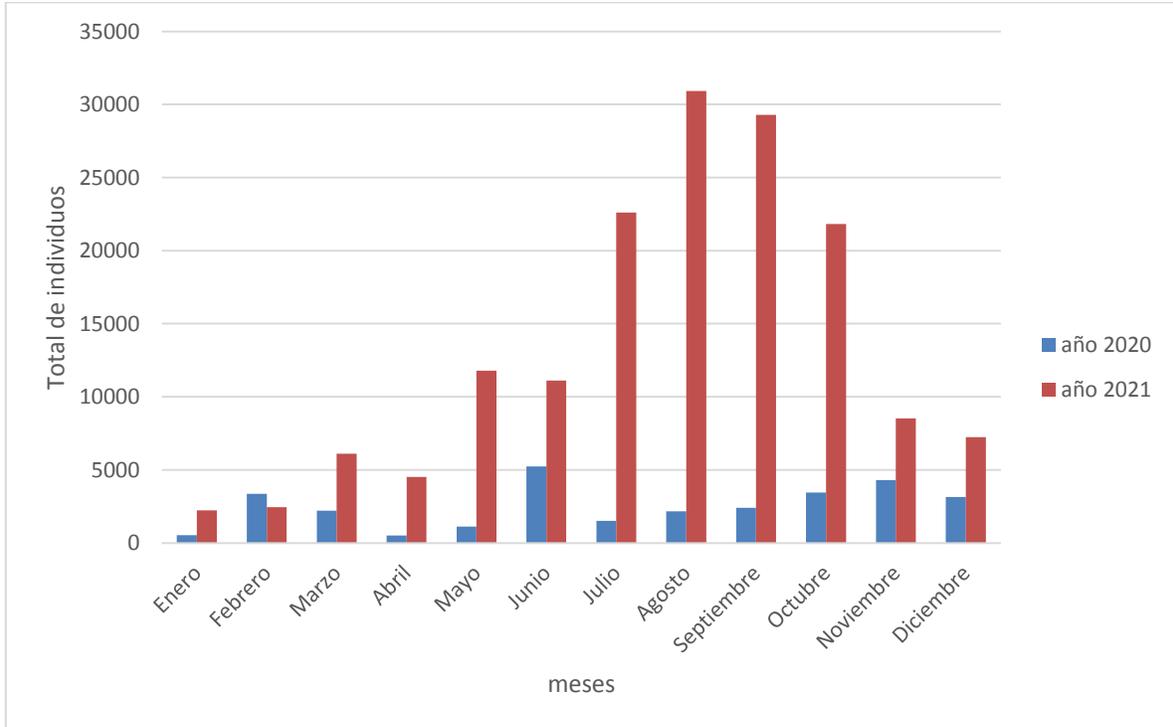


Figura 9. Número de individuos capturados mediante trampas BG-Sentinel en los años 2020-2021

En la tabla 1 se muestra las especies capturadas en ambos años. Se identificaron un total de ocho especies de culícidos, pertenecientes a cinco géneros. En el año 2020 se observó una riqueza de seis especies de mosquitos, y en el año 2021 se incrementó en dos especies. La especie más abundante fue *Cx. quinquefasciatus* seguida de *Ae. aegypti* y *Och. taeniorhynchus*. En el año 2021 se capturaron 2 especies que no se informaron en el año 2020: *De. cancer* y *Och. sollicitans*.

Tabla 1. Riqueza de especie. Número total de individuos capturados por especies mediante trampas BG- Sentinel, años 2020-2021 en el área de salud Ramón Martínez, Cárdenas , Matanzas.

Año 2020	Total	%	Año 2021	Total	%
<i>Aedes aegypti</i>	2927	9.6	<i>Aedes aegypti</i>	9642	6.07
<i>Anopheles albimanus</i>	5	0.016	<i>Anopheles albimanus</i>	5	0.003
<i>Culex quinquefasciatus</i>	26860	89.60	<i>Culex quinquefasciatus</i>	148322	93.52
<i>Culex nigripalpus</i>	7	0.023	<i>Culex nigripalpus</i>	11	0.0069
<i>Ochlerotatus taeniorhynchus</i>	165	0.55	<i>Ochlerotatus taeniorhynchus</i>	608	0.383
<i>Ochlerotatus scapularis</i>	12	0.040	<i>Ochlerotatus scapularis</i>	6	0.003
			<i>Deinocerites cancer</i>	8	0.005
			<i>Ochlerotatus sollicitans</i>	3	0.002
Total	29976			158 605	

En general en nuestro estudio existió un promedio de captura de 3 a 4 especies/trampas. No obstante, existieron sitios de muestreo donde se observó menor diversidad (Fig 10 A). Las curvas de rarefacción tendieron a ser curvas crecientes asintóticas principalmente en el segundo año de estudio, por lo que utilizando este tipo de muestreo es probable que no se encuentren más especies que las capturadas en el estudio. Sin embargo los sitios como la Terminal de Ómnibus, la Clínica Estomatológica, el Complejo «Todo en Uno», y la Clínica Internacional las curvas mostraron una tendencia asintótica recta marcando estabilidad en la captura del número de especies. En la Figura 10 B se observan todas las curvas en función al número de individuos colectados por trampas. Podemos observar que la Clínica Internacional aportó la mayor cantidad de individuos que pertenecen a la especie *Cx. quinquefasciatus*.

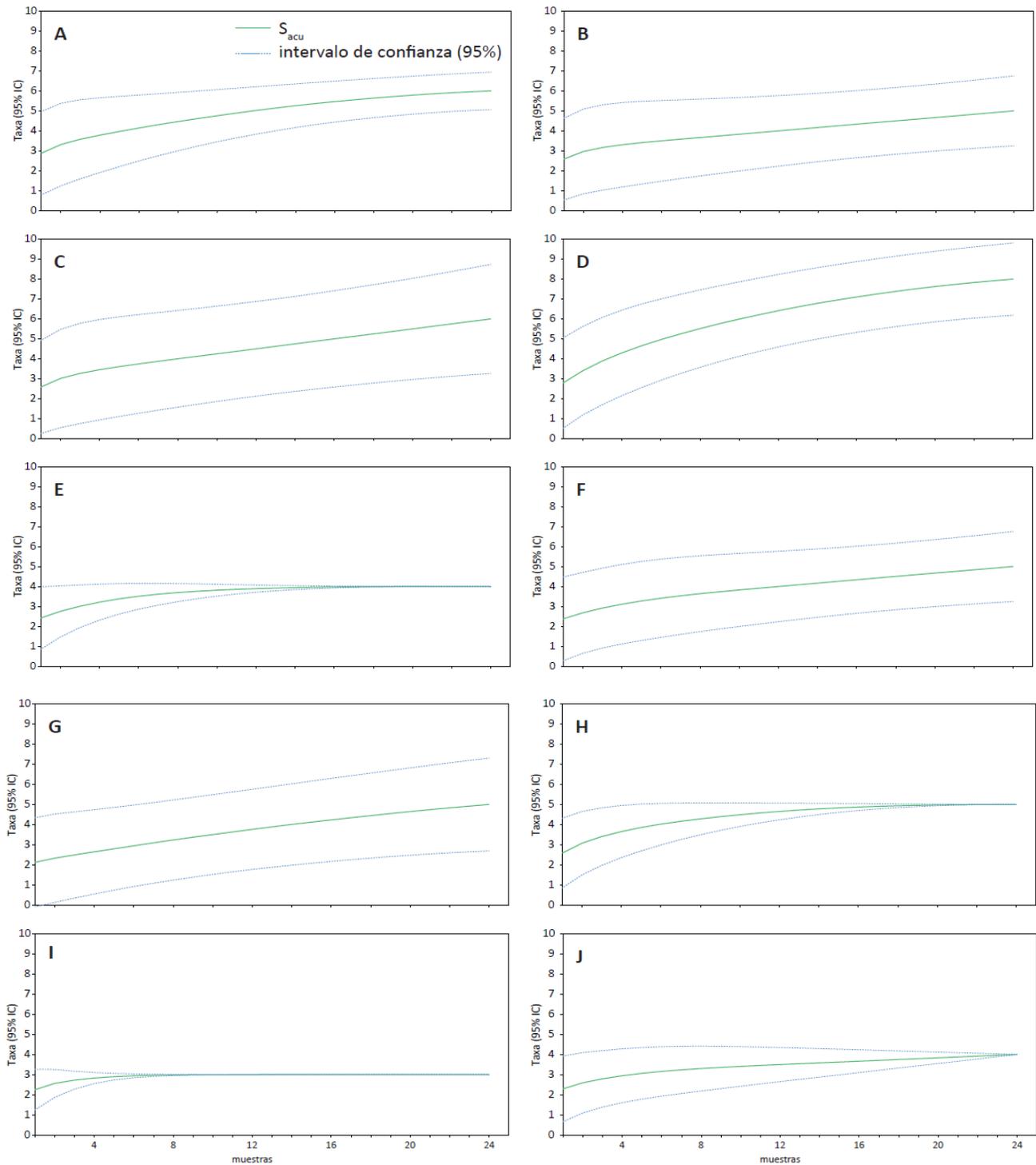


Figura 10 A Curvas de rarefacción obtenidas por trampas ; (A) Hotel Kawama, (B) Hotel Barlovento, (C) Hotel Varasul, (D) Cooperativa pesquera, (E) Terminal de Ómnibus ,(F) Restaurante El Golfito, (G) Centro Comercial Hicacos, (H) Clínica Estomatológica, (I) Complejo «Todo en Uno», (J) Clínica Internacional

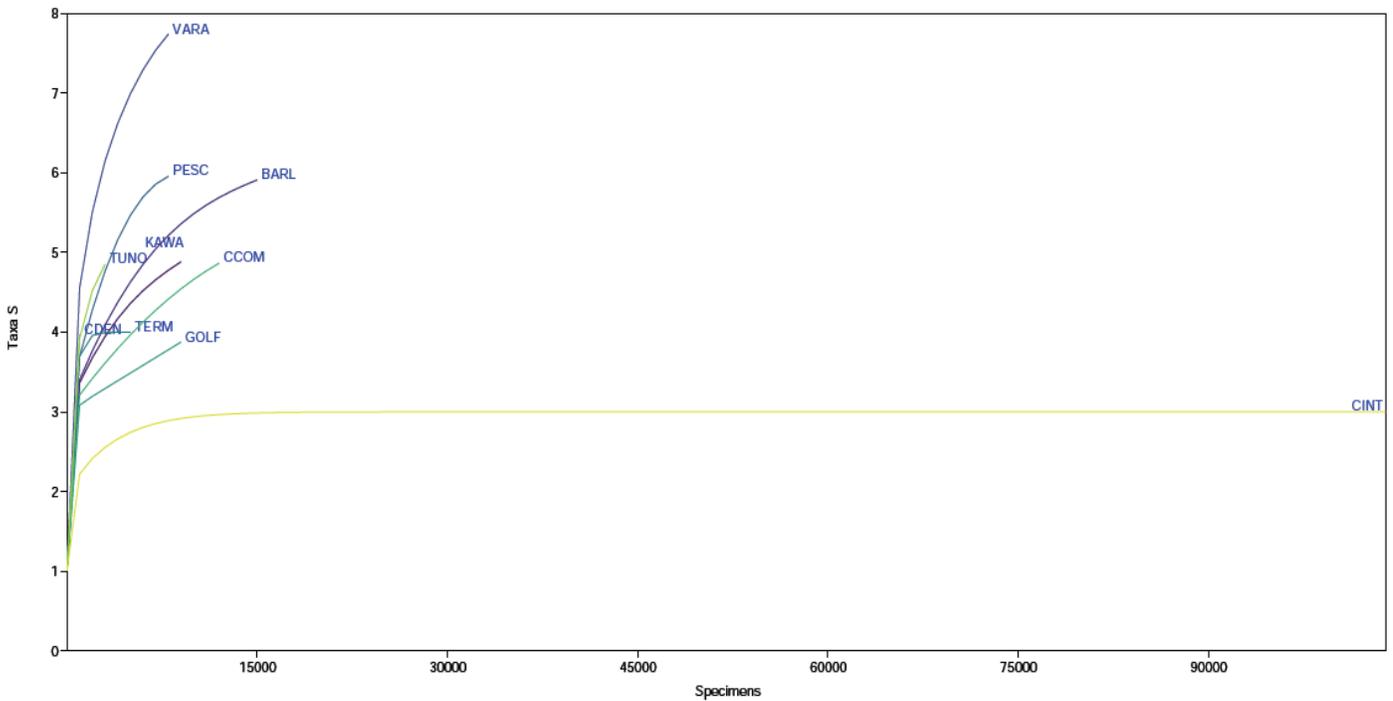


Figura 10 B Curvas de rarefacción general obtenidas por trampas ; BARL (Hotel Barlovento); CCOM (Centro Comercial); CDEN (Clínica Dental); CINT (Clínica Internacional) ; GOLF Restaurante El Golfito; KAWA (Hotel Kawama); PESC (Cooperativa pesquera); TERM (Terminal de Ómnibus); TUNO (Complejo «Todo en Uno»);VARA (Hotel Varasul)

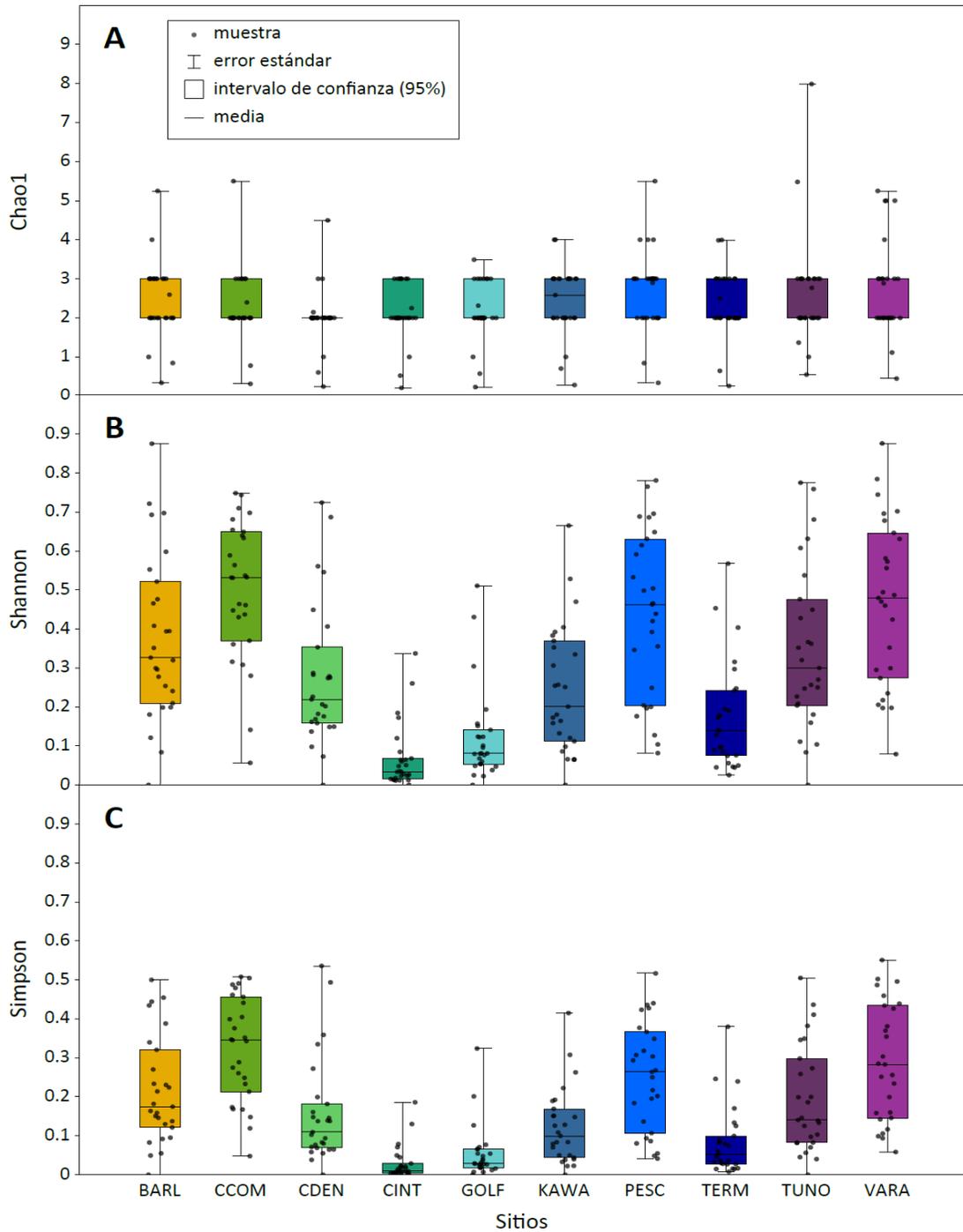


Figura 11. Índices de Biodiversidad y abundancia calculados por trampas; BARL (Hotel Barlovento); CCOM (Centro Comercial); CDEN (Clínica Dental); CINT (Clínica Internacional); GOLF Restaurante El Golfito; KAWA (Hotel Kawama); PESC (Cooperativa pesquera); TERM (Terminal de Ómnibus); TUNO (Complejo «Todo en Uno»);VARA (Hotel Varazul)

Al analizar los índices Simpson y Shannon se puede observar una fuerte asociación entre estos (Fig 11). Estos índices cuantifican la diversidad y la abundancia presente en una comunidad. Los valores del índice de Shannon se relacionan con una mayor diversidad en el sitio muestreado, principalmente en la búsqueda de especies raras. El estimador de riqueza Chao1 se relaciona directamente con la abundancia de especies aunque este incluya especies raramente representadas. Teniendo en cuenta esto, se corrobora el análisis observado mediante las curvas de rarefacción. Los bajos índice de Simpson encontrado en la Clínica Internacional se asocian con la escasez de especies raras en este lugar y el predominio de *Cx quinquefasciatus*. Hotel Barlovento, Centro Comercial, Complejo «Todo en Uno, La pesca y Hotel Varazul sin embargo fueron menos diversos pero con una captura más estable. El índice de Chao 1 se mantuvo constante casi todos los sitios excepto en la Clínica Dental donde las especies capturadas no constituyeron ni las más raras, ni las más abundantes pero con una tendencia a ser la misma especie.

4.2. Relación entre la abundancia de las especies capturadas por las trampas BG-Sentinel con la época del año y las variables meteorológicas del periodo estudiado

Nuestros resultados reflejaron que la captura por trampas en el área de salud estudiada se encontraron 3 especies dominantes; *Cx. quinquefasciatus*, *Ae. aegypti* y *Och. taeniorhynchus*, vectores primarios de arbovirus. El número de individuos capturados de *Cx.quinquefasciatus* y *Ae. aegypti* fueron suficientemente significativos para predecir la presencia esperada de esas especies inclusive si fuesen muestras más pequeñas en todas las trampas. En las figura 12 se puede observar el comportamiento durante la estación lluviosa y poco lluviosa de los ejemplares capturadas de *Cx. quinquefasciatus* mediante las trampas BG Sentinel en el año 2020 (A) y en el 2021(B). En el año 2021 se capturaron mayor número de ejemplares *Cx. quinquefascitus* que en el 2020. Esta especie estuvo presentes durante todo el año en la totalidad de las trampas. En el año 2020 el alza de captura de individuos ocurre posterior al pico de precipitaciones sin embargo en el año 2021, esta especie se mantiene con poblaciones elevadas a pesar que las precipitaciones fueron disminuyendo. Los valores más bajos en el número de individuos capturados este año en el periodo poco lluvioso son comparables con los del año anterior en igual período.

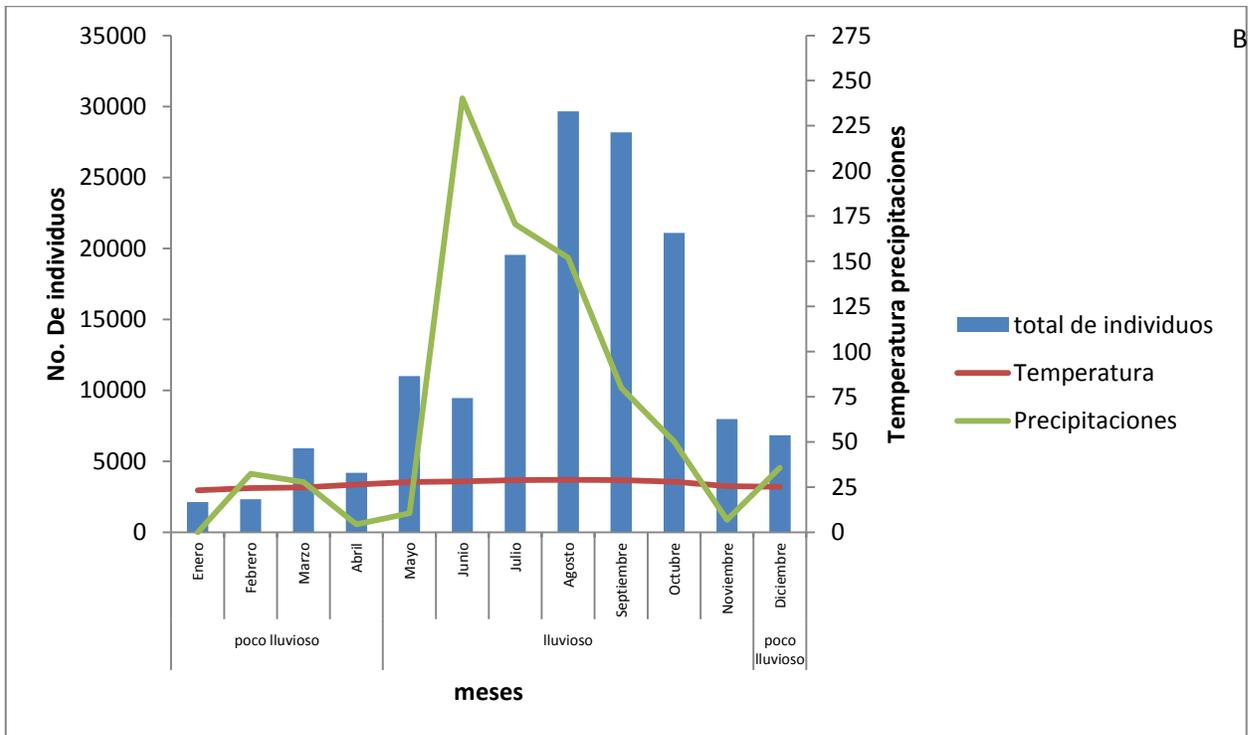
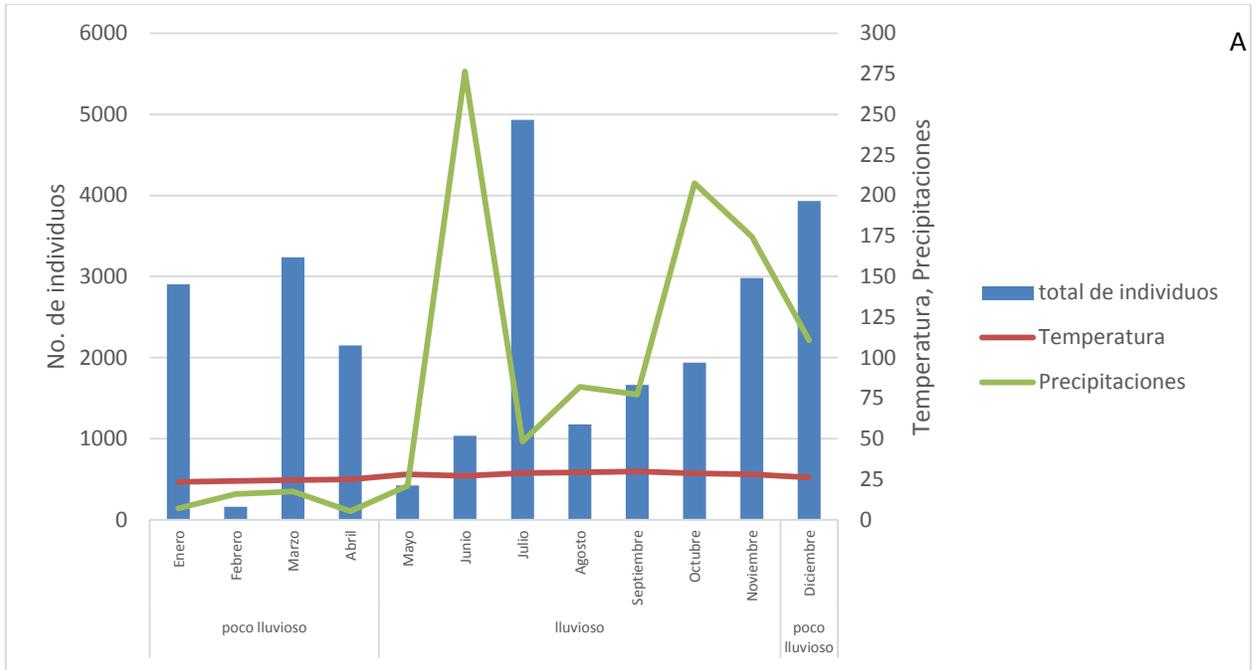


Figura 12. Total de individuos capturados de *Culex quinquefasciatus* mediante trampas BG-Sentinel en los años 2020 (A) y 2021(B)

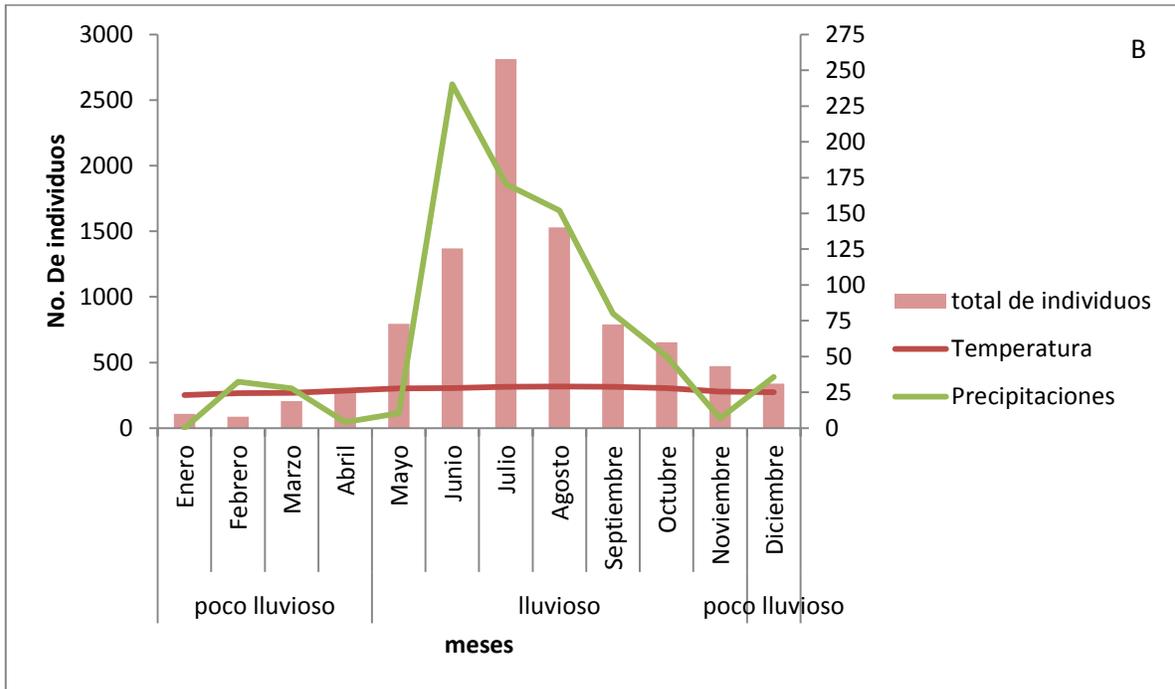
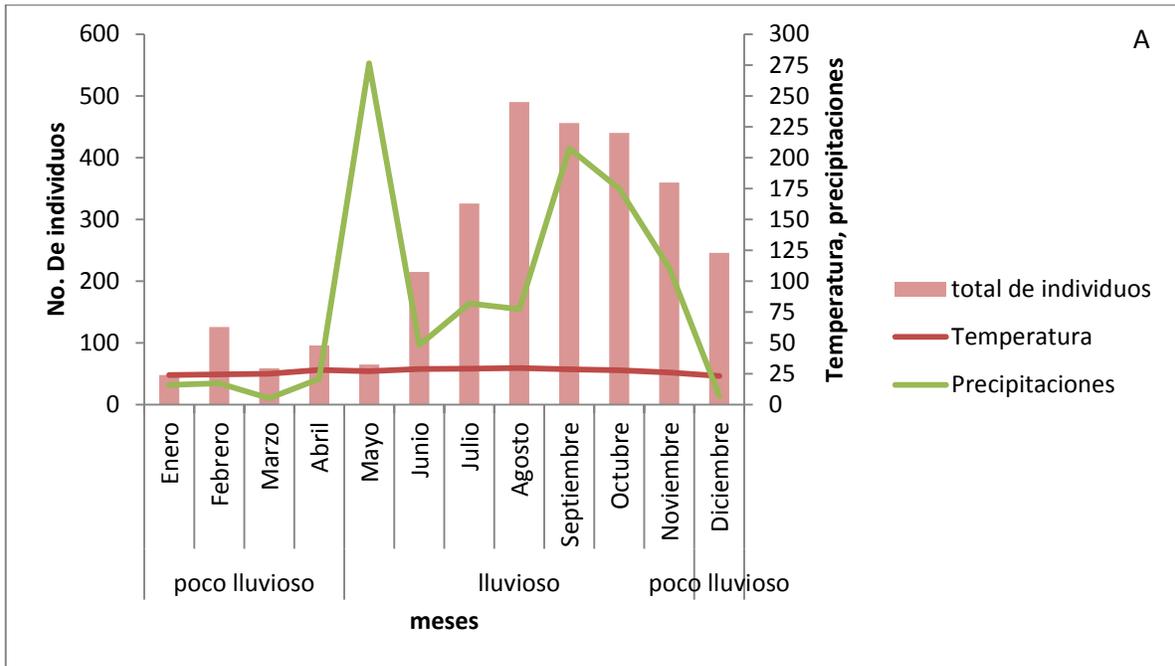


Figura 13 Total de individuos capturados de *Aedes aegypti* mediante trampas BG-Sentinel en los años 2020 (A) y 2021(B)

En la figura 13 se puede observar el comportamiento ejemplares capturadas de *Aedes aegypti* mediante las trampas BG Sentinel en el año 2020 (A) y en el 2021(B).

Aedes aegypti al igual que *Cx quinquefasciatus* se mantuvo presente todo el año y se capturaron mayor cantidad de individuos en el años 2021 que en el 2020. En el año 2020 se destaca un mayor número de ejemplares capturados en el periodo lluvioso, principalmente durante los meses de agosto y septiembre con el incremento de las precipitaciones. En el año 2021 se mantuvo el mayor número de ejemplares de esta especie en igual periodo de tiempo. De forma similar a lo acontecido con *Cx quinquefasciatus*, los meses que reflejan una disminución de la captura de individuos en el periodo lluvioso, presentan igual o mayor cantidad que el mismo periodo en el año anterior.

En la figura 14 se puede observar que *Och. taeniorhynchus* destacó su mayor presencia en los meses de mayo a octubre durante el periodo lluvioso con un pico en el mes de junio en ambos años.

Es a partir de aquí que mostramos el comportamiento de las especies con poca representación en las capturas por las trampas BG-Sentinel en ambos años de estudio. En la figura 15 se puede observar que se capturaron pocos individuos de *An. albimanus* todos enmarcados en el periodos lluvioso del año 2020. También se evidencia *Och. scapularis* tuvo su presencia solamente en el mes de junio, mientras que *Cx nigripalpus* su escasa representación ocurrió en ambos períodos. En la figura 16 se destacan cuatro especies con mayor presencia; *Och. scapularis*, *De. cancer*, *An. albimanus*, *Cx nigripalpus* en los meses de Mayo a Julio dentro del periodo lluvioso del 2021. No obstante *Cx nigripalpus* estuvo presente en ambos periodos al igual que en el 2020.

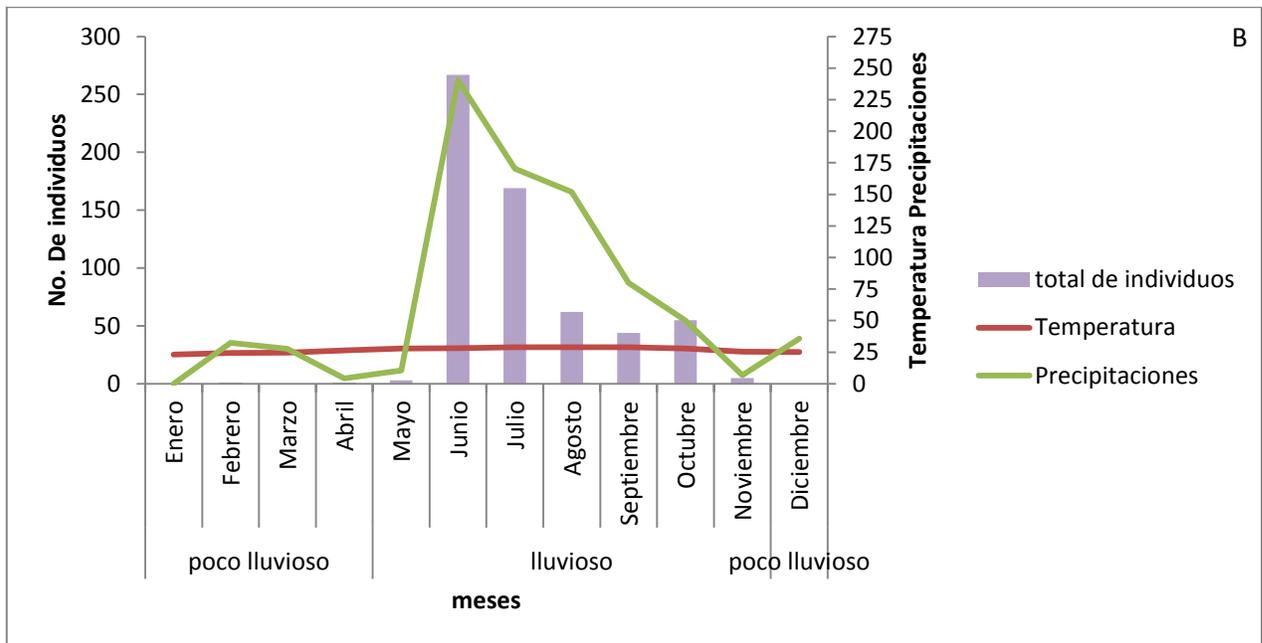
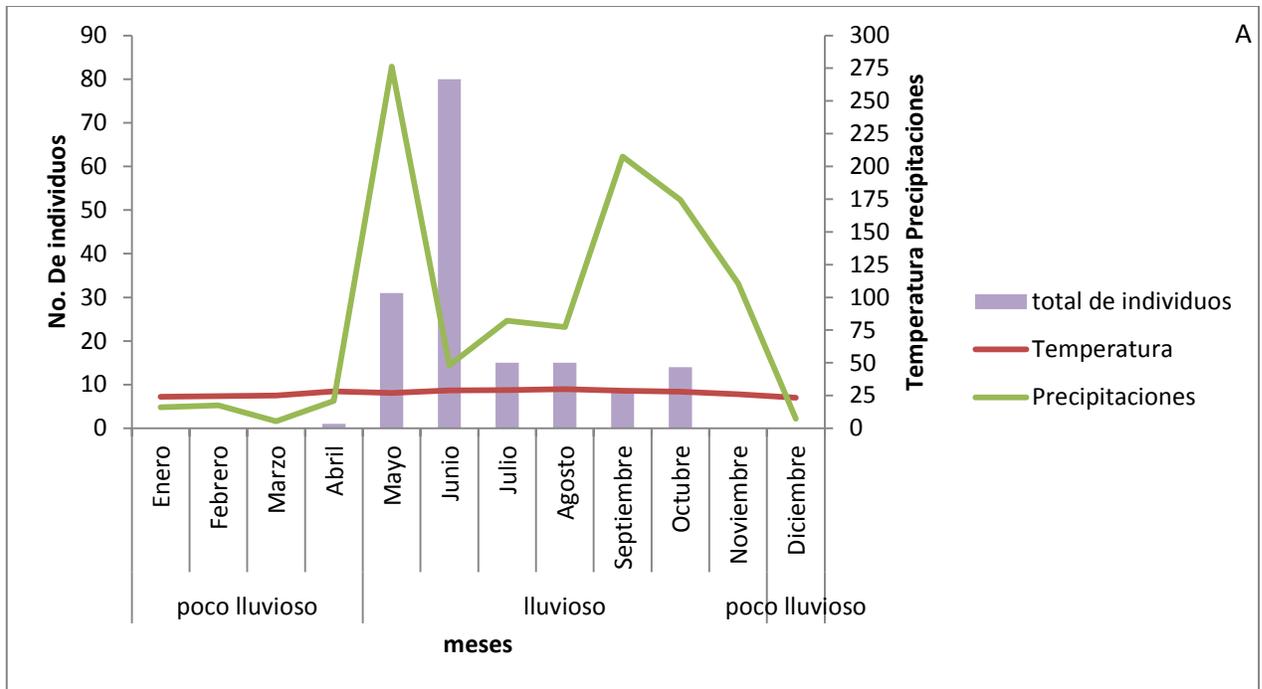


Figura 14 Total de individuos capturados de *Ochlerotatus taeniorhynchus* mediante trampas BG-Sentinel en los años 2020 (A) y 2021(B)

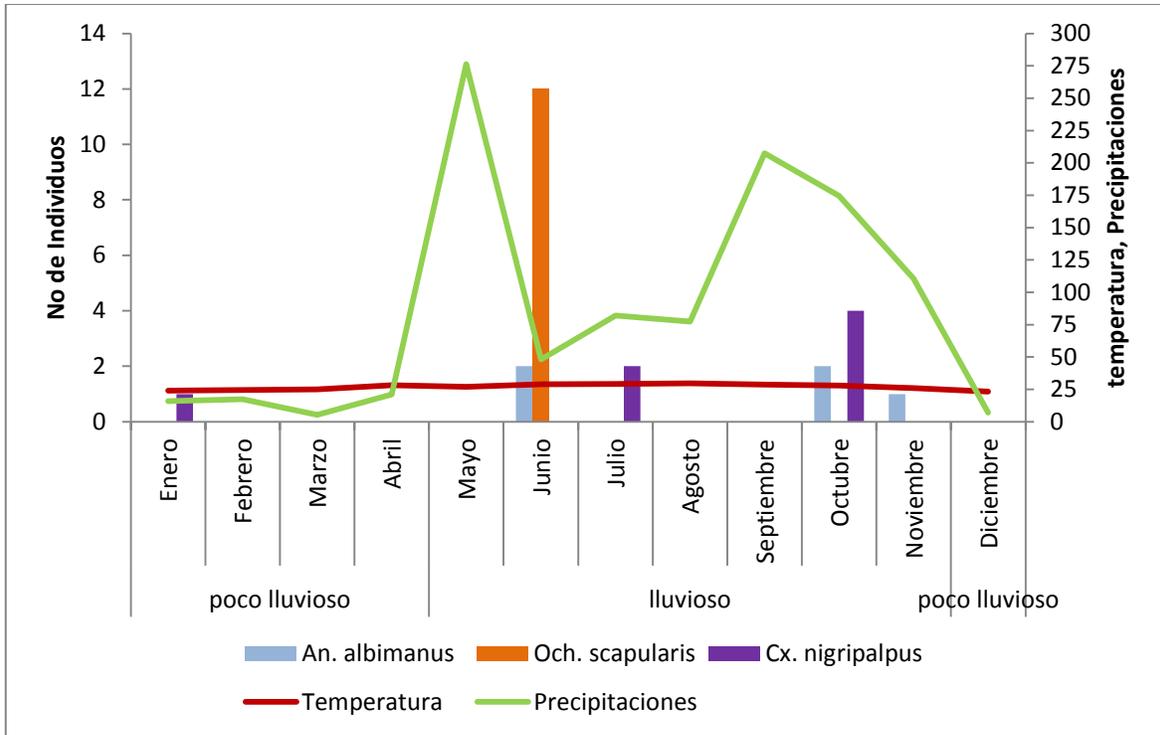


Figura 15. Total de individuos capturados de *An. albimanus*, *Och. scapularis* y *Cx. nigripalpus* mediante trampas BG-Sentinel en el año 2020.

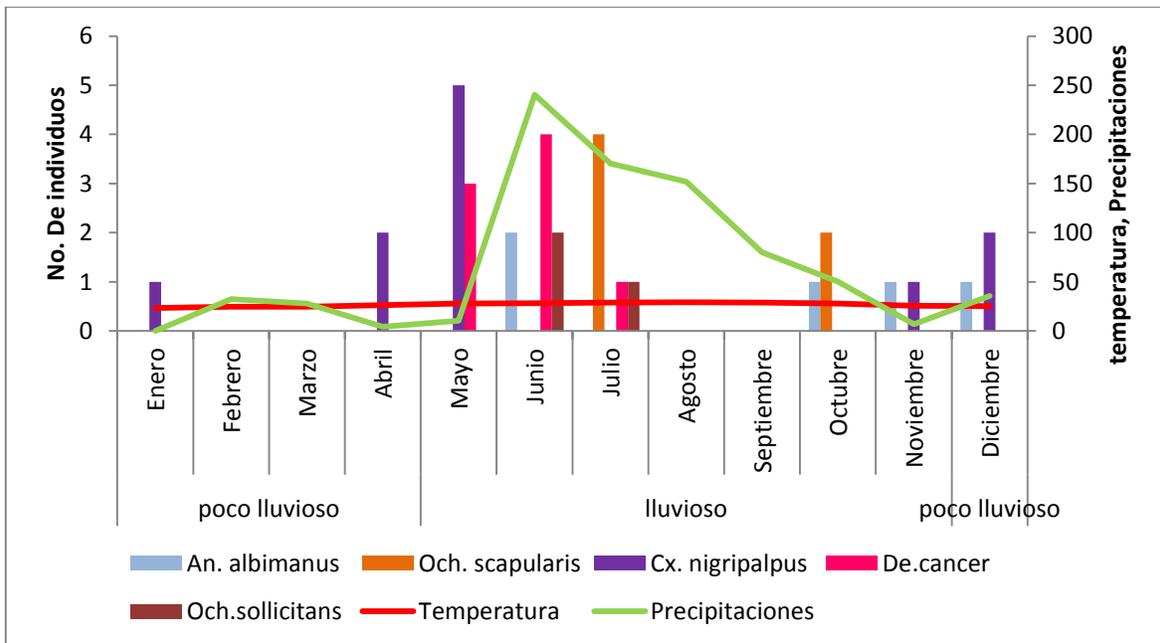


Figura 16. Total de individuos capturados de *An. albimanus*, *Och. scapularis*, *Cx. nigripalpus*, *De. cancer* y *Och. sollicitans* mediante trampas BG-Sentinel en el año 2021.

4.3 Edad fisiológica

La técnica de Detinova se realizó a los ejemplares de *Ae. aegypti* como se encuentra estipulado por el Programa de Control (Tabla 2). En el año 2020, el número mayor de individuos capturados fue Junio a Diciembre mientras que en el año 2021 las cifras fueron altas casi todo el año, siendo las más evidentes entre Junio-Agosto. Se pudo evidenciar que estas trampas capturaron tanto hembras como machos destacando la condición de nulíparas por sobre grávidas. La revisión periódica de las trampas logró capturar hembras nulíparas, por lo concluimos que la población era joven alrededor de los sitios de captura. Esto según manuales es un indicativo para realizar control focal.

Tabla 2. Estado fisiológico de las hembras capturadas por las trampas BG-Sentinel en los años 2020-2021

Meses	Año 2020				Año 2021			
	Nulípara	Grávida	Machos	Total	Nulípara	Grávida	Machos	Total
Enero	22	7	19	48	45	12	51	108
Febrero	68	4	54	126	53	6	28	87
Marzo	31	4	24	59	135	16	55	206
Abril	53	7	36	96	169	33	100	302
Mayo	44	5	16	65	345	66	384	795
Junio	145	10	60	215	781	85	496	1370
Julio	199	22	105	326	1611	76	1224	2811
Agosto	291	21	178	490	564	35	927	1529
Septiembre	252	17	187	456	444	32	313	791
Octubre	242	31	167	440	336	33	286	655
Noviembre	155	19	186	360	225	50	198	473
Diciembre	145	13	88	246	189	22	128	339
Total	1647	160	1120	2927	4897	467	4190	9642

5.DISCUSIÓN

5. Discusión

5.1. Especies de culícidos presentes en la localidad de Varadero del área de Salud Ramón Martínez y su abundancia relativa

La familia Culicidae es un grupo estructurado, de gran diversidad y ampliamente distribuido. Se encuentran desde altitudes de 4300 msnm tanto en regiones tropicales como templadas llegando incluso al círculo Ártico. Los únicos lugares en los que aún no han sido encontrados son la Antártida e islas cercanas (Almirón 2002). La Región Neotropical se conoce como el área de más alto nivel de endemismo de los géneros y subgéneros de mosquitos. Esta ecozona incluye Sur y Centroamérica, las tierras bajas mexicanas, las islas caribeñas, y el sur de Florida. El género *Aedes* contiene aproximadamente 60 especies, *Anopheles* 400 y el género *Culex* 775 especies, de las cuales 343 se encuentran en América (McCafferty and Provonsha 1981).

Todas las especies encontradas en nuestro estudio su presencia fue informada en nuestro país desde (Perez-Vigueras La Habana 1956) hasta (González 2006) en su lista de Culícidos de Cuba y de alguna forma todas tienen una importancia médica relevante. Los antecedentes muestran la presencia de las especies capturadas en la provincia Matanzas (Serrate et al 2015). Diéguez y colaboradores en estudios realizados en Camagüey (Diéguez Fernández et al. 2005) y (Fimia Duarte et al. 2017) en Sancti Spiritus informaron algunas de estas especies en sus estudios.

Dentro de los resultados encontrados en este estudio se destaca un mayor número de individuos capturados en el año 2021 con respecto al año 2020. Esto pudo deberse a la escasez de labores de control químico de vectores durante el periodo de la Covid 19. Es importante destacar que este estudio se enmarcó dentro del contexto de la pandemia de Covid 19 (WHO 2020a). Durante este bienio, nuestro país diseñó una estrategia nacional para el enfrentamiento de la pandemia. Las medidas fueron estructuradas desde las experiencias internacionales en cuanto a la limitación de los viajeros (cierre de fronteras) (Sharmila 2020) el distanciamiento social y el aislamiento para eliminar la cadena de transmisión de la Covid-19. Algunos de estos sitios muestreados fueron convertidos en centros de aislamientos (Hotel Kawama, Barlovento, Clínica Internacional) y la Terminal

servió para el trasiego del transporte proveniente de los diferentes municipios antes de dirigirse a los centros de aislamiento. La labor principal de las brigadas de control consistió en la desinfección pero no la aplicación de insecticidas, ni la realización de autofocal. Por otra parte, el control químico de vectores en algunos de estos sitios corresponde a las compañías controladoras, las que no trabajaron durante este periodo debido a que los hoteles no eran utilizados propiamente para el turismo. Estos factores pudieron propiciar el incremento de sitios de cría y la proliferación de algunas especies, principalmente *Ae. aegypti* y *Cx. quinquefasciatus* en el año 2021.

Los procesos de urbanización son a menudo responsables de la disminución de la riqueza de especies, seguida por el aumento de abundancia de las pocas especies que pueden sobrevivir y prosperar en entornos urbanos (McKinney 2006, Knop 2016, Johnson and Munshi-South 2017). Este proceso puede llevar no solo a la adaptación local de los mosquitos vectores (Wilke et al. 2018)) sino que también puede afectar profundamente la ecología y el comportamiento de especies que no están totalmente adaptadas a los entornos urbanos (Medeiros-Sousa et al. 2017)).

Uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica es el índice de Shannon, también conocido como Shannon-Weaver (H) (Shannon and Weaver 1949) . El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. La diversidad máxima ($H_{max} = \ln S$) se alcanza cuando todas las especies están igualmente presentes. El índice de Simpson es un índice de dominancia más que de diversidad y representa la probabilidad de que dos individuos escogidos al azar pertenezcan a la misma especie (Moreno 2001). Su inverso se considera como un buen indicador de diversidad (Feinsinger 2004). Chao 1 es un estimador basado en la abundancia. Las curvas de rarefacción comparan la riqueza de especie entre muestras empíricas que difieren en el número total de individuos. Los índices calculados son representativos de la composición de la comunidad de mosquitos. El análisis de las curvas de rarefacción, indicó que existieron trampas con un mejor registro de individuos. Para considerar que se logró capturar todas las especies posibles de la zona en estudio, las curvas de rarefacción deben alcanzar una asíntota evidente. Por lo

tanto, en este estudio se infiere se capturaron las posibles especies que habitan en los sitios evaluados. Asimismo, es posible que las especies pobremente representadas no posean poblaciones estables a lo largo del año o las densidades de las poblaciones son muy bajas, por lo cual se requeriría un muestreo mucho más exhaustivo.

Aedes aegypti y *Cx. quinquefasciatus* se distribuyeron abundantemente durante todo el año y en toda el área muestreada, lo que indica que estas especies se encuentran bien adaptadas para prosperar en los entornos urbanos. *Culex quinquefasciatus* coexiste con *Ae. aegypti* en recipientes de cría dentro del entorno peridoméstico (Marquetti et al 2009) por lo tanto no es raro capturar ambas especies en semejantes cantidades. Estos estudios coinciden con los realizados por (Maciel-de-Freitas et al. 2006, Unlu and Farajollahi 2014). Las especies restantes su presencia y abundancia pueden haberse subestimado. Las especies que se encontraron en densidades relativamente bajas se concentraron localmente en hábitats específicos, lo que llevó a una mayor varianza en su muestreo o pudo deberse al tipo de trampas que no era atractiva para determinadas especies como lo pueden ser las trampas CDC o las EVS.

La inexistencia de trampas en el país para realizar monitoreo de mosquitos adultos no nos permitió comprar con otro sistema de trampeo. Estudios realizados por (Lühken et al. 2014) en Alemania comparó la trampa BG Sentinel con otras trampas (CDC, EVS). La trampa de BG mostró el mejor desempeño en cuanto al número de mosquitos y de especie capturadas y superó a las otras trampas para el género *Culex* y *Ochlerotatus*. Investigaciones similares realizadas en Guangzhou, China mostraron la efectividad de las BG-Sentinel en la captura de *Ae. albopictus* y *Cx. quinquefasciatus* (Li et al. 2016). Aunque el estudio se realizó en diferentes áreas, los resultados de estos autores mostraron que las trampas BGS son más eficientes para capturar adultos de estas especies por lo que sugieren su utilización en la vigilancia de estos vectores. Las trampas BG-Sentinel se encuentran diseñadas con atrayentes que simulan el olor del ser humano (Geier et al. 2006). Es posible que estas trampas pueden ser más atractivas para algunas especies de mosquitos que otras. Estudios de captura de campo encontraron que sustancias liberadas por los seres humanos, unido al CO₂ son atractivos individualmente y más atractivos como

una mezcla (Logan et al. 2008). Estudios más recientes identificaron otros compuestos como atrayentes que puedan ser utilizadas en trampas de adultos (Bello and Cardé 2022).

5.2 Relación entre la abundancia de las especies capturadas por las trampas BG-Sentinel con la época del año y las variables meteorológicas del periodo estudiado.

La presencia de determinadas especies viene condicionada por diferentes factores bióticos y abióticos. Los meses donde ocurrió mayor precipitación fueron más diversos. Probablemente en los meses lluviosos incrementa la disponibilidad de sitios de ovipostura, por lo que especies que se mantienen en bajos números en la época seca pueden incrementar su presencia. Históricamente, los meses de la estación seca en Cuba (noviembre-abril) las poblaciones de *Ae. aegypti* disminuyen. Este período corresponde a la disminución de los sitios naturales de reproducción por la falta de agua en los depósitos artificiales abandonados en los patios. Estos meses, debido a estas características, es utilizado por el Programa Nacional para el Control de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* para llevar a cabo etapas intensivos contra el vector del dengue para evitar un aumento en las poblaciones del vector y prevenir la aparición de casos de dengue (Bisset et al. 2021) intervención que no se pudo realizar debido a la situación epidemiológica existente relacionada con Covid-19. Esta situación explicada anteriormente se invierte durante el mes de mayo, cuando comienza la temporada de lluvias (mayo-octubre) y la proliferación del mosquito se hace evidente (Bisset et al. 2021) .

Culex quinquefasciatus constituyó la especie más representada en este estudio. Aunque esta es una de las especies que dentro del Programa Nacional de Control de Vectores que se le presta menor importancia debido a que la filariasis humana se encuentra erradicada. Es importante recalcar que nuestro país se encuentra dentro de los corredores aéreos de aves (Díaz 2010). Los mosquitos del género *Culex* son altamente ornitófilicos; se alimentan de aves principalmente; aunque existen mosquitos de este género que se alimentan indistintamente de aves como de humanos y pueden contribuir a la transmisión de virus (Izaguirre et al. 2003). *Culex quinquefasciatus* es el vector primario enzoótico del Virus de Nilo en el sureste y suroeste de E.E.U.U (Reisen et al. 2004, Godsey et al. 2005) Aunque *Cx. pipiens*, *Cx. restuans* y *Cx. quinquefasciatus* son probablemente los vectores

más importantes de mantenimiento del ciclo del virus en el este de los Estados Unidos se desconoce cuáles especies son las más responsables de la transmisión a los seres humanos (Campbell et al. 2002, Petersen and Marfin 2002). Los brotes de este virus a menudo ocurren entre humanos entran en contacto con gran número de mosquitos ornitofílicos que constituyen los responsables en el mantenimiento de los ciclos locales de transmisión de la enfermedad. Es importante destacar que estudios con esta especie se demostró ser un vector competente para ZIKV (Guo et al. 2016) no obstante, hasta el momento no existe evidencia para considerarlo un vector competitivo en un ciclo de transmisión natural (van den Hurk et al. 2017)

El existir un alto flujo de personal nacional como internacional en estos sitios de riesgo, hace a esta especie, colocarse en la mira como protagonista de la transmisión de virus al poder estar en contacto directo con las aves. El período migratorio de aves se encuentra comprendido entre los meses de septiembre, octubre y noviembre, lo que coincide con el inicio del otoño e invierno en Norteamérica (Rappole et al. 2000). En la provincia de Matanzas se reporta el paso desde la Península de Varadero hasta la Ciénaga de Zapata de más de 60 especies de aves migratoria coexistiendo con avifauna de la zona (Díaz 2010). En este caso si tenemos en cuenta, su presencia todo el año con picos de alta abundancia en los meses de julio a octubre, podemos inferir que existe una alta probabilidad de sinergia de todos los aspectos epidemiológicos.

En Cuba, la circulación del WNO se encuentra documentada desde 2005 (Pupo et al. 2006). Posteriormente se realizó un estudio en dos localidades. Se recolectaron muestras de suero humano, aves adultas (32 especies) y de mosquitos (9 especies). La especie de mosquito más representativa capturada fue *Cx. quinquefasciatus* (Pupo-Antúnez et al. 2018). En muestras de sueros humanos, el 0,65% fue positivo al virus del Nilo Occidental. En las aves, el 14,4% de las terrestres y el 61% de las acuáticas presentaron anticuerpos contra flavivirus; mientras que el 1,4% de los terrestres y el 19,4% de los acuáticos fueron específicos del virus del Nilo Occidental. Estudios previos en aves demostraron la presencia de anticuerpos contra flavivirus específicamente encefalitis de San Luis y virus

Encefalitis Equina Este durante 1988, 1989 y 1994 (Ramudo et al. 1989) y para WNV en *Gallus gallus domesticus* (Pelegriño et al. 1996).

Aedes aegypti constituyó la especie con más presencia en las trampas después de *Cx. quinquefasciatus*. La cantidad de ejemplares capturadas fue importante si comparamos con la captura en reposo que es la vigilancia de adultos habitual que se realiza por el Programa de Control (Anexo 3), por lo que la captura mediante este trampeo acerca a la realidad en lo que realmente puede estar emergiendo de los criaderos. Es conocido que esta especie es el principal vector de los cuatro serotipos de virus dengue y en algunas regiones, puede transmitir la fiebre amarilla, encefalitis arbovirales (Mackay et al. 2013a, CDC. 2017, 2018), y virus del Nilo (CDC 2002). *Aedes aegypti* posee una rápida tasa de desarrollo y alta supervivencia, las cuales puede variar en respuesta a muchos factores bióticos y abióticos del ambiente (da Cruz Ferreira et al. 2017, Lega et al. 2017). Entre estos últimos se encuentra la temperatura, la cual puede ejercer una considerable influencia en la capacidad vectorial, ya que impacta en la dinámica de la población del mosquito, la cinética del ciclo biológico, la respuesta inmunológica frente al virus del dengue, entre otros aspectos (Márquez et al. 2019). En estudio realizado por (Cruz -Pineda et al. 2010) en la provincia Sancti Spíritus no se pudo asociar el periodo de precipitaciones con el números de focos de *Ae. aegypti*. La emergencia de adultos, puede coincidir con incremento de las precipitaciones y de la temperatura, pero la transmisión de enfermedades no depende solo de estos, sino de una combinación lluvia-temperatura-ambiente, acción del hombre y presencia del agente etiológico.

Ochlerotatus taeniorhynchus fue la tercera especie en abundancia capturada y aunque es considerada un mosquito que causa molestias publica y es voraz en su alimentación, no es menos importante epidemiológicamente. Esta especie reside en hábitats con una fuente de agua temporal, lo que hace que los manglares y las marismas saladas u otras áreas con suelo húmedo, sean lugares populares para la puesta de huevos y el crecimiento inmaduro. Esto viene condicionada con el aumento de las temperaturas y las precipitaciones. Esta especie se encontró infectada naturalmente con diferentes arbovirus, causantes de encefalitis en varias localidades de América Latina, tales como

Brasil y E.E.U.U (Forattini 1965). Se asoció a diferentes epizootemias de Encefalitis Equina Venezolana en las Américas, al lograrse el aislamiento viral en mosquitos: en Venezuela (1962 – 64 y 1967 – 68), Ecuador (1969), Guatemala (1969), Costa Rica (1970) y Texas (1971). En Colombia se conoce su papel como vector eficiente de virus de encefalitis equina Venezolana (VEEV) ((Bello et al. 1994; Ferro et al. 2003). Es también vector de encefalitis de San Luis e Ilheus (Groot, 1964) y virus del Nilo en Norte América(CDC 2009). Otras especies como *Deinocerites pseudes* (Dyar & Knab, 1909) y *D. cancer* (CDC 2009) también han sido declaradas vectores potenciales de este virus de ahí su importancia epidemiológica.

Un mosquito puede adquirir un arbovirus por transmisión horizontal durante la alimentación sanguínea, durante la cópula (transmisión venérea o vertical), durante el desarrollo del huevo (transmisión transovárica) o la fertilización. El mecanismo de transmisión vertical se ha demostrado experimentalmente en los mosquitos (Reisen et al. 2004, Martins et al. 2012, Martinez et al. 2014, Gutiérrez-Bugallo et al. 2018). Sin embargo, la vía más común de adquisición del virus para los mosquitos en condiciones naturales es probablemente a través de la alimentación en los vertebrados con sangre virémica, tanto horizontal como vertical, tales mecanismos de transmisión se consideran importantes para el mantenimiento y amplificación del virus aunado a la estacionalidad del virus (Danis-Lozano et al. 2019, Nadim et al. 2020). Aunque nuestro estudio no abarca la presencia de virus en los mosquitos capturados, es importante mencionar que este es un aspecto de la vigilancia entomoviológica. Teniendo en cuenta la alta abundancia de algunas especies capturadas, la capacidad de trasmisión de estas, unido al flujo de personas en estos sitios centinelas, nos permiten seguir afirmando la necesidad de implementar este tipo de vigilancia que puede brindarnos información interesante en estudios posteriores.

En el caso de otras enfermedades arbovirales donde las aves son reservorios, la migración de las mismas se realiza en respuesta a cambios en la disponibilidad de alimentos, de hábitat, o climáticos, estacionalidad anual, modificaciones hormonales, disminución de sueño, cambio de plumaje, que provoca en el ave variaciones fisiológicas y de conducta

como la hiperfagia alimentación en exceso lo cual les da la energía necesaria para su desplazamiento (Berthold 2001). Y esto puede coincidir con los picos de producción de mosquitos que también se encuentran condicionados por las temperaturas, y la disponibilidad de sitios de cría como es el caso de *Cx. quinquefasciatus* o las precipitaciones y la temperatura en el caso de *Och. taeniorhynchus*.

Los factores que controlan la escala del crecimiento durante la preemergencia de esta especie dependen de las condiciones ambientales que coincidan con el nivel de humedad y la temperatura. En el sur de Florida, los factores principales son la altura de la marea y la cantidad de lluvia, mientras que los sitios en California dependen únicamente de la altura de la marea. Los factores generalmente favorables pueden volverse negativos en valores extremos, lo que hace que la tasa de supervivencia disminuya. El exceso de agua elimina los huevos de los mosquitos y las temperaturas extremadamente altas pueden provocar la evaporación de la fuente de agua (Mankin 1994)

Deberá considerarse en este sentido, que el aumento de temperatura y el calentamiento global origina además, la instalación de especies de mosquitos que no existían y que se identifican como vectores de enfermedades (Rueda et al. 1990, Pérez et al. 2019, Marquetti et al. 2021) conllevando a la multiplicación de generaciones de insectos. Estudios recientes muestran la transmisión del virus del dengue aumenta en asociación con la temperatura ambiente. En revisión sistemática los resultados encontraron fuerte asociación entre la temperatura y la infección por dengue, por lo que los autores plantean que se debe tener en cuenta las características climáticas, sociodemográficas y ambientales locales y regionales para explorar la vulnerabilidad a nivel local y regional con vistas a la prevención de las epidemias (Tefera et al. 2023) Otro aspecto es la relación existente entre la cantidad de vapor de agua en el aire y la saturación en condiciones determinadas de temperatura y presión. Al respecto (Ferro et al. 2003) señala que las epidemias ocurren en zonas que por sus características, favorecen la permanencia de una población de mosquitos vectores indicando que las enfermedades arbovirales ocurren en aquellas donde coexistan además de otras condiciones, una humedad relativa de 80%.

Otros autores como (Fernández-Salas et al. 2007) indica la presencia virus y mosquitos en localidades de con un rango de humedad relativa comprendido entre 60-70%.

5.3 Edad fisiológica

Numerosos estudios han demostrado la eficacia de la Trampa BGS para la captura de hembras del género *Aedes*, lo que hace que este método de trampeo sea el estándar de oro (Kröckel et al. 2006) Estudios realizados informan niveles relativamente altos de machos en las trampas (Maciel-de-Freitas et al. 2006) las que se encuentran diseñadas para capturas de hembras. Esto permite que se puedan utilizar estos datos para optimizar las técnicas del insectos estéril porque el conocimiento de la supervivencia, la dispersión y la longevidad de mosquitos machos genéticamente modificados es importante para el éxito de esta medida de control (Lacroix et al. 2009). Existen estudios donde igualmente se captura gran cantidad de mosquitos machos del género *Aedes*, los autores infieren diversos motivos dentro de los que se destacan a) el hecho de que los mosquitos macho tienden a permanecer más tiempo en la naturaleza, buscando néctar para comer y por tanto se encuentran más en contacto con los atrayentes de las trampas b) puede ser posible que los mosquitos machos reconociendo olores humanos usen las trampas BGS como marcadores de enjambre en aras del cortejo para el apareamiento incrementándose sus posibilidades de encontrarse con mosquitos hembras (Farajollahi et al. 2009, Unlu et al. 2014). Este fenómeno puede también encontrarse relacionado con la alta cantidad de hembras nulíparas encontradas, debido a que estas hembras pueden encontrarse recibiendo señales olfatorias para el apareamiento. Ambos resultados son importantes teniendo en cuenta que para algunos virus (Zika y Chikunguña) el ciclo extrínseco es corto y estas hembras paridas pueden representar un peligro en la trasmisión. Por otra parte la presencia de un gran número de hembras nulíparas nos evidencia de que en las zonas de captura existen varios sitios de crías con gran productividad de individuos, por lo que es necesario realizar acciones de control focal. Igualmente las grávidas nos habla de la ineficacia de acciones de control, y/o de la de lo que se estaba aplicando para eliminarlas.

Somos de la opinión que aunque fueron pocas trampas utilizadas, el número de individuos capturados fue significativo, por lo que en un futuro podrían incrementarse el número de trampas por sitios o incrementar otros lugares de muestreo. Nuestros resultados sugieren la necesaria inclusión de las trampas de adultos en el sistema actual de vigilancia además de las encuestas larvarias. La vigilancia combinada de estadíos inmaduros y adultos son métodos complementarios que ayudarían inclusive a detectar especies de mosquitos que no siempre son exitosas y que únicamente es detectada su presencia por la recolección de mosquitos adultos.

6.Conclusiones

6. Conclusiones

1. Las trampas BG-Sentinel propiciaron la captura de *Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegypti*, *Ochlerotatus taeniorhynchus*, *Anopheles albimanus*, *Culex nigripalpus*, *Ochlerotatus scapularis*, *Deinocerites cancer* y *Ochlerotatus sollicitans* en el área de salud Ramón Martínez, Varadero, lo que aporta resultados valiosos a la vigilancia de mosquitos adultos.
2. Los sitios que más aportaron a la abundancia de especies fueron Hotel Kawama, Hotel Varazul, Hotel Barlovento, la cooperativa pesquera y la Clínica internacional, por lo que continúan siendo sitios de riesgo para la vigilancia entomológica.
3. *Aedes aegypti* y *Cx. quinquefasciatus* y *Och. taeniorhynchus* fueron las especies más representativas. Su presencia se mantuvo todo el año en los 10 sitios muestreados, en ocasiones incrementadas en el periodo lluvioso, por lo que en esta etapa debe reforzarse la vigilancia de adultos.
4. La revisión periódica de las trampas BG Sentinel logró capturar mayor cantidad de hembras nulíparas, lo que cual constituyó un indicativo de que la población era joven por la existencia de numerosos sitios de cría en los diferentes sitios de capturas que no se controlaron debidamente y permitió la emergencia constante de individuos.

7.RECOMENDACIONES

7.Recomendaciones

1. Incorporar las trampas BG –Sentinel al Sistema de vigilancia de mosquitos adultos del programa de Control de Vectores en Varadero, Cárdenas.
2. Ampliar el número de trampas para otros sitios de riesgo de la provincia.
3. Incorporar las capturas de estas trampas al incipiente sistema de vigilancia entomoviológica.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

8. Referencias bibliográficas

- Akaratovic, K. I., J. P. Kiser, S. Gordon, and C. F. Abadam. 2017. Evaluation of the trapping performance of four Biogents AG traps and two lures for the surveillance of *Aedes albopictus* and other host-seeking mosquitoes. *J Am Mosq Control Assoc* **33**:108-115.
- Almirón, W. 2002. Culicidae (Diptera) de la provincia de Córdoba. En: Actualizaciones en artropodología sanitaria Argentina. Serie Enfermedades transmisibles. Fundación Mundo Sano:97-106.
- Arbo, A., G. Sanabria, and C. Martínez. 2022. Influencia del Cambio Climático en las Enfermedades Transmitidas por Vectores. *Revista del Instituto de Medicina Tropical* **17**:23-36.
- Arimoto, H., J. F. Harwood, P. J. Nunn, A. G. Richardson, S. Gordon, and P. J. Obenauer. 2015. Comparison of trapping performance between the original BG-Sentinel trap and BGSentinel 2 trap. *J Am Mosq Control Assoc* **31**:384-387.
- Autry, D., D. Dixon, C. S. Bibbs, E. I. M. Khater, and R.-D. Xue. 2021. Field comparison of autocidal gravid ovitraps and in2care traps against *Aedes aegypti* in downtown Saint Augustine, northeastern Florida. *J. Fl. J. Mosq. Control Assoc.* **68**:92-96.
- Ball, T. S., and S. R. Ritchie. 2010. Sampling biases of the BG-sentinel trap with respect to physiology, age, and body size of adult *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol* **47**:649-656.
- Bangs, M. J., R. Pudiantari, and Y. R. Gionar. 2007. Persistence of dengue virus RNA in dried *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) exposed to natural tropical conditions. *J Med Entomol.* **44**:163-167.
- Barrera, R., V. Acevedo, G. Félix, R. R. Hemme, J. Vazquez, J. L. Munoz, and M. Amador. 2017. Impact of autocidal gravid ovitraps on chikunguña virus incidence in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in areas with and without traps. *J Med Entomol.*
- Barrera, R., M. Amador, V. Acevedo, M. Beltran, and J. L. Muñoz. 2019. A comparison of mosquito densities, weather and infection rates of *Aedes aegypti* during the first epidemics of Chikunguña (2014) and Zika (2016) in areas with and without vector control in Puerto Rico. *Med Vet Entomol.*
- Barrera, R., M. Amador, V. Acevedo, B. Caban, G. Félix, and A. Mackay. 2014. Use of the CDC Autocidal Gravid Ovitrap to control and prevent outbreaks of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol* **51**:145-154.
- Barrera, R., M. Amador, A. Díaz, J. Smith, J. L. Muñoz-Jordán, and Y. Rosario. 2008. Unusual productivity of *Aedes aegypti* in septic tanks and its implications for dengue control. *Med Vet Entomol* **22**:62-69.
- Barrera, R., M. Amador, and A. J. MacKay. 2011. Population dynamics of *Aedes aegypti* and dengue as influenced by weather and human behavior in San Juan, Puerto Rico. *PLoS Negl Trop Dis* **5**:e1378.
- Bataille, A., A. A. Cunningham, M. Cruz, V. Cedeño, and S. J. Goodman. 2011. Adaptation, isolation by distance and human-mediated transport determine patterns of gene flow among populations of the disease vector *Aedes taeniorhynchus* in the Galapagos Islands. *Infect GenEvol* **11**:1996-2003.
- Bello, J., E. Olano, L. Cassaleth, and C. Hernández. 1994. Establecimiento y mantenimiento de una colonia de *Aedes taeniorhynchus*, Wiedemann, 1821 (Diptera: Culicidae). *Bioméd* **14**:69-76.
- Bello, J. E., and R. T. Cardé. 2022. Compounds from human odor induce attraction and landing in female yellow fever mosquitoes (*Aedes aegypti*) *Sci Report* **12**.

- Berthold, P. 2001. Bird Migration. . A General Survey. Oxford University Press, Oxford, Gran Bretaña:272 pp.
- Bhalala, H., and J. R. Arias. 2009. The Zumba mosquito trap and BG-Sentinel trap: novel surveillance tools for host-seeking mosquitoes. *J Am Mosq Control Assoc* **25**:134-139.
- Bisset , J. A., M. C. Marquetti, D. Montada, N. Hernández, M. Leyva, O. Fuentes, M. Castex, Z. Menéndez, and I. García. 2021. Aportes científicos del Instituto de Medicina Tropical "Pedro Kouri" a la vigilancia de *Aedes aegypti* (Díptera: Culicidae) en Cuba, 1982-2020. *Rev Cubana Med Trop* **73**:e687.
- Bisset , J. A., O. A. Navarro, M. C. Marquetti, M. E. Mendizabal, and B. M. González. 1985. Abundancia larval de mosquitos urbanos durante la campaña de erradicación del *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) y dengue en Cuba (1981-1982). *Rev Cubana Med Trop* **37**:161-168.
- Bradley, T. J., D. M.S., and J. K. Nayar. 1984. Early Cellular Responses in the Malpighian Tubules of the Mosquito *Aedes taeniorhynchus* to Infection with *Dirofilaria immitis* (Nematoda). *J Parasitol* **70**:82-88.
- Braks, M., H. Rio, P. Lounibos, P. Lourenc, O. Oliveira, and A. Juliano. 2004. Interspecific competition between two invasive species of container mosquitoes, *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae), in Brazil. *Ann Entomol Soc Amer* **97**.
- Brisco, K. K., C. M. Jacobsen, S. Seok, X. Wang, Y. Lee, O. S. Akbari, and A. J. Cornel. 2023. Field evaluation of In2Care Mosquito Traps to control *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Hawai'i Island. *J Med Entomol* **60**: 364-372.
- Brito, A. C., G. Fontes, E. M. M. Rocha, D. A. M. Rocha, and L. Regis. 1999. Development of *Dirofilaria immitis* (Leidy) in *Aedes aegypti* (L.) and *Culex quinquefasciatus* (Say) from Maceió, Alagoas, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* **94**:575-576.
- Buckner, E. A., K. F. Williams, S. Ramirez, C. Darrisaw, J. M. Carrillo, M. D. Latham, and L. C. R. 2021. A field efficacy evaluation of In2Care mosquito traps in comparison with routine integrated vector management at reducing *Aedes aegypti*. *J Am Mosq Control Assoc*. **37**:242-249.
- Calderón, O., A. Troyo, and M. Solano. 2004. Diversidad larval de mosquitos (Diptera: Culicidae) contenedores artificiales procedentes de una comunidad urbana de San José, Costa Rica. *Parasitol Latinoam* **59**: 132-136.
- Campbell, L., G. Martin, R. Lanciotti, and D. Gubler. 2002. West Nile Virus. *J. Lan. Infect. Dis* **2**:519-529.
- Cansado-Utrilla, C., C. L. Jeffries, M. Kristan, V. A. Brugman, P. Heard, G. Camara, M. Sylla, A. H. Beavogui, L. A. Messenger, S. R. Irish, and T. Walker. 2020. An assessment of adult mosquito collection techniques for studying species abundance and diversity in Maferinyah, Guinea. *Parasit Vectors* **13**:150.
- Cardé, R. T. 2015. Multi-cue integration: how female mosquitoes locate a human host. . *Curr Biol*. **25**:793-795.
- Carrada, T., L. Vazquez, and I. Lopez. 1984. Ecology of dengue and *Aedes aegypti* *Salud Publica Mexicana* **26**:63-76.
- Casas-Martínez, M., A. Orozco-Bonilla, M. Muñoz-Reyes, A. UlloaGarcía, J. G. Bond, and J. e. a. Valle-Mora. 2013. A new tent trap for monitoring the daily activity of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *J Vector Ecol* **38**:277-288.
- CDC. 2002. Provisional surveillance summary of the West Nile virus epidemic United States, January-November 2002. *Morb. Mortal. Wkly. Rep* **51**:1129-1133.
- CDC. 2009. Mosquito Species producing WNV positives by year. Division of Vector-Borne infectious diseases.

- CDC. 2022. Ciclo de vida de los mosquitos de la especie *Culex*.CS310257-B.
- CDC. 2017. Mosquito species in which West Nile virus has been detected. Centers for Disease Control and Prevention.
- CDC. 2018. Arbovirus Catalog. Centers for Disease Control and Prevention.
- Clark, G. G., H. Seda, and D. J. Gubler. 1994. Use of the “CDC backpack aspirator” for surveillance of *Aedes aegypti* in San Juan, Puerto Rico. *J Am Mosq Control Assoc* **10**:119-124.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9 and earlier. User’s Guide and application. <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Consoli, R., and R. Oliveira. 1994. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. Rio de Janeiro. Fiocruz **228**.
- Cruz -Pineda, C. A., C. Sebrango- Rodríguez, M. E. Cristo-Hernández, C. Pina, M. C. Marquetti, and L. Sánchez. 2010. Comportamiento estacional y temporal de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en Sancti Spíritus, 1999-2007. *Rev Cubana Med Trop* **62**:5-10.
- Chen, S. C., and M. H. Hsieh. 2012. Modeling the transmission dynamics of dengue fever: Implications of temperature effects. *Sc Total Environm* **431**:385-391.
- Danis-Lozano, R., Díaz-González EE, Malo-García IR, Rodríguez MH, Ramos-Castañeda J, and e. a. Juárez-Palma L. 2019. Vertical transmission of dengue virus in *Aedes aegypti* and its role in the epidemiological persistence of dengue in Central and Southern Mexico. *Trop Med Internat Health* **24**:1311-1319.
- Davis, N., C. Shannon, and C. Raymond. 1931. Studies on Yellow Fever in South America. *American J Trop Med Hyg* **1**:21-29.
- Day, J. F., and G. A. Curtis. 1993. Annual emergence patterns of *Culex nigripalpus* females before, during and after a widespread St. Louis encephalitis epidemic in south Florida. *J Am Mosq Control Assoc* **9**:249-255. .
- Degener, C. M., K. M. Staunton, H. Bossin, J. Marie, R. D. da Silva, D. C. Lima, E. Eiras Á, K. I. Akaratovic, J. Kiser, and S. W. Gordon. 2021. Evaluation of the New Modular Biogents BG-Pro Mosquito Trap in Comparison to CDC, EVS, BG-Sentinel, and BG-Mosquitare Traps. *J Am Mosq Control Assoc* **37**:224-241.
- Detinova, T. S., D. S. Bertram, and O. World Health. 1962. Age-grouping methods in diptera of medical importance, with special reference to some vectors of malaria / T. S. Detinova ; [with] an Annex on the ovary and ovarioles of mosquitos (with glossary) by D. S. Bertram. World Health Organization, Geneva.
- Diéguez Fernández, L., V. Mentor Sarría, J. Peña Rodríguez, and M. Rivero Camejo. 2005. Presencia de la familia culicidae en el enclave turístico de Santa Lucía, Camagüey y su relación con enfermedades de importancia médico-veterinaria. *Revista Archivo Médico de Camagüey* **9**:1-11.
- DNVLA. 2012. Manual de Normas y Procedimientos técnicos. Para la Vigilancia y lucha antivectorial. Editorial Ciencias Médicas La Habana, Cuba.
- Dohm, D. J., M. R. Sardelis, and R. Turell. 2002. Experimental vertical transmission of West Nile Virus by *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Journal Medical Entomol* **39**:640 -644.
- Eiras, A. E., T. S. Buhagiar, and S. A. Ritchie. 2014. Development of the gravid *Aedes* trap for the capture of adult female container exploiting mosquitoes (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol* **51**:200-209.
- Facchinelli, L., L. Valerio, M. Pombi, P. Reiter, C. Costantini, and A. Della Torre. 2007. Development of a novel sticky trap for container-breeding mosquitoes and evaluation of its sampling properties to monitor urban populations of *Aedes albopictus*. *Med Vet Entomol* **21**:183-195.

- Farajollahi, A., B. Kesavaraju, D. C. Price, G. M. Williams, S. P. Healy, R. Gaugler, and M. P. Nelder. 2009. Field efficacy of BG-Sentinel and industry-standard traps for *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) and West Nile virus surveillance. *J Med Entomol* **46**:919-925.
- Favaro, E. A., M. R. Dibo, A. Mondini, A. C. Ferreira, A. A. C. Barbosa, and A. E. Eiras, et al. . 2006. Physiological state of *Aedes (Stegomyia) aegypti* mosquitoes captured with MosquiTRAPs (TM) in Mirassol, Sao Paulo, Brazil. *J Vector Ecol* **31**:285-291.
- Feinsinger, P. 2004. El diseño de estudios de Campo para la conservación de la Biodiversidad. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Editorial FAN.: 242
- Fernández-Salas, I., M. Garza-Rodríguez, B. Beaty, J. Ramos, and A. Rivas-Estilla. 2007. Presencia el Virus del Oeste del Nilo en el noreste de México. *Rev Sal Public Mex*. **49**:210-217.
- Ferro, C., J. Boshell, A. Moncayo, M. González, M. Ahumada, and W. Kang. 2003. Natural enzootic vectors of Venezuelan equine encephalitis virus, Magdalena Valley, Colombia. *Emerg. Infect. Dis.* **9**:49-54.
- Fimia Duarte, R., M. d. C. Marquetti Fernández, J. Iannacone, N. Hernández Contreras, G. González Muñoz, M. C. Poso del Sol, and G. Cruz Ruiz. 2017. Factores antropogénicos y ambientales sobre la fauna de culícidos (Diptera:Culicidae) de la provincia Sancti Spiritus, cuba. *The Biologist* **13**.
- Forattini, O. 1965. Entomología Médica. Vol I-H. . Fac. Saúde Pública. Univ. São Paulo:416 pp.
- Geier, M., A. Rose, J. Gunewald, and O. Jones. 2006. New mosquito traps improve the monitoring of disease vectors. *Int. Pest Control* **48**:124-126.
- Godsey, M. S., M. S. Blackmore, N. A. Panella, K. Burkhalter, K. Gottfried, and L. A. Halsey. 2005. West Nile virus epizootiology in the southeastern United States, 2001. *Vector-Borne Zoonotic Dis.* **5**:82-89.
- Gonçalves, V., and J. Macário. 2004. Epidemiological characteristics of dengue in the Municipality of São Luís, Maranhão, Brazil,1997-2002. . *Cadernos Saúde Pública.* **20**:1427–1431. .
- González, R. 2006. Culícidos de Cuba. Editorial Científico Técnica:184 p.
- Guerra, C. A., R. C. J. Reiner, T. A. Perkins, S. W. Lindsay, J. T. Midega, and O. J. Brady, et al. . 2014. A global assembly of adult female mosquito mark-release-recapture data to inform the control of mosquito-borne pathogens. *Parasit Vectors* **7**.
- Guo, X. X., C. X. Li, Y. Q. Deng, D. Xing, Q. M. Liu, Q. Wu, A. J. Sun, Y. D. Dong, W. C. Cao, C. F. Qin, and T. Y. Zhao. 2016. *Culex pipiens quinquefasciatus*: A potential vector to transmit Zika virus. *Emerg Microbes Infect*:e102-105.
- Gutiérrez-Bugallo, G., R. Rodríguez-Roche, and e. a. Díaz G. 2018. Spatio temporal distribution of vertically transmitted dengue viruses by *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from Arroyo Naranjo, Havana, Cuba. *Trop Med Int Health* **23**:1342-1349.
- Hales, S., N. Wet, J. Maindonald, and A. Woodward. 2002. Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model. *Lancet.* **60**:830-834.
- Hapairai, L. K., M. A. Cheong Sang, and H. C. Bossin. 2014. Comparison of the Centers for Disease Control and Prevention backpack and insectazooka aspirators for sampling *Aedes polynesiensis* in French Polynesia. *J Am Mosq Control Assoc* **30**:126- 129.
- Harrington, L., J. Edman, and T. Scott. 2001. Why do female *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) feed preferentially and frequently on human blood? *Journal Medical Entomol* **38**:411-422.
- Hoop, M., and J. Foley. 2001. Global scale relationships between climate and the dengue fever vector, *Aedes aegypti*. *Climatic Change* **48**:441-463.
- Hu, W., A. Clements, G. Williams, S. Tong, and K. Mengersen. 2012. Spatial patterns and socioecological drivers of dengue fever transmission in Queensland, Australia. *Environ Health Persp* **120**:260.

- Huhn, G., J. Sejvar, S. Montgomery, and M. Dworkin. 2003. West Nile virus in the United States: An update on an emerging infectious disease. *American Family Physician*, Research Library Core:653.
- Izaguirre, R., L. López, J. Richard, J. Mesa, and O. Herrera. 2003. Infección por Virus del Nilo Occidental. *Rev. Esp. Méd.Quir.* **8** 5-7.
- Johnson, M. T. J., and J. Munshi-South. 2017. Evolution of life in urban environments. *Science* **358**:8327.
- Juliano, S., and L. Lounibos. 2005. Ecology of invasive mosquitoes: Effects on resident species and on human health. *Ecol Letter* **8**:558-574.
- Karim, M., S. U. Munshi, N. Anwar, and M. S. Alam. 2012. Climatic factors influencing dengue cases in Dhaka city: a model for dengue prediction. *Indian Journal of Medical Research* **136**:32-39.
- Khater, E. I., M. Autry, D., M. K. Gaines, and R. D. Xue. 2022. Field evaluation of autocidal gravid ovitraps and in2care traps against *Aedes* mosquitoes in Saint Augustine, northeastern Florida. *J Mosq Control Assoc.* **69**:48-54.
- Knop, E. 2016. Biotic homogenization of three insect groups due to urbanization. *Glob. Chang. Biol* **22**:228-236
- Kröckel, U., A. Rose, Á. E. Eiras, and M. Geier. 2006. New Tools for Surveillance of Adult Yellow Fever Mosquitoes: Comparison of Trap Catches with Human Landing Rates in an Urban Environment. *J Mosq Control Assoc* **22**:229-238.
- Lacroix, R., H. Delatte, T. Hue, J. S. Dehecq, and P. Reiter. 2009. Adaptation of the BG-Sentinel trap to capture male and female *Aedes albopictus* mosquitoes. *Med Vet Entomol* **23**:160-162.
- Lega, J., H. E. Brown, and R. Barrera. 2017. *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): Abundance model improved with relative humidity and precipitation-driven egg hatching. *J Med Entomol* **54**:1375-1384.
- Li, Y., X. Su, G. Zhou, H. Zhang, S. Puthiyakunnon, S. Shuai, S. Cai, J. Gu, X. Zhou, G. Yan, and X. G. Chen. 2016. Comparative evaluation of the efficiency of the BG-Sentinel trap, CDC light trap and Mosquito-oviposition trap for the surveillance of vector mosquitoes. *Parasit Vectors* **9**:446.
- Little, E. A. H., O. T. Harriot, K. I. Akaratovic, J. P. Kiser, C. F. Abadam, and J. J. Shepard. 2021. Host interactions of *Aedes albopictus*, an invasive vector of arboviruses in Virginia USA. *PLOS Neg Trop Diseases* **15**:e0009173.
- Liu, C. G., L. Luo, and L. F. Hu. 2013. Progress in the methods of monitoring mosquitoes. *J Inspection Quarantine* **1**:52-57.
- Liu, F. R., N. Han, Q. W. Zhang, J. Dong, and X. S. Liang. 2010. Analysis on mosquito monitoring and its influential factors in Longgang district of Shenzhen from 2008 to 2009. *Practical Preventive Med.* **12**:2393-2396.
- Logan, J. G., M. A. Birkett, S. J. Clark, S. Powers, N. J. Seal, L. J. Wadhams, A. J. Mordue, and J. A. Pickett. 2008. Identification of human-derived volatile chemicals that interfere with attraction of *Aedes aegypti* mosquitoes. *J Chem Ecol* **34**:308-322.
- López-Vélez, R., and R. Molina. 2005. Cambio climático en España y riesgo de enfermedades infecciosas y parasitarias transmitidas por artrópodos y roedores. *Revista Española Salud Pública* **79**:177-190.
- Lorenz, C., and F. Chiaravalloti-Neto. 2022. Why are there no human West Nile virus outbreaks in South America? *The Lancet Regional Health - Americas* **12**:100276.
- Ludlam, K. W., L. A. Jachowski, and G. F. Otto. 1970. Potential vector of *Dirofilaria immitis*. *J Am Vet Med Assoc.* **157**:1354-1359.

- Lühken, R., W. P. Pfitzner, J. Börstler, R. Garms, K. Huber, and N. Schork. 2014. Field evaluation of four widely used mosquito traps in central Europe. *Parasit Vectors* **7**:268.
- Lwande, O. W., V. Obanda, A. Lindstrom, C. Ahlm, M. Evander, and J. Naslund. 2020. Globe-Trotting *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*: Risk Factors for Arbovirus Pandemics. *Vect Borne Zoonotic Dis* **20**:71-81.
- Maciel-de-Freitas, R., Á. E. Eiras, and R. Lourenço-de-Oliveira. 2006. Field evaluation of effectiveness of the BG-Sentinel, a new trap for capturing adult *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Mem Instituto Oswaldo Cruz* **101**.
- Mackay, A., M. Amador, and R. Barrera. 2013a. An improved autocidal gravid ovitrap for the control and surveillance of *Aedes aegypti* *Parasit Vectors*. **6**:225.
- Mackay, A. J., M. Amador, and R. Barrera. 2013b. An improved autocidal gravid ovitrap for the control and surveillance of *Aedes aegypti*. *Parasit Vector* **225**.
- Mankin, R. W. 1994. Detection of *Aedes taeniorhynchus* swarms and emergence exoduses in remote salt marshes. *J Am Mosq Control Assoc*. **10**:302-308.
- Marquetti, M., F. Carus, L. Aguilera, and A. Navarro. 1995. Influencia de factores abióticos sobre la incidencia de *Aedes aegypti* en el municipio 10 de Octubre de Ciudad de La Habana, 1982-1992. *Rev Cubana Med Trop* **47**:13-15.
- Marquetti, M., Y. Saint, C. Fuster, and L. Somarriba. 2012. The first report of *Aedes (Stegomyia) albopictus* in Haiti. *Mem Instituto Oswaldo Cruz* **107**:279-281.
- Marquetti, M. C., E. Camacho, J. A. Bisset, M. Leyva, Y. Martínez, and M. Acosta 2021. *Aedes vittatus* (Bigot, 1861) amenaza de salud en la región del Caribe: revisión de su biología e importancia médica. *BOLIPK*. **31**.
- Marquetti, M. C., I. Cuesta, M. Pérez, M. E. Mendizábal, K. Chamizo, R. Molina, M. Rodríguez, J. A. Bisset, and M. Leyva. 2021. Diversidad de culícidos y riesgo entomoepidemiológico, con énfasis en arbovirosis y malaria en La Habana, Cuba. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba* **11**.
- Marquetti, M. C., M. Leyva, J. A. Bisset, and S. García. 2009. Recipientes asociados a la infestación por *Aedes aegypti* en el municipio La Lisa. *Revista Cubana Medicina Tropical* **61**:232-238.
- Marquetti, M. d. C., M. Castillo, I. Peraza, M. Milian, R. Molina, M. Leyva, J. A. Bisset, and V. Vanlerberghe. 2023. *Aedes albopictus* (Skuse) dispersion in Havana City, Cuba, 1995–2018. *Acta Tropica* **240**:106839.
- Martinez, N. E., F. Dzul-Manzanilla, C. Gutierrez-Castro, J. Ibarra-Lopez, W. Bibiano-Marin, and L. Lopez-Damian, et al. 2014. Natural vertical transmission of dengue-1 virus in *Aedes aegypti* populations in Acapulco, Mexico. *J Am Mosq Control Assoc* **30**:143-146.
- Martins, V. E., C. H. Alencar, M. T. Kamimura, F. M. de Carvalho Araujo, S. G. De Simone, and R. F. Dutra, et al. . 2012. Occurrence of natural vertical transmission of dengue-2 and dengue-3 viruses in *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in Fortaleza, Ceara, Brazil. *PloS one* **7**:e41386.
- Mavale, M., A. Sudeep, M. Gokhale, S. Hundekar, D. Parashar, and Y. Ghodke. 2012. Persistence of viral RNA in chikunguña virusinfected *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) mosquitoes after prolonged storage at 28 degrees. *Am J Trop Med Hyg* **86**:178-180.
- Mayer, S. V., R. B. Tesh, and N. Vasilakis. 2017. The emergence of arthropod-borne viral diseases: A global prospective on dengue, chikungunya and zika fevers. *Acta Trop* **166**:155-163.
- McCafferty, P., and A. Provonsha. 1981. *Aquatic Entomology*. Science Book. Ins.:448p .
- McGregor, B. L., and C. R. Connelly. 2021. A Review of the Control of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in the Continental United States. *J Med Entomol* **58**:10-25.
- McKinney, M. L. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biol. Conserv* **127**:247-260.

- McMeniman, C. J., R. A. Corfas, B. J. Matthews, S. A. Ritchie, and L. B. Vosshall. 2014. Multimodal integration of carbon dioxide and other sensory cues drives mosquito attraction to humans. *Cell* **156**:1060-1071.
- Medeiros-Sousa, A. R., A. Fernandes, W. Ceretti-Junior, A. B. B. Wilke, and M. T. Marrelli. 2017). Mosquitoes in urban green spaces: using an island biogeographic approach to identify drivers of species richness and composition. *Sci. Rep.* **7**:17826.
- Medlock, J., K. Hansford, V. Versteirt, and B. Cull. 2015. An entomological of invasive mosquitoes in Europe. *Bulletin Entomological Research* **105**:363-363.
- Meeraus, W. H., J. S. Armistead, and J. R. Arias. 2008a. Field comparison of novel and gold standard traps for collecting *Aedes albopictus* in northern Virginia. *J Am Mosq Control Assoc* **24**:244-248.
- Meeraus, W. H., J. S. Armistead, and J. R. Arias. 2008b. Field comparison of novel and gold standard traps for collecting *Aedes albopictus* in Northern Virginia. *J Am Mosq Control Assoc* **24**:244-248.
- Mesa, F., J. Cardenas, and L. Villamil. 2005 Las encefalitis equinas en la salud pública Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. . Zaragoza, España. M&T-Manuales y Tesis SEA:84 p.
- Muñoz, M., and J. C. Navarro. 2012. Virus Mayaro: un arbovirus reemergente en Venezuela y Latinoamérica. *Biomédica* **32**.
- Nadim, S. S., I. Ghosh, M. Martcheva, and J. Chattopadhyay. 2020. Impact of venereal transmission on the dynamics of vertically transmitted viral diseases among mosquitoes. *Math Biosci.* **325**:108366.
- Ngoagouni, C., B. Kamgang, E. Nakouné, C. Paupy, and M. Kazanji. 2015. Invasion of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) into central Africa: what consequences for emerging diseases? *Parasites & Vectors.* **8**.
- O'Meara, G. F. 1992. The eastern saltmarsh mosquito *Aedes sollicitans*. *Wing Beats* **3**:5.
- O'Meara, G. F. 2000. *Deinocerites cancer Theobald* (Insecta: Diptera: Culicidae). *Entomology and nematology*. University of Florida **Latest revision: June 2014. Reviewed: May 2020.**
- OMS. 2011. Infección por el virus del Nilo Occidental. Nota descriptiva **354**
- OPS. 1995. Dengue y dengue hemorrágico en las Américas: su prevención y control. Publicación Científica Nº 548.
- OPS. 2018 Actualización Epidemiológica: Fiebre amarilla, 7 de diciembre de 2018 OPS/OMS.
- OPS. 2020. Métodos de vigilancia entomológica y control de los principales vectores en las Américas. Organización Panamericana de la Salud.
- Ordóñez-González, J. G., R. Mercado-Hernández, A. E. Flores-Suárez, and I. Fernández-Salas. 2001. The use of sticky ovitraps to estimate dispersal of *Aedes aegypti* in northeastern México. *J Am Mosq Control Assoc* **17**:93-97.
- Ortega-López, L. D., E. Pondeville, A. Kohl, R. León, M. P. Betancourth, F. Almire, S. Torres-Valencia, S. Saldarriaga, N. Mirzai, and H. M. Ferguson. 2020. The mosquito electrocuting trap as an exposure-free method for measuring human-biting rates by *Aedes* mosquito vectors. *Parasit Vectors* **13**:31.
- PAHO. 2016. Zika - Epidemiological Report Cuba. . Pan American Health Organization / World Health Organization. Washington, D.C.: PAHO/WHO; 2016.
- PAHO. 2017. Zika - Epidemiological Report Cuba. September 2017. Washington, D.C. PAHO/WHO.
- Paupy, C., H. Delatte, L. Bagny, V. Corbel, and D. Fontenille. 2009. *Aedes albopictus* an arbovirus vector: from the darkness to the light. *Microbes Infect.* **11**:1177-1185.

- Pelegriño, J. L., M. Suárez, M. G. Guzmán, S. Vázquez, and N. R. Benítez. 1996. Vigilancia de las encefalitis de San Luis, equina del este y equina del oeste en la provincia Ciego de Avila. *Rev Cubana Med Trop* **48**:1-7.
- Pérez-Castillo, M., M. Mendizábal-Alcalá, I. Peraza-Cuesta, R. Molina-Torriente, and M. Marquetti-Fernández. 2014. Distribución espacial y temporal de los sitios de cría de *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) en La Habana, Cuba. *Revista Cubana de Medicina Tropical* **66**.
- Pérez-Vigueras. La Habana 1956. Los ixodidos y culícidos de Cuba, Su historia Natural y Médica. .
- Pérez, M., R. Gonzalez, I. Peraza, M. E. Mendizábal, K. Chamizo, R. Molina, M. Rodríguez, J. A. Bisset, M. Leyva, and M. C. Marquetti. 2019. First Record of *Culex (Culex) coronator* (Diptera: Culicidae) in Havana, Cuba. *SM Veterinary Medicine and Animal Science* **2**:1004.
- Petersen, L., and A. Marfin. 2002. West Nile Virus: A primer for the clinician. *Annals of Internal Med* **137**:173-179.
- Pombi, M., F. Jacobs, N. O. Verhulst, B. Caputo, A. della Torre, and W. Takken. 2014. Field evaluation of a novel synthetic odour blend and of the synergistic role of carbon dioxide for sampling host-seeking *Aedes albopictus* adults in Rome, Italy. *Parasit Vectors*. **7**:580.
- Pupo-Antúnez, M., Y. Vázquez, M. Andonova, S. Vázquez, and L. Morier. 2018. Field Study: Searching for West Nile Virus in Cuba. *J Emerg Dis Virol* **41**.
- Pupo, M., M. G. Guzmán, R. Fernández, A. Llop, and F. O. Dickinson. 2006. West Nile Virus Infection in Humans and Horses, Cuba. *Emerg Infect Dis* **12**:1022-1024.
- Ramudo, V. S., M. G. Guzmán, and M. R. Borges. 1989. Estudio serológico de arbovirus en 2 localidades de la Isla de la Juventud. *Rev Cubana Med Trop*:362-370.
- Rappole, J., S. Derrickson, and Z. Hubalek. 2000. Migratory birds and spread of West Nile virus in the Western Hemisphere. *Emerg Infect Dis*. **6**:319-328.
- Reineri, J., R. Harboch, and I. Kitching. 2004. Phylogeny and classification of Aedini (Diptera: Culicidae) based on morphological character of all life stages. *Zoo J Linn Soc* **142**:289-368.
- Reisen, W., H. Lothrop, R. Chiles, M. Madon, C. Cossen, L. Woods, S. Husted, V. Kramer, and J. Edman. 2004. West Nile virus in California. *Emerg. Infect. Dis*. **10**:1369-1378.
- Resende, M. C., T. M. Azara, I. O. Costa, L. C. Heringer, M. R. Andrade, and J. L. Acebal. 2012. Field optimization of MosquiTRAP sampling for monitoring *Aedes aegypti* Linnaeus (Diptera: Culicidae). *Mem Inst Oswaldo Cruz*. **107**:294-302.
- Ritchie, S. A., S. Long, G. Smith, A. Pyke, and T. B. Knox. 2004. Entomological investigations in a focus of dengue transmission in Cairns, Queensland, Australia, by using the sticky ovitraps. *J Med Entomol* **41**:1-4.
- Roiz, D., A. L. Wilson, T. W. Scott, D. M. Fonseca, F. Jourdain, P. Müller, R. Velayudhan, and V. Corbel. 2022. Correction: Integrated Aedes management for the control of Aedes-borne diseases. *PLOS Neglected Tropical Diseases* **16**:e0010310.
- Rueda, M., K. Patel, R. Axtell, and E. Stinner. 1990. Temperature dependent development and survival rates of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol*:892-896.
- Shannon, C. E., and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. . University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU:144 pp.
- Sharmila, D. 2020. Travel restrictions hampering COVID-19 response. . *The Lancet Regional Health - Americas* **395**:1331- 1332.
- Staunton, K. M., J. E. Crawford, D. Cornel, P. Yeeles, M. Desnoyer, J. Livni, J. Holeman, F. S. Mulligan, N. Snoad, and S. A. Ritchie. 2020. Environmental influences on *Aedes aegypti* catches in Biogents Sentinel traps during a Californian “rear and release” program: implications for designing surveillance programs. *PLoS Neglected Trop Dis* **14**.

- Su, T., P. Mullens, J. Thieme, A. Melgoza, R. Real, and M. Q. Brown. 2020. Deployment and fact Analysis of the In2Care® mosquito trap, a novel tool for controlling invasive *Aedes* species. *J Am Mosq Control Assoc.* **36**:167-174.
- Takken, W., and N. O. Verhulst. 2013. Host preferences of blood-feeding mosquitoes. *Annu Rev Entomol* **58**:433-453.
- Takken, W., and N. O. Verhulst. 2017. Chemical signaling in mosquito-host interactions: the role of human skin microbiota. *Curr Opin Insect Sci* **20**:68-74.
- Tefera, Y., M. Tong, V. Mathew, O. Anikeeva, A. Hansen, K. Dear, and e. al. 2023. Effects of high temperatures and heatwaves on dengue fever: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet* **91**.
- Tun-Lin, W., T. R. Burkot, and B. H. Kay. 2000. Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector *Ae. aegypti* in north Queensland, Australia. *Med Vet Entomol.* **14**:31-37.
- Turell, M. J., G. V. Ludwig, and J. R. Beaman. 1992. Transmission of Venezuelan Equine Encephalomyelitis Virus by *Aedes sollicitans* and *Aedes taeniorhynchus* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol* **29**:62-65.
- Turell, M. J., C. A. Rossi, and C. L. Bailey. 1985. Effect of Extrinsic Incubation Temperature on the Ability of *Aedes Taeniorhynchus* and *Culex Pipiens* to Transmit Rift Valley Fever Virus. *Am J Trop Med Hyg* **34**:1211-1218.
- Unlu, I., and M. Baker. 2018. Comparison of BG-sentinel prototype BG-Sentinel-1, and BG-Sentinel-2: better results with modification of earlier design. *J Am Mosq Control Assoc* **34**:237-239.
- Unlu, I., and A. Farajollahi. 2014. A multiyear surveillance for *Aedes albopictus* with Biogents Sentinel trap counts for males and species composition of other mosquito species. *J Am Mosq Control Assoc* **30**:122-125.
- Unlu, I., A. Farajollahi, I. Rochlin, T. N. Crepeau, D. Strickman, and R. Gaugler. 2014. Differences in male-female ratios of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) following ultra-low volume adulticide applications. *Acta Tropica* **137**:201-205.
- van den Hurk, A. F., S. Hall-Mendelin, C. C. Jansen, and S. Higgs. 2017. Zika virus and *Culex quinquefasciatus* mosquitoes: a tenuous link. *Lancet Infect Dis* **17**:1014-1016.
- van den Hurk, A. F., S. Hall-Mendelin, C. A. Johansen, D. Warrilow, and S. A. Ritchie. 2012. Evolution of mosquito based arbovirus surveillance systems in Australia. *Biomed Biotechnol.*
- van Loon, J. J. A., R. C. Smallegange, G. Bukovinszkiné-Kiss, F. Jacobs, M. De Rijk, and W. R. Mukabana. 2015. Mosquito attraction: crucial role of carbon dioxide in formulation of a five-component blend of human-derived volatiles. *J Chem Ecol* **41**:567-573.
- Vázquez-Prokopec, G. M., W. A. Galvin, R. Kelly, and U. Kitron. 2009. A new, cost-effective, battery-powered aspirator for adult mosquito collections. *J Med Entomol* **46**:1256-1259.
- Verhulst, N. O., P. A. Mbadi, G. B. Kiss, W. R. Mukabana, J. J. A. van Loon, and W. Takken, et al. 2011. Improvement of a synthetic lure for *Anopheles gambiae* using compounds produced by human skin microbiota. *Malar Journal* **10**:28.
- WHO. 2018. Efficacy-testing of traps for control of aedes spp. Mosquito vectors WHO/CDS/NTD/VEM/2018.6). Geneva: World Health Organization; 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- WHO. 2020a. Declaración sobre la segunda reunión del Comité de Emergencias del Reglamento Sanitario Internacional acerca del brote del nuevo coronavirus
- WHO. 2020b. Dengue and severe dengue.
- WHO. 2021. World Health Organization. Dengue and severe dengue 2021

- Wilke, A. B. B., C. Vasquez, A. Carvajal, M. Moreno, W. D. Petrie, and J. C. Beier. 2022. Evaluation of the effectiveness of BG-Sentinel and CDC light traps in assessing the abundance, richness, and community composition of mosquitoes in rural and natural areas. *Parasit Vectors* **15**.
- Wilke, A. B. B., C. Vasquez, P. J. Mauriello, and J. C. Beier. 2018. Ornamental bromeliads of Miami-Dade County, Florida are important breeding sites for *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Parasit. Vectors* **11**.
- Wilke, A. B. B., C. Vasquez, J. Medina, A. Carvajal, W. Petrie, and J. C. Beier. 2019. Community composition and year-round abundance of vector species of mosquitoes make miami-dade county, florida a receptive gateway for arbovirus entry to the united states. *Scientific Reports* **9**:8732.
- Wilton, D. P., and K. O. Kloter. 1985. Preliminary evaluation of a black cylinder suction trap for *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol* **22**:113-114
- Williams, C. R., S. A. Long, R. C. Russel, and S. A. Ritchie. 2006. Field efficacy of the BG-Sentinel compared with CDC backpack aspirators and CO₂-baited EVS traps for collection of adult *Aedes aegypti* in Cairns, Queensland, Australia. *J Am Mosq Control Assoc* **22**:296-300.
- Wipf, N. C., V. Guidi, M. Tonolla, M. Ruinelli, P. Müller, and O. Engler. 2019. Evaluation of honey-baited FTA cards in combination with different mosquito traps in an area of low arbovirus prevalence. *Parasit Vectors* **12**:554.
- Xia, H., Y. Wang, E. antoni, and B. Zhang. 2018. Mosquitoes associated virus in China. *Virological Sin* **33**:5-20.
- Zúñiga-Carrasco, I. R., and R. Miliar de Jesús. 2019. Aereopuertos y aviones hábitat para una diversidad de agentes patógenos. *Revista Enferm Infeccion Pediatric* **31**:1432-1440.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1 Consentimiento Informado

El Dpto de Control de Mosquitos del Polo Turístico de Varadero en coordinación con el Instituto de Medicina Tropical “Pedro Kouri” Habana, se encuentran conduciendo el presente estudio para la evaluación de la trampas de colectas de mosquitos adultos BG Sentinel. Cualquier duda Contactar con el Lic. Domingo Montada o la Dra. Maureen Leyva en el IPK al 72553628 en horario laboral

Este documento consta de 2 partes:

Parte I: Hoja informativa

Estamos realizando una investigación relacionada con la evaluación de las trampas de captura de mosquitos adultos BG Sentinel como una alternativa para el control de mosquitos. Por este medio le estamos brindando información e invitándolo a participar en la investigación. Este documento puede contener palabras que usted no comprenda. Por favor, tome su tiempo para realizar las preguntas que necesite relacionadas con el estudio. Deseamos que acceda a participar solo si comprende todo sobre el mismo.

Propósito y descripción de la investigación

El propósito de esta investigación es evaluar la efectividad de las trampas de captura de mosquitos adultos BG Sentinel. La evaluación se realizará según lo establecido en las metodologías de la OMS

Este estudio se realiza con vistas a brindar un método alternativo conjuntamente con otros tipos de encuestas para el monitoreo y detención temprana de la presencia del mosquito *Aedes aegypti* y de esta forma realizar las acciones oportunamente para su control

Procedimientos

El estudio se realizará partiendo del principio de voluntariedad y siguiendo metodología estandarizada de la Organización Mundial de la Salud (OMS 2009). La trampa de captura de mosquitos adultos BG Sentinel se utiliza para la captura de mosquitos adultos, se utiliza un cebo que desprende sustancias volátiles que simulan parte de las sustancias excretadas durante metabolismo de los mamíferos. Debido a su tamaño normalmente se coloca a nivel del suelo. En el medio de la trampa hay un tubo oscuro por el cual succiona dentro de la trampa a los mosquitos que se acercan a la trampa. Esta succión ocurre con un ventilador pequeño que está instalado dentro de la trampa, que funciona con una batería de 12 voltios. Los mosquitos que entran no pueden escapar debido a que son atrapados dentro de una bolsita negra de tul. Esta trampa será revisada tres veces en la semana.

Privacidad y confidencialidad de la información

La información de los resultados será totalmente confidencial. Solo los investigadores involucrados en el estudio tendrán acceso a ella

Posibles riesgos

No existen riesgos al utilizar este método de trapeo. Los mosquitos quedarán atrapados en el dispositivo a fin

Uso de los resultados de la investigación

Los resultados que se obtengan del presente estudio serán compartidos con usted y su comunidad antes de hacerse públicos. Está prevista la publicación de los resultados de investigación en revistas médicas, libros u otros materiales con fines científicos; así como la utilización de la información con fines educativos.

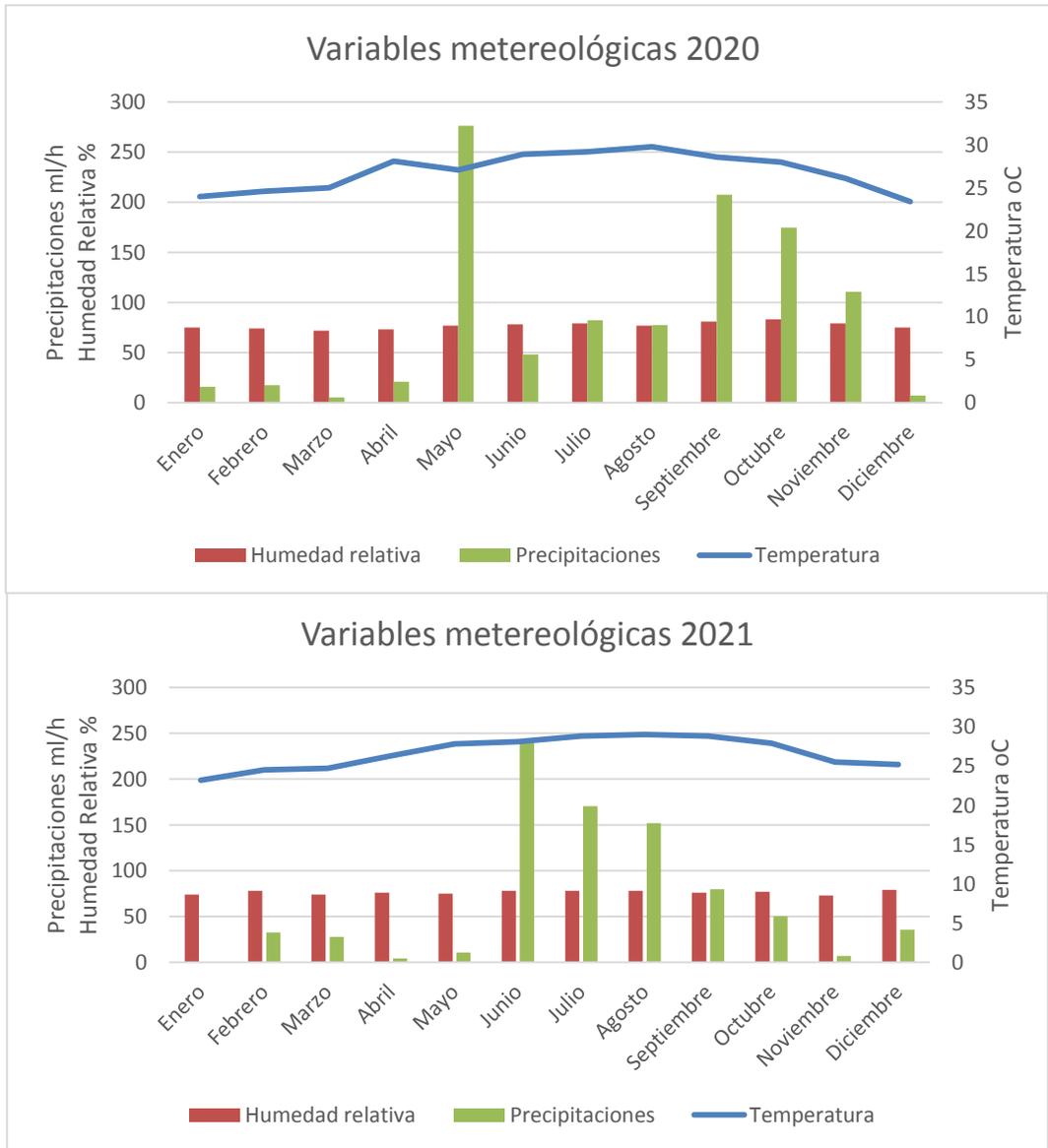
Parte II .- Certificado de consentimiento (donde usted firmará, en caso que acceda a participar en el estudio). .-

Estimado director del centro,-----de la Manzana No----- ubicado en la localidad de varadero

Su centro ha sido seleccionado para participar en la evaluación de las trampas de captura de mosquitos adultos BG Sentinel. Las trampas BG Sentinel está especialmente diseñada para la captura de mosquitos adultos.

Si Ud. esta de acuerdo en participar en este estudio puede dar su consentimiento mediante la firma de este documento.

Anexo 2 Variables meteorológicas; Precipitaciones, Temperatura y Humedad relativas mensuales, obtenidas de observatorio Provincial Matanzas durante el período 2020-2021



Anexo 3

Tabla 3 Captura manual en reposo (CMR) de *Aedes aegypti* y mediante trampas BG Sentinel en el año 2020 y 2021

Tipo de encuesta	Año 2020												Total
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	
Trampa Sentinel	48	126	59	96	65	215	326	490	456	440	360	246	2927
CMR	0	3	1	2	2	3	6	8	10	13	8	5	61
año 2021													
Trampa Sentinel	108	87	206	302	795	1370	2811	1529	791	655	473	339	9642
CMR	2	3	4	5	4	15	17	9	12	4	3	2	80