



Universitat
de les Illes Balears

TRABAJO DE FIN DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA DE *Aedes albopictus* CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE AZÚCARES

Daniel Serrano Moreno

Grado de Biología

Facultad de Ciencias

Año Académico 2022-23

EVALUACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA DE *Aedes albopictus* CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE AZÚCARES

Daniel Serrano Moreno

Trabajo de Fin de Grado

Facultad de Ciencias

Universidad de las Illes Balears

Año Académico 2022-23

Palabras clave del trabajo:

Aedes albopictus, agave, azúcar, miel, sacarina, supervivencia

Nombre Tutor/Tutora del Trabajo Carlos Barceló Seguí

Se autoriza la Universidad a incluir este trabajo en el Repositorio Institucional para su consulta en acceso abierto y difusión en línea, con fines exclusivamente académicos y de investigación

Autor		Tutor	
Sí	No	Sí	No
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Resumen

Las especies invasoras son un grave problema a nivel mundial. Ciertas especies de mosquitos son vectores capaces de transmitir enfermedades como: la fiebre amarilla, el dengue, el zika, la fiebre del Nilo, etc. Los mosquitos se alimentan de gran variedad de carbohidratos. En el presente estudio observamos poblaciones que provenían de poblaciones estables de *Aedes albopictus* de laboratorio. Se llevó a cabo en unas condiciones de temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, una humedad relativa del $75\% \pm 3$ y con un fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 de oscuridad y se les alimentó con diferentes tipos de sustancias azucaradas (azúcar, agave, miel y sacarina) a concentraciones del 10%, 30%, 50% y 70% con el fin de observar con que tratamiento tenían mayor tasa de supervivencia. Estos estudios se hicieron dentro de pequeños contenedores cerrados. Los mejores y los peores resultados de esta primera parte se emplearon a posteriori con poblaciones de campo para ver si era posible extrapolar los resultados a poblaciones salvajes. Para observar si las poblaciones de mosquitos se alimentaban se emplearon colorantes alimenticios que permitían exponer de forma cualitativa si estos se alimentaban o no. A grandes rasgos se pudo observar que los mosquitos que provenían de poblaciones estables de laboratorio tenían mayor tasa de supervivencia a medida que la concentración aumentaba y menor tasa de supervivencia cuando la sustancia azucarada era más artificial. En las poblaciones de campo se observó que la tasa de supervivencia era muy inferior a la de campo y que se mantenía de forma muy similar sin importar que sustancia azucarada se empleara.

Resum

Les espècies invasores són un greu problema a nivell mundial. Certes espècies de mosquits són vectors capaços de transmetre malalties com la febre groga, el dengue, el zika, la febre del Nil, etc. Els mosquits es nodreixen d'una gran varietat de carbohidrats. En el present estudi vam observar poblacions que provenien de poblacions estables de *Aedes albopictus* de laboratori. Es va dur a terme en unes condicions de temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, una humitat relativa del $75\% \pm 3$ i amb un fotoperíode de 12 hores de llum i 12 d'obscuritat i se'ls va alimentar amb diferents tipus de substàncies sucrades (sucre, agave, mel i sacarina) a concentracions del 10%, 30%, 50% i 70% amb la finalitat d'observar amb quin tractament tenien major taxa de supervivència. Aquests estudis es van fer dins de petits contenidors tancats. Els millors i els pitjors resultats d'aquesta primera part es van emprar a posteriori amb poblacions de camp per veure si era possible extrapolar els resultats a poblacions salvatges. Per observar si les poblacions de mosquits s'alimentaven es van emprar colorants alimentaris que permetien exposar de forma qualitativa si aquests s'alimentaven o no.

A grans trets es va poder observar que els mosquits que provenien de poblacions estables de laboratori tenien major taxa de supervivència a mesura que la concentració augmentava i menor taxa de supervivència quan la substància sucrada era més artificial. En les poblacions de camp es va observar que la taxa de supervivència era molt inferior a la de camp i que es mantenia de forma molt similar sense importar quina substància sucrada s'empleés.

Abstract

Invasive species are a serious global problem. Certain species of mosquitoes are vectors capable of transmitting diseases such as yellow fever, dengue, Zika, West Nile fever, etc. Mosquitoes feed on a wide variety of carbohydrates. In the present study, we observed populations that originated from stable laboratory populations of *Aedes albopictus*. It was conducted under conditions of temperature at $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, relative humidity at $75\% \pm 3$, and with a photoperiod of 12 hours of light and 12 hours of darkness. They were fed with different types of sugary substances (sugar, agave, honey, and saccharin) at concentrations of 10%, 30%, 50%, and 70% in order to observe which treatment had the highest survival rate. These studies were conducted within small closed containers. The best and worst results from this first part were subsequently used with field populations to see if it was possible to extrapolate the results to wild populations. To observe whether mosquito populations were feeding, food dyes were used to qualitatively expose whether they were feeding or not. In general, it was observed that mosquitoes from stable laboratory populations had a higher survival rate as the concentration increased and a lower survival rate when the sugary substance was more artificial. In field populations, it was observed that the survival rate was much lower than in the laboratory, and it remained very similar regardless of which sugary substance was used.

Índice

1. Agradecimientos	8
2. Introducción.....	8
3. Objetivos.....	10
4. Material y métodos	10
4.1. Preparación de las larvas	10
4.2. Deposición de las pupas en evolucionarios.....	11
4.3. Preparación de diluciones y aplicación	12
4.4. Análisis estadístico.	13
5. Resultados	14
6. Discusión	19
7. Conclusión.....	21
8. Bibliografía.....	22

1. Agradecimientos:

Agradecer a Mikel Bengoa de Anticimex y a Tania Navarro, ayudante del departamento de Zoología de la Universidad de las Islas Baleares, que proporcionaron los huevos para el experimento. Agradecer también al plan de vigilancia entomológica de puertos y aeropuertos que nos permitieron muestrear en sus zonas y al departamento de Zoología de la Universidad de las Islas Baleares por permitirnos emplear sus instalaciones. Finalmente agradecer al Doctor Carlos Barceló el asesoramiento ofrecido para poder desempeñar el presente trabajo.

2. Introducción:

Las especies invasoras suponen una amenaza para la diversidad biológica, a la economía, los ecosistemas y en el grado que más nos atañe, a la salud (CBD 2002). Uno de los grupos de insectos que podemos encontrar dentro del amplio catálogo de las especies invasoras es la familia Culicidae, comúnmente conocidos como mosquitos. Tienen ciertas características distintivas como: cuerpos delgados, alas escamosas y piezas bucales adaptadas a la succión de la sangre de otros animales para formar los huevos, en el caso de las hembras (Triplehorn y Johnson 2004). Dentro de la familia Culicidae nos encontramos con tres especies que son vectores patológicos de gran importancia: *Aedes aegypti* (Linnaeus 1762) capaz de transmitir el dengue y la fiebre amarilla, *Aedes albopictus* (Skuse 1895) transmisor del dengue, Zika, Chikungunya, etc y *Culex pipens* (Linnaeus 1758) vector del virus de la encefalitis equina y de la fiebre del Nilo Occidental (Forattini 2002; García-Bocanegra *et al.*, 2012; Brustolin *et al.*, 2016). El mosquito tigre *Ae. albopictus* es originario del sudeste asiático de zonas como Indonesia, Malasia y Filipinas. Los primeros avistamientos de esta especie en el continente europeo se certifican en Albania en 1979 desde donde se fue extendiendo por muchos países de Europa (Mitchell 1995). En España se detectó por primera vez la presencia de *Ae. albopictus* el año 2004 en Sant Cugat del Vallès, Cataluña (Aranda *et al.*, 2006) y se fue extendiendo a otras regiones del país. En Baleares encontramos su presencia en el municipio de Binissalem en el año 2012 (Miquel *et al.*, 2013). El ciclo de *Ae. albopictus* se compone de cuatro estadios: huevo, larva y pupa y adulto. Las hembras adultas depositan los huevos en la parte interna de recipientes estancos por encima de la línea del agua y estos son capaces de aguantar la desecación hasta 8 meses. Esta especie requiere de pequeñas cantidades de agua para depositar los huevos, es por ello que neumáticos abandonados, platos de riego o cualquier objeto que pueda albergar pequeñas cantidades de agua es un recipiente idóneo para su oviposición (Triplehorn y Johnson. 2004; Althothily *et al.*, 2019; CDC 2022). Una vez que los huevos están cubiertos de agua tardan de uno a tres días en emerger las primeras larvas. Las larvas se irán alimentando de materia en suspensión que puedan encontrar en el agua y

pasarán por varios estadios larvarios hasta convertirse en pupa. La pupa se convertirá en adulto pasados dos o tres días. El adulto saldrá volando y reiniciará el ciclo (Triplehorn y Johnson. 2004; Alhothily *et al.*, 2019; CDC 2022). Los adultos (tanto machos como hembras) necesitan consumir de forma frecuente carbohidratos para sobrevivir el máximo tiempo posible y poder reproducirse. Los carbohidratos pueden proceder de plantas o secreciones de insectos: como miel o la melaza de los pulgones (Foster 1995). Se ha llegado a encontrar, mediante cromatografía de gases hechas a especímenes salvajes de *Ae. albopictus*, que la mayoría de los carbohidratos que consumen son: fructosa, glucosa, sacarosa, maltosa, turanosa, melibiosa, eriosa, etc (Burckett *et al.*, 1998). Estudios previos han demostrado que la disponibilidad de azúcares y su concentración es capaz de aumentar la tasa de supervivencia de *Ae. albopictus* en condiciones de laboratorio (Rui-De *et al.*, 2008; Naziri *et al.*, 2016). Mediante la cría en cautividad de *Ae. albopictus* se pretende recrear unas condiciones climáticas óptimas similares a las que se podrían encontrar en la naturaleza, con la diferencia que estas serán estables (Wasburn 1995). La cría se lleva a cabo en contenedores pequeños que permite: tener poblaciones más reducidas con mayor tasa de extinción, controlar las variables ambientales (temperatura, humedad, depredación, etc.) y tener control sobre la alimentación de las larvas y adultos en todo momento, pudiendo estandarizar los resultados que se obtienen de supervivencia por el tipo de alimentación (Arrivillaga & Barrera 2004). La cría en cautividad se lleva a cabo en dos etapas muy marcadas: de huevo a pupa y de pupa a adulto. La etapa huevo a pupa se desarrolla en el agua en recipientes que puedan mantener sumergidos los huevos de forma constante y la etapa pupa adulto se desarrolla parcialmente en agua, donde solo la pupa está en contacto directo con el agua y una vez emerge el adulto este no vuelve a emplear el agua hasta la oviposición (Arrivillaga & Barrera 2004; Triplehorn y Johnson. 2004; CDC 2022). La importancia de mantener colonias en laboratorio de esta manera reside en conocer si se sienten más o menos atraídos por ciertas sustancias más que por otras para funcionar como quimioatrayente en trampas que podamos colocar en el campo (Hanckock y Foster 1993) y en poder prolongar el mayor tiempo posible la vida de los mosquitos para poder experimentar con: insecticidas, repelentes, observación de etología, etc.

3. Objetivos:

Con el estudio que sigue estas líneas se quiere comprobar si el uso de un tipo de solución azucarada u otro, y la concentración en la que se presenta, puede tener repercusión en la tasa de supervivencia de *Ae.albopictus* en condiciones de laboratorio y finalmente comparar si esto también se traduce a poblaciones de campo.

4. Material y métodos:

Este experimento se llevó a cabo en unas condiciones ambientales dentro del insectario de la Universidad de las Islas Baleares a una temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, una humedad relativa del $75\% \pm 3$ y con un fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 de oscuridad.

4.1. Preparación de las larvas:

En una cubeta de plástico de 6,5 cm x 23 cm x 19 cm, se pusieron unos 4 cm de agua de grifo y se dejó reposar 24 horas para evaporar el cloro. Pasadas las 24 horas dispusimos dentro de la cubeta entre tres y cuatro depresores (Figura 1, A) con huevos de *Ae. albopictus* que procedían de una F3 y F4 de una población del laboratorio de Anticimex. Para alimentar a las larvas se usó escamas de alimento para peces de acuario doméstico (JBL Pronovo Red Flakes M en escamas, (Figura 1, B). Sacamos los depresores a los dos días, los dejamos secar 24 horas y los volvimos a introducir (Horsfall 1956; Vitek et al., 2006). Se reponía el agua de la cubeta a medida que se evaporaba. Fuimos observando durante varios días la cubeta hasta que se apreciaron pupas de *Ae. albopictus*.



Figura 1. Depresores con huevos de *Ae. Albopictus* en cubeta con agua (A) y alimento de peces en escamas (B).

Para las poblaciones salvajes se usaron huevos procedentes de depredadores del Plan Nacional de Entomovigilancia en Puertos y Aeropuertos, concretamente del Aeropuerto de San Joan de Palma de Mallorca, a los que solo se les sometió a los tratamientos que dieron mejores y peores resultados en los individuos que venían de poblaciones del laboratorio.

4.2. Deposición de pupas en evolucionarios:

Con la ayuda de una pipeta de transferencia desechable de plástico de 3 ml, con la punta previamente cortada en horizontal, fuimos recogiendo pupas de la cubeta y depositándolas en un vaso de análisis de 100 ml con unos 8 cm de agua de grifo declorada hasta que reunimos ocho pupas (Figura 2 A). Dispusimos estas pupas en la parte baja del evolucionario (evolucionarios cilíndricos marca Delta desmontables en dos partes; de 20 cm de alto x 12 cm de diámetro con una apertura cenital de 4,7 cm de diámetro y un cono central con una apertura en la boca del embudo de 2,2 cm de diámetro y tapamos el evolucionario con un tapón de goma de 5 cm de diámetro (fue importante ensanchar los tapones de goma antes de ponerlos en la boca del evolucionario para evitar que cayeran dentro (Figura 2 B).



Figura 2. Pupas *Ae. Albopictus* en bote de análisis (A), Evolucionario con las pupas de *Ae. Albopictus* e hisopos (B).

4.3. Preparación de diluciones y aplicación:

A medida que hicimos los evolucionarios se prepararon las diferentes disoluciones en botes de análisis de 100 ml. Los ingredientes empleados fueron: 50 ml de grifo para cada disolución, azúcar blanco de la marca Azucarera sirope de agave marca Hacendado, Miel de flores marca Hacendado, edulcorante líquido de la marca Hacendado y colorantes alimentarios azul y rojo de la marca Vahiné para determinar si los adultos se alimentaban o no de la mezcla. Para pesar los ingredientes se empleó una báscula de precisión portátil marca Vinabo de 700g / 0.01g. Cada tratamiento disponía de 4 concentraciones diferentes: 70%, 50%, 30% y 10% (Bellini *et al.*, 2014; Naziri *et al.*, 2016).

Se prepararon las siguientes diluciones:

- Dilución control solo con agua de grifo
- Diluciones de azúcar al 10%, al 30%, al 50% y al 70%
- Diluciones de agave al 10%, al 30%, al 50% y al 70%
- Diluciones de miel al 10%, al 30%, al 50% y al 70%
- Diluciones de sacarina al 10%, al 30%, al 50% y al 70%

Por cada concentración se hicieron dos réplicas con 8 individuos cada una para mejorar la fiabilidad del experimento, teniendo un total de $n=16$ por cada concentración de tratamiento (Figura 3) Se cortaron hisopos de algodón en dos y se introdujeron ambas partes en la dilución correspondiente, para evitar que gotearan dentro del evolucionario lo dejaremos reposar en la tapa del bote unos segundos y que la disolución quedara bien absorbida por el algodón. Se introdujeron ambas partes dejando el algodón impregnado con la solución hacia dentro, sujetas por el tapón de goma (Figura 3). A medida que se alimentaban veíamos hinchazón en el abdomen de los individuos y podíamos ver el color del colorante para cerciorarnos de que se alimentaban (Se cambiaron los hisopos cada 3 o 4 días repitiendo el proceso descrito arriba, para evitar que los adultos se queden pegados en ellos y favorecer que puedan alimentarse de la dilución correspondiente. Se anotaban los datos de muerte de los individuos cada 1 o 3 días para ser lo más precisos posibles y se tenía en cuenta el día de deposición de la pupa en el evolucionario -1 día para empezar a contar.



Figura 3. Evolucionarios con los tratamientos.

4.4. Análisis estadístico:

Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para determinar la relación de *Ae. albopictus* con las diferentes soluciones azucaradas. Se utilizó la prueba de Dunn con corrección de Bonferroni para determinar qué grupos presentaban diferencias significativas. Para llevar a cabo las pruebas estadísticas y gráficas se empleó R versión 4.1.2 (IATA, Viena, AT).

5. Resultados:

Para los datos de media de supervivencia de *Ae. albopictus* de laboratorio sin tener en cuenta el sexo, se observó que existían diferencias significativas entre tratamientos (Kruskal-Wallis test: $\chi^2 = 157.24$, $df = 12$, $p < 0.01$ (Figura 4). Para comprobar que grupos presentaban diferencias se realizó un test de Dunn con corrección Bonferroni obteniendo que los grupos: Azúcar al 70% (con una media de 31 días de supervivencia y con 56 días como marca máxima de supervivencia dentro de esta población) presentaba diferencias significativas con el grupo control (con una media de 7 días de supervivencia y con 9 días como marca máxima de supervivencia dentro de esta población) y con los grupos sacarina 10% (con una media de 5 días de supervivencia y con 8 días como marca de supervivencia dentro de esta población), sacarina 30% (con una media de 5 días de supervivencia y con 8 días como marca máxima de supervivencia dentro de esta población), sacarina 50% (con una media de 6 días de supervivencia y con 8 días como marca máxima de supervivencia dentro de esta población) y sacarina 70% (con una media de 8 días de supervivencia y con 8 días como marca de supervivencia dentro de esta población). El grupo control presentaba diferencias significativas con sacarina 10%, sacarina 30%, sacarina 50% y sacarina 70%.

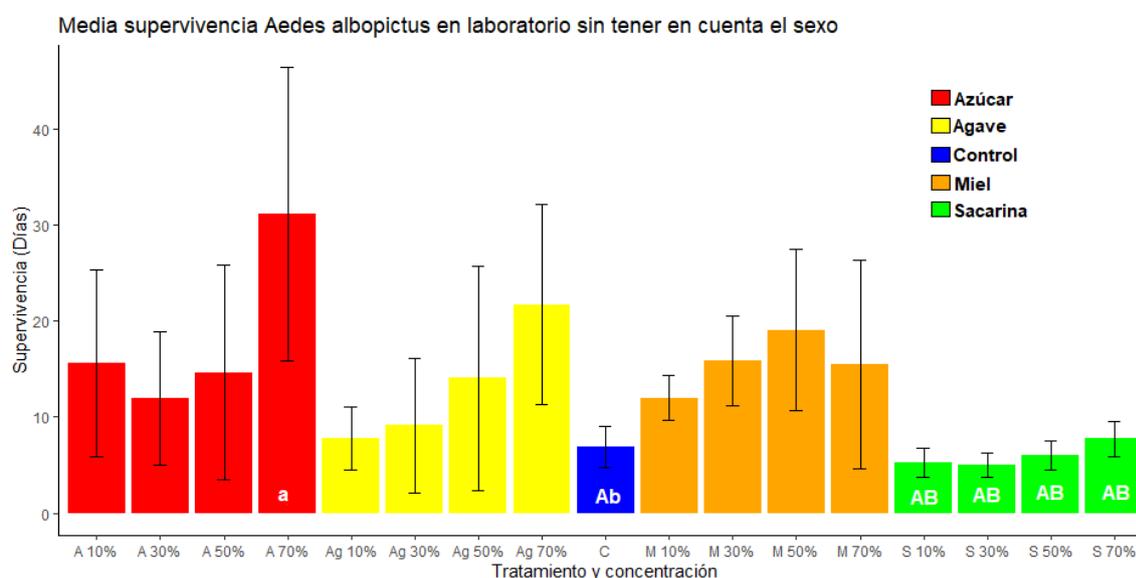


Figura 4. Media de la supervivencia \pm desviación estándar (D.E.) de población de laboratorio de *Ae. albopictus* sin discriminar sexos. Diferencias significativas indicadas con letras. Se indica el porcentaje de cada tratamiento al lado de la abreviación en gráfica.

Para los datos de media de supervivencia de *Ae. albopictus* de laboratorio solo machos se observó que existían diferencias significativas entre tratamientos (Kruskal-Wallis test: $\chi^2 = 65.156$, $df = 15$, $p < 0.01$ Figura 5). Para comprobar que grupos presentaban diferencias se realizó un test de Dunn con corrección Bonferroni obteniendo las mismas diferencias significativas que en la media de supervivencia de *Ae. Albopictus* sin tener en cuenta el sexo.

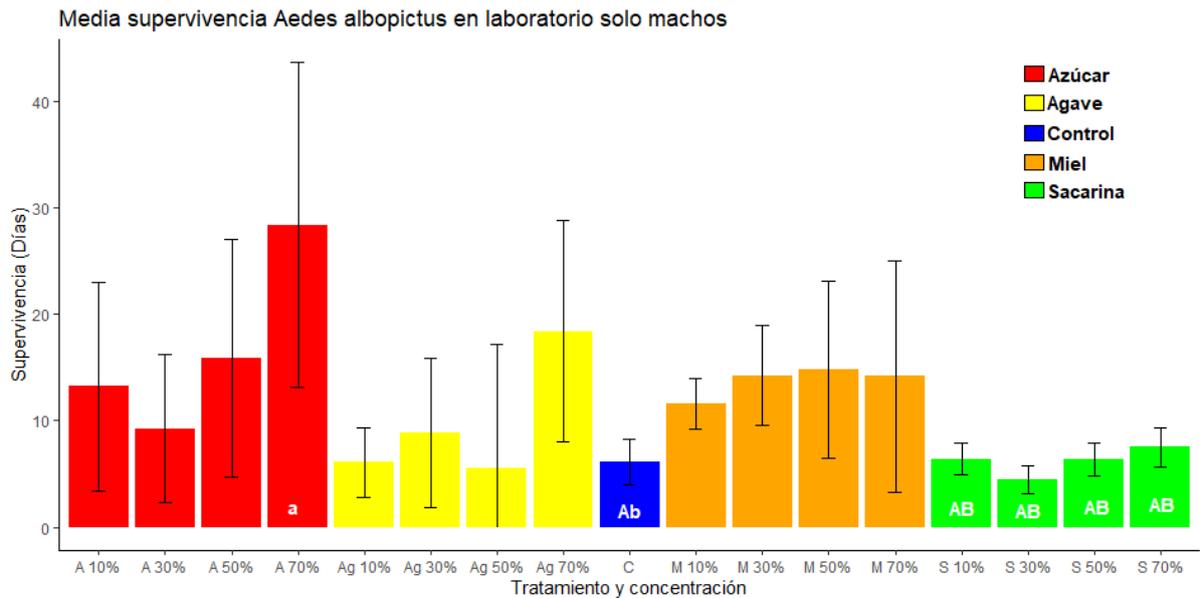


Figura 5. Media de la supervivencia \pm desviación estándar (D.E.) de población de laboratorio de *Ae. albopictus* solo machos. Diferencias significativas indicadas con letras. Se indica el porcentaje de cada tratamiento al lado de la abreviación en gráfica.

Para los datos de media de supervivencia de *Ae. albopictus* de laboratorio solo hembras se observó que existían diferencias significativas entre tratamientos (Kruskal-Wallis test: $\chi^2 = 58.752$, $df = 16$, $p < 0.01$, Figura 6). Para comprobar que grupos presentaban diferencias se realizó un test de Dunn con corrección Bonferroni obteniendo las mismas diferencias significativas que en la media de supervivencia de *Ae. Albopictus* sin tener en cuenta el sexo.

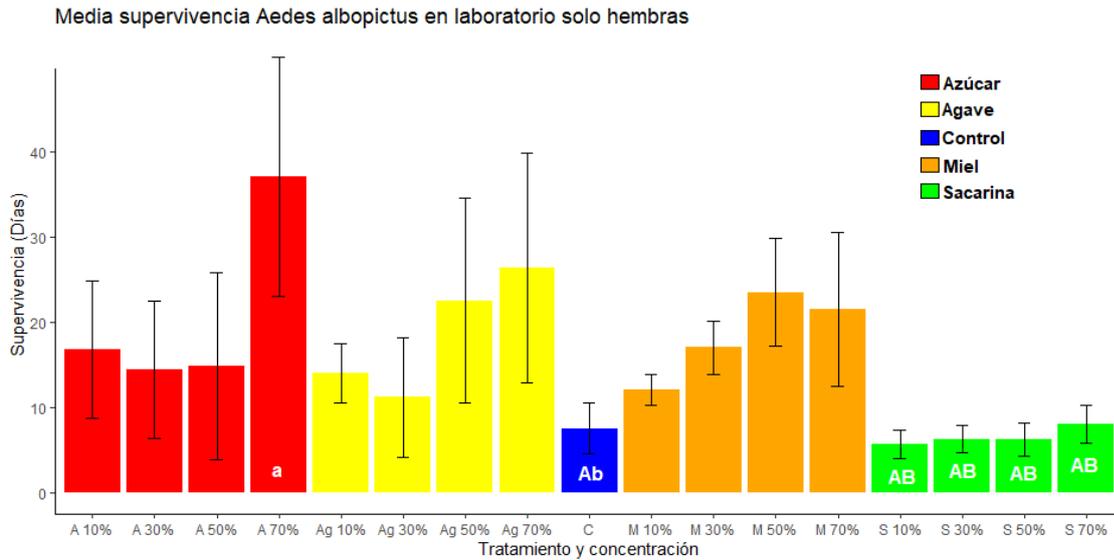


Figura 6. Media de la supervivencia \pm desviación estándar (D.E.) de población de laboratorio de *Ae. albopictus* solo hembras. Diferencias significativas indicadas con letras. Se indica el porcentaje de cada tratamiento al lado de la abreviación en gráfica.

Para los datos de media de supervivencia de *Ae. albopictus* de campo vs laboratorio sin tener en cuenta el sexo se observó que existían diferencias significativas entre tratamientos (Kruskal-Wallis test: $\chi^2 = 96.952$, $df = 17$, $p < 0.01$, Figura 7). Para comprobar que grupos presentaban diferencias se realizó un test de Dunn con corrección Bonferroni obteniendo que los grupos: Población de campo con azúcar al 70% (con una media de 10 días de supervivencia y con 18 días como marca máxima de supervivencia dentro de esta población) presentaba diferencias significativas con los grupos: población de laboratorio con azúcar al 10% (con una media de 16 días de supervivencia y con 30 días como marca máxima de supervivencia dentro de esta población), población de laboratorio con azúcar al 30% (con una media de 12 días de supervivencia y con 35 días como marca máxima de supervivencia dentro de esta población), población de laboratorio con azúcar al 50% (con una media de 15 días de supervivencia y con 39 días como marca máxima de supervivencia dentro de esta población) y con población de laboratorio con azúcar al 70% (con una media de 31 días de supervivencia y con 56 días como marca máxima de supervivencia dentro de esta población). El grupo población de campo con sacarina al 70% (con una media de 8 días de supervivencia y con 10 y 14 días como marca máxima de supervivencia dentro de esta población) presentaba diferencias significativas con población laboratorio con sacarina 10% (con una media de 5 días de supervivencia y con 8 días como marca máxima de supervivencia dentro de esta población), población laboratorio con sacarina 30% (con una media de 5 días de supervivencia y con 8 días como marca máxima de supervivencia dentro de esta población), población laboratorio con sacarina 50% (con

una media de 6 días de supervivencia y con 7 días como marca máxima de supervivencia dentro de esta población) y población laboratorio con sacarina 70% (con una media de 8 días de supervivencia y con 4 días como marca máxima de supervivencia dentro de esta población). Finalmente la población con azúcar al 70% presentaba diferencias significativas con los grupos: población laboratorio con sacarina 10%, población laboratorio con sacarina 30%, población laboratorio con sacarina 50% y población laboratorio con sacarina 70%.

Media supervivencia *Aedes albopictus* especímenes de laboratorio vs campo sin tener en cuenta el sexo

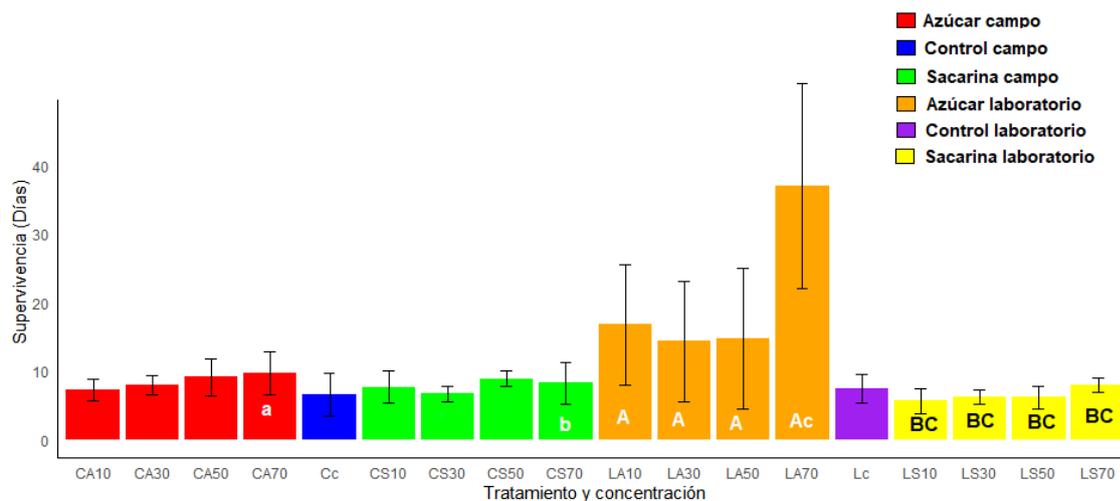


Figura 7. Media de la supervivencia \pm desviación estándar (D.E.) de población de laboratorio vs campo de *Ae. albopictus* sin discriminar sexos. Diferencias significativas indicadas con letras. Se indica el porcentaje de cada tratamiento al lado de la abreviación en gráfica.

Para los datos de media de supervivencia de *Ae. albopictus* de campo vs laboratorio solo machos se observó que existían diferencias significativas entre tratamientos (Kruskal-Wallis test: $\chi^2 = 96.952$, $df = 17$, $p < 0.01$, Figura 8). Para comprobar que grupos presentaban diferencias se realizó un test de Dunn con corrección Bonferroni obteniendo las mismas diferencias significativas que en la media de supervivencia de campo vs laboratorio de *Ae. Albopictus* sin tener en cuenta el sexo.

Media supervivencia *Aedes albopictus* especímenes de laboratorio vs campo solo machos

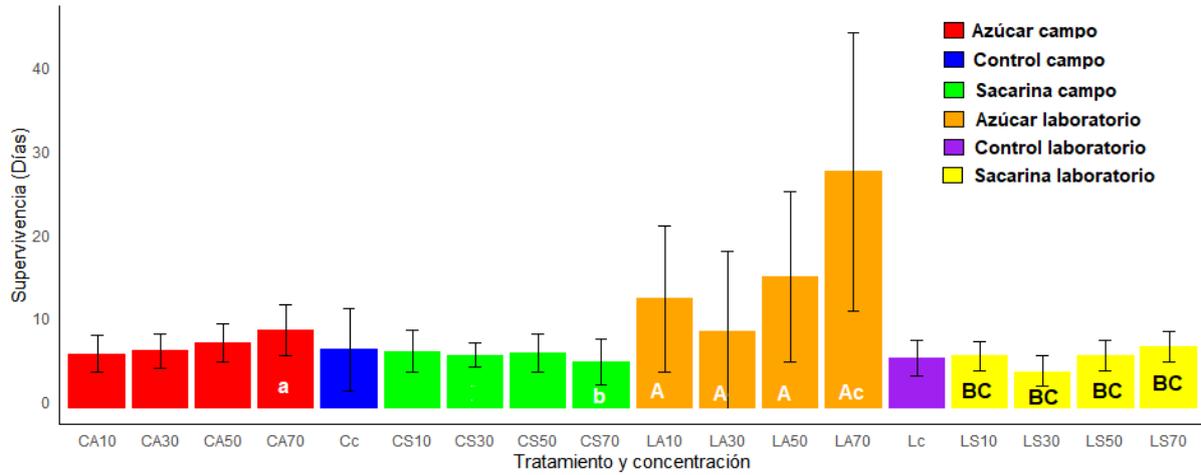


Figura 8. Media de la supervivencia \pm desviación estándar (D.E.) de población de laboratorio vs campo de *Ae. albopictus solo machos*. Diferencias significativas indicadas con letras. Se indica el porcentaje de cada tratamiento al lado de la abreviación en gráfica.

Para los datos de media de supervivencia de *Ae. albopictus* de campo vs laboratorio solo hembras se observó que existían diferencias significativas entre tratamientos (Kruskal-Wallis test: $\chi^2 = 52.123$, $df = 17$, $p < 0.01$, Figura 9). Para comprobar que grupos presentaban diferencias se realizó un test de Dunn con corrección Bonferroni obteniendo las mismas diferencias significativas que en la media de supervivencia de campo vs laboratorio de *Ae. Albopictus* sin tener en cuenta el sexo.

Media supervivencia *Aedes albopictus* especímenes de laboratorio vs campo solo hembras

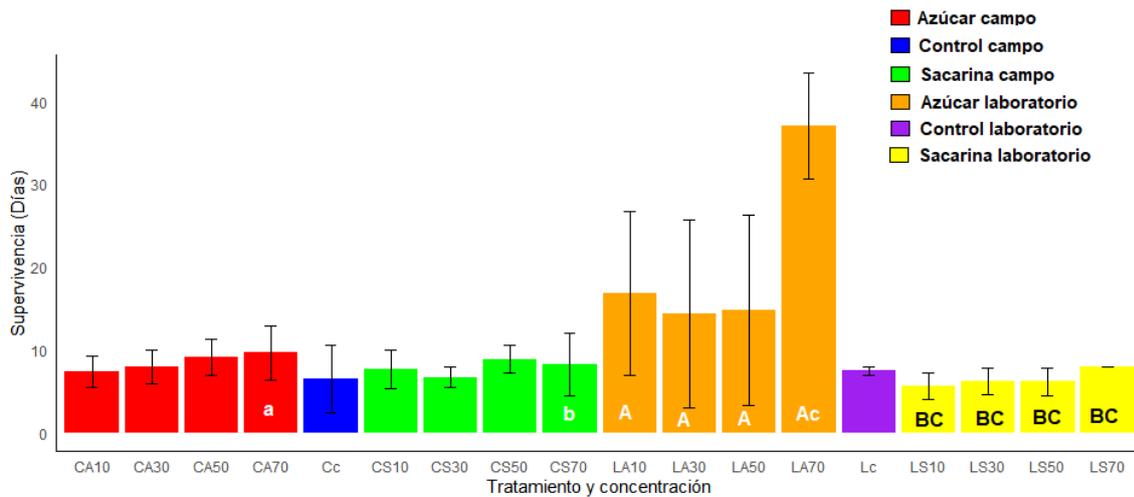


Figura 9. Media de la supervivencia \pm desviación estándar (D.E.) de población de laboratorio vs campo de *Ae. albopictus* solo hembras. Diferencias significativas indicadas con letras. Se indica el porcentaje de cada tratamiento al lado de la abreviación en gráfica.

De forma cualitativa observamos un mayor porcentaje de *Ae. Albopictus* procedentes de poblaciones de laboratorio frente a poblaciones de campo se habían alimentado más de las diluciones. Las primeras presentaban el abdomen más hinchado y era más fácil apreciarles el colorante depositado en la dilución y a los de campo o no se les observaba el abdomen hinchado o este era mucho menor.

6. Discusión:

Observamos que el tratamiento con azúcar era el que más tasa de supervivencia presentaba siendo casi ascendente esta tasa a medida que aumentaba la concentración de azúcar. Sucedió lo mismo en agave y miel. Finalmente, la tasa de supervivencia en sacarina era similar a la que encontrábamos en control siendo este un posible indicativo de que la sacarina no favorece en absoluto la supervivencia pues los individuos siempre buscan las fuentes de alimentación que sean más similares a las naturales (Kaufmann 2015). Unas mayores concentraciones de sacarosa eran pronóstico de una mayor tasa de supervivencia (Bellini *et al.*, 2014; Naziri *et al.*, 2016) en individuos que descienden de poblaciones ya adaptadas a unas condiciones estables de laboratorio (Phasomkusolsil *et al.*, 2017). Pudimos observar que la afirmación anterior quedaba estadísticamente donde en la mayoría de los casos había una diferencia significativa entre el grupo de individuos alimentado con una disolución de azúcar al 70% frente a los que habían sido alimentados con sacarina a cualquier concentración (Phasomkusolsil *et al.*, 2017). Nos sucede lo mismo en los resultados al separar los sexos. Observamos que la eclosión y longevidad de machos es

mayor a la de hembras ya que estos eclosionan primero y han de prolongar su vida durante más tiempo hasta que eclosionen las hembras (Horsfall 1956; Vitek *et al.*, 2006; Gary y Foster 2006.)

A la hora de comparar los individuos criados en laboratorio con los provenientes de poblaciones de campo, lo primero que pudimos observar es que la media de supervivencia entre ambos controles era similar estando cerca de los siete u ocho días, dándonos una idea de que en las mismas condiciones neutras tienen los individuos que provenían de ambientes salvajes y de laboratorio tenían una esperanza de vida similar (Borges *et al.*, 2018). Lo más representativo es que cualquier grupo de laboratorio de disolución en azúcar presenta una mayor tasa de supervivencia que cualquier grupo de campo de disolución de azúcar. Esto y que la población de laboratorio presentaba mayor cantidad de líquido en el abdomen en todos los tratamientos nos hizo pensar que al provenir los individuos de laboratorio de una F3 y una F4 estos ya se encontraban adaptados a una alimentación más artificial que no les generaba rechazo, al contrario de lo que les pasa a los individuos que provienen de campo que el abdomen estaba menos hinchado y apenas se podía observar el colorante (Foster 1995; Phasomkusolsil *et al.*, 2017; Borges *et al.*, 2018). Observamos que, al contrario de lo que nos sucedía en los especímenes de laboratorio, la presencia de hembras era mayor. Esto podría deberse a unas condiciones de estrés ambiental (Danks y Corbet 1973; Cailly *et al.*, 2012; Cardoso *et al.*, 2013).

Pudimos observar en un estudios similares hechos con *Ae. aegypti* que los individuos eran alimentados con dextrosa, maltodextrina, miel, néctar de flores, vainas de semillas, melazas (Hancock y Foster 1993; Sissoko *et al.*, 2019). Los resultados que obtuvieron ambos estudios eran similares a nuestras poblaciones procedentes de laboratorio. Las altas tasas de supervivencia con ciertas diluciones podrían ser empleadas en trampas de campo como quimioatrayentes, y funcionar como fuentes de alimento alternativas, que redujeran las picaduras de mosquitos y con ello la transmisión de enfermedades (Hancock y Foster 1993; Sissoko *et al.*, 2019).

Una vez observamos todos los resultados y lo contrastamos con otros estudios podríamos plantearnos emplear productos azucarados menos refinados y que presenten una composición total de azúcares más próxima a las condiciones naturales en las que se alimentan los mosquitos para así quizá favorecer una mayor tasa de supervivencia a especímenes procedentes de campo dentro de los laboratorios (Kaufmann 2015). Sería conveniente probar también otras concentraciones intermedias para optimizar los recursos y así encontrar la concentración óptima que nos permita prolongar en el tiempo la tenencia de los individuos en el laboratorio para y poder hacer pruebas con repelentes, insecticidas,

competencias vectoriales, observación de etología, etc. Finalmente tener una n mayor a 16 individuos por tratamiento podría favorecernos a reducir la desviación estándar y una muestra proporcional de machos y hembras que nos permita obtener unos datos más aproximados (Hancock y Foster 1993).

7. Conclusiones:

La mayor tasa de supervivencia nos la encontramos en poblaciones de *Ae. Albopictus* que provenían de muestras de laboratorio y fueron alimentados con azúcar al 70%. En general, el tratamiento de *Ae. Albopictus* con azúcar fue el que mejores resultados dio en poblaciones de laboratorio frente a los tratamientos con agave, miel y sacarina. En estas poblaciones nos encontrábamos que a los mosquitos se les apreciaba el colorante que habíamos empleado en el abdomen. Sucedió lo contrario en poblaciones de *Ae. Albopictus* que procedían de campo. Todos los tratamientos dieron resultados similares y siempre era con una tasa de supervivencia muy inferior a la que se había observado en mosquitos de laboratorio; además no se apreciaba colorante en el abdomen de estas poblaciones. Estos resultados nos podrían ser útiles de cara a mantener de forma prolongada poblaciones de mosquitos que ya estén adaptadas a condiciones de laboratorio para poder emplearlos durante más tiempo para pruebas con insecticidas, repelentes, estudios de etología, etc.

8. Bibliografía

Alhothily, I. A., Che Dom, N., Salleh, S. A., & Mohd Yatim, S. R. (2019). Biology characteristics of *Aedes albopictus* (Diptera: *Culicidae*) in Central Zones of Shah Alam, Selangor. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, Vol. 15, No. 6, 776-780.

Arrivillaga, J., & Barrera, R. (2004). Food as a limiting factor for *Aedes aegypti* in water-storage containers. *Journal of Vector Ecology*, 29, 11–20.

Bellini, R., Puggioli, A., Balestrino, F., Brunelli, P., Medici, A., Urbanelli, S., & Carrieri, M. (2014). Sugar administration to newly emerged *Aedes albopictus* males increases their survival probability and mating performance. *Acta Tropica*, 132, S116–S123.

Brustolin, M., Talavera, S., Santamaría, C., Rivas, R., Pujol, N., Aranda, C., Marquès, E., Valle, M., Verdún, M., Pagès, N., & Busquets, N. (2016). *Culex pipiens* and *Stegomyia albopicta* (= *Aedes albopictus*) populations as vectors for lineage 1 and 2 West Nile virus in Europe. *Medical and Veterinary Entomology*, 30(2), 166–173.

Borges Filho, R. da C., Bernardi, D., Sturza, V. S., Cunha, U. S. da, Diez-Rodríguez, G. I., Sene Pinto, A., & Nava, D. E. (2018). Importance of sugar for the development of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: *Crambidae*) on artificial diet. *Journal of Economic Entomology*.

Burkett, D. A., Carlson, D. A., & Kline, D. L. (1998). Analysis of composition of sugar meals of wild mosquitoes by gas chromatography. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 14, 373–379.

Cailly, P., Tran, A., Balenghien, T., L'Ambert, G., Toty, C., & Ezanno, P. (2012). A climate-driven abundance model to assess mosquito control strategies. *Ecological Modelling*, 227, 7–17.

Cardôso, H. C. B., Silva, B. Q. da, Assis, T. B. de, Lopez, L. C. S. (2013). Effects of predation by the copepod *Mesocyclops ogunnus* on the sex ratios of mosquito *Aedes albopictus*. *Hydrobiologia*, 705(1), 55–61.

CDC (Centro para el Control de Plagas y la Prevención de Enfermedades) (2022). Ciclos de la vida de los mosquitos de la especie *Aedes*. Revisado el 21 de junio de 2022.

<https://www.cdc.gov/mosquitoes/es/about/life-cycles/aedes.html>.

Convention on Biological Diversity (CBD). (2002). Decision V/8. Control de especies exóticas que amenazan los ecosistemas, los hábitats o las especies. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-05/full/cop-05-dec-viii-es.pdf>.

Danks, H. V., Corbet, P. S. (1973). Sex ratios at emergence of two species of high-arctic *Aedes* (Diptera: *Culicidae*). *The Canadian Entomologist*, 105(4), 647–651.

Foster, A. A., & Gary Jr., R. E. (2006). Diel timing and frequency of sugar feeding in the mosquito *Anopheles gambiae*, depending on sex, gonotrophic state, and resource availability. *Medical and Veterinary Entomology*, 20, 308–316.

Foster, W. A. (1995). Mosquito sugar feeding and reproductive energetics. *Annual Review of Entomology*, 40, 443–474.

Forattini, O. P. (2002). *Culicidologia Médica. 2. Identificação, Biologia, Epidemiologi*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil.

García-Bocanegra, I., Jaén-Téllez, J. A., Napp, S., Arenas-Montes, A., Fernández-Morente, M., Fernández-Molera, V., & Arenas, A. (2012). Monitoring of the West Nile Virus epidemic in Spain between 2010 and 2011. *Veterinary Medicine International*, 59(5), 10–20.

Hancock, R. G., & Foster, W. A. (1993). Effects of Preblood-Meal Sugar on Sugar Seeking and Upwind Flight by Gravid and Parous *Aedes aegypti* (Diptera: *Culicidae*). *Journal of the American Mosquito Control Association*, 30(2), 353–359.

Horsfall, W. R. (1956). Eggs of floodwater mosquitoes III (Diptera, *Culicidae*): conditioning and hatching of *Aedes vexans*. *Annals of the Entomological Society of America*, 49, 66–71.

Kaufmann, C., Mathis, A., & Vorburger, C. (2015). Sugar-feeding behavior and longevity of European *Culicoides* biting midges. *Medical and Veterinary Entomology*, 29, 17–25.

Mitchell CJ. Geographic spread of *Aedes albopictus* and potential for involvement in arbovirus cycles in the Mediterranean basin. *J Vect Ecol*. 1995;20:44-58.

Miquel, M.M., del Río, R., Borràs, D., Barceló, C., Paredes Esquivel, C., Lucientes, J., & Miranda, M.A. (2013). "First detection of *Aedes albopictus* (Diptera: *Culicidae*) in the Balearic Islands (Spain) and assessment of its establishment according to the ECDC guidelines." *Journal of the European Mosquito Control Association*, 31(1), 8-11.

Naziri, M. A., Kassim, N. F. A., Jong, Z.-W., & Webb, C. E. (2016). Effects of sugar concentration on fecundity, biting behavior, and survivability of female *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus*. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 47(6), 1175–1186.

Phasomkusolsil, S., Pantuwatana, K., Tawong, J., Khongtak, W., Kertmanee, Y., Monkanna, N., Khaosnorh, S., Wanja, E. W., & Davidson, S. A. (2017). Sugar and multivitamin diet effects on the longevity and mating capacity of laboratory-reared male Anopheline mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 33(3), 175–183.

Rui-De Xue, Arshad Ali, & Donald R. Barnard (2008). Host species diversity and post-blood feeding carbohydrate availability enhance survival of females and fecundity in *Aedes albopictus* (Diptera: *Culicidae*). *Experimental Parasitology*, 119(2), 225–228.

Sissoko, F., Junnila, A., Traore, M. M., Traore, S. F., Doumbia, S., Dembele, S. M., Müller, G.C. (2019). Frequent sugar feeding behavior by *Aedes aegypti* in Bamako, Mali makes them ideal candidates for control with attractive toxic sugar baits (ATSB). *PLOS ONE*, 14(6), e0214170.

Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2004). Borror and DeLong's *Introduction to the Study of Insects* (7th ed.). Brooks/Cole. ISBN-10: 0030968356, ISBN-13: 978-0030968358.

Vitek, C. J., & Livdahl, T. P. (2006). Field and laboratory comparison of hatch rates in *Aedes albopictus* (Skuse). *Journal of the American Mosquito Control Association*, 22(4), 609–614