

**FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN ATRAYENTE PARA EL CONTROL Y
MONITOREO DEL MOSQUITO, *Aedes Aegypti* VECTOR DEL DENGUE,
CHIKUNGUNYA Y ZIKA.**

**LEIDY KATHERINE TRESPALACIOS ARIAS
SERGIO JULIAN RUIZ VITA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2016

**FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN ATRAYENTE PARA EL CONTROL Y
MONITOREO DEL MOSQUITO, *Aedes Aegypti* VECTOR DEL DENGUE,
CHIKUNGUNYA Y ZIKA.**

**LEIDY KATHERINE TRESPALACIOS ARIAS
SERGIO JULIAN RUIZ VITA**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Químico

Directores

DEBORA ALCIDA NABARLATZ, Ph.D

JONNY EDWARD DUQUE, Ph.D

Codirector

ING. JOSÉ GABRIEL LOPEZ ORTIZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2016

A Dios en primera instancia por brindarme la fuerza para afrontar cada día;
A mis padres Argeny y Alfredo por el amor, el esfuerzo y el apoyo incondicional;
A mi abuelita Dominga por cuidarme y orientarme con sus sabias enseñanzas;
A mi tios Zonya, Jesús, Omar y demás familiares por su ejemplo y ayuda prestada;
A mis amigos por hacer de esta una etapa llena de gratos e inolvidables momentos.

Leidy Katherine Trespalacios Arias

*A Dios por la sabiduría, la fortaleza y su compañía permanente en todos los días
de mi vida;*

*A mi madre Ángela por su motivación, consejos y aliento para siempre continuar,
a mi padre Luis por el apoyo;*

*A mis hermanos Daniel y Paula por ser motivación, porque al final siempre
estaremos nuestra pequeña existencia juntos.*

A mis demás familiares por siempre apoyarme, escucharme y acompañarme;

*A mis amigos por entenderme, apoyarme y enseñarme que no es la cantidad de
tiempo compartido, si no la calidad de cada uno de los momentos vividos.*

Por ustedes y para ustedes.

Sergio Julián Ruiz Vita.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
1. OBJETIVOS	18
1.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2. ESTADO DEL ARTE	19
3. MARCO REFERENCIAL	21
3.1. MARCO TEÓRICO	21
3.1.1. Vector <i>Aedes aegypti</i>	21
3.1.2. Productos comerciales existentes	21
3.1.3. Enfermedades generadas por <i>Aedes aegypti</i>	22
4. METODOLOGÍA	23
4.1. SELECCIÓN DE COMPUESTOS Y CONCENTRACIONES ATRAYENTES DE <i>AEDES AEGYPTI</i>	23
4.1.1. Pruebas de oviposición	24
4.1.2. Pruebas de atracción	24
4.2. DISEÑO, DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE MATRICES DE LIBERACIÓN DE LOS COMPUESTOS ANALIZADOS	26
4.2.1. Prueba de evaporación acelerada en el gel proteico de colágeno	28
4.3. COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD ATRAYENTE DEL PRODUCTO DESARROLLADO FRENTE AL BG-SWEETSCENT™	29
5. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	30

5.1. RESULTADOS PRUEBAS DE SELECCIÓN DE COMPUESTOS ATRAYENTES Y CONCENTRACIONES	30
5.1.1. Pruebas de oviposición.....	30
5.1.2. Pruebas de atracción.....	32
5.2. RESULTADOS DE DISEÑO, DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE MATRICES DE LIBERACIÓN DE LOS COMPUESTOS	34
5.2.1. Prueba de evaporación acelerada para el gel proteico de colágeno..	34
5.2.2. Prueba de adsorción en fibras.	35
5.3. EVALUACIÓN DE MATRICES EN PRUEBAS DE ATRACCIÓN	36
5.4. EVALUACIÓN SINÉRGICA DE LAS MATRICES CON EL PRODUCTO COMERCIAL.....	38
6. CONCLUSIONES	42
7. RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de la descripción global de las etapas realizadas.....	23
Figura 2. Respuesta de porcentaje de oviposición competitiva a las diferentes concentraciones a temperatura ambiente. Número de hembras usadas por jaula: 10. ($p=0,000$)	30
Figura 3. Respuesta de porcentaje de oviposición individual a las diferentes concentraciones a temperatura ambiente. Número de hembras por jaula: 10. ($p=0,000$).	31
Figura 4. Respuesta de porcentaje de captura competitiva a las diferentes concentraciones a temperatura ambiente. Número de hembras por jaula: 10. ($p=0,000$)	32
Figura 5. Respuesta de porcentaje de captura individual a las diferentes concentraciones a temperatura ambiente. Número de hembras por jaula: 10. ($p=0,000$)	32
Figura 6. Porcentaje de humedad retirado en prueba de evaporación acelerada en horno convectivo a 50 °C.....	34
Figura 7. Determinación de las mejores condiciones para maximizar la adsorción..	35
Figura 8. Porcentaje de captura del mosquito en trampa utilizando urea como atrayente en la matriz de liberación gel a temperatura ambiente. Número de hembras por jaula: 10	37
Figura 9. Porcentaje de captura del mosquito en trampa utilizando ácido láctico en la matriz de liberación fibra a temperatura ambiente. Número de hembras por jaula: 10	37
Figura 10. Evaluación sinérgica de las matrices urea- ácido láctico en relación al 100% p/p del producto comercial utilizando en cada jaula 2 g del componente a temperatura ambiente (dosis recomendada). Número de hembras por jaula: 10. ($p=0,000$ y $f=0,003$).....	39

Figura 11. Evaluación sinérgica de las matrices urea- ácido láctico en relación al 100% p/p del producto comercial utilizando en cada jaula 1 g del componente a temperatura ambiente (50% dosis recomendada). Número de hembras por jaula: 10. ($p=0,000$ y $f=0,001$).....	39
Figura 12. Evaluación sinérgica de las matrices urea- ácido láctico en relación al 100% p/p del producto comercial utilizando en cada jaula 0,5 g del componente a temperatura ambiente (25% dosis recomendada). Número de hembras por jaula: 10. ($p=0,000$ y $f=0,006$).....	40
Figura 13. Comparación del porcentaje de captura de la urea y el ácido láctico de forma individual en sus respectivas matrices y de forma sinérgica a temperatura ambiente. Número de hembras por jaula: 10	41

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Paralelo comparativo entre los diferentes tipos de matrices posibles.....27

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Distribución del <i>Aedes aegypti</i> en américa en los años 1990 (izquierda) y 2015 (derecha).....	53
ANEXO B. Clasificación taxonomica.....	53
ANEXO C. Morfología.....	54
ANEXO D. Presentación 1 (superior) y 2 (inferior) del producto comercial BG-Lure®.....	56
ANEXO E. Presentación del BG-Sweetscent™.....	57
ANEXO F. Definición de compuestos y concentraciones atrayentes.....	57
ANEXO G. Montaje de pruebas de oviposición y atracción.....	58
ANEXO H. Pruebas de oviposición.....	58
ANEXO I. Pruebas de atracción.....	60
ANEXO J. Material biológico (colonia) y su mantenimiento.....	62
ANEXO K. Rotaciones usadas en las pruebas.....	64
ANEXO L. Modelo experimental <i>Box-Behnken</i>	66
ANEXO M. Protocolo de adsorción en fibras.....	66
ANEXO N. Diseño de prueba para la evaluación sinérgica de las matrices con el producto comercial.....	68
ANEXO O. Resultado pruebas de oviposición y atracción.....	69
ANEXO P. Tablas de contingencia y pruebas de chi-cuadrado para pruebas de oviposición y atracción.....	75
ANEXO Q. Porcentaje de humedad retirado en prueba de evaporación acelerada.....	79
ANEXO R. Resultados prueba adsorción en fibras.....	80
ANEXO S. Análisis de superficie de respuesta.....	81
ANEXO T. Análisis de varianza (anova) de un factor para las figuras 8 y 9.....	83
ANEXO U. Test HSD de Tukey para las figuras 8 y 9.....	83

ANEXO V. Anova de un factor y prueba Tukey para evaluación sinérgica para las figuras 10, 11 y 12 respectivamente85

RESUMEN

TÍTULO: Formulación y evaluación de un atrayente para el control y monitoreo del mosquito *Aedes aegypti* vector del dengue, chikungunya y Zika.*

AUTORES: Leidy Katherine Trespalacios Arias, Sergio Julián Ruiz Vita **

PALABRAS CLAVE: *Aedes aegypti*, urea, ácido láctico, capacidad atrayente, matrices de liberación, atrayente.

Este trabajo tuvo como objetivo formular y desarrollar un prototipo de un atrayente a nivel de laboratorio que permitiera aumentar los índices de captura del mosquito *Aedes aegypti* vector del dengue, chikungunya y zika, con respecto a los atrayentes comerciales, favoreciendo el control y monitoreo. Basado en la literatura se escogieron y evaluaron con respecto a su capacidad atrayente hacia el mosquito, los compuestos urea, ácido tetradecanoico, ácido láctico, acetato de etilo y dióxido de carbono. Para este estudio se hicieron tres réplicas de un experimento que usó 10 hembras grávidas por jaula para las pruebas de oviposición y 10 hembras sin alimentar para las pruebas de atracción. Los mejores resultados se obtuvieron con la urea al 15% p/v y el ácido láctico al 25% v/v con un porcentaje de atracción del $30\pm 7\%$ y $28\pm 4\%$ para estas concentraciones, por lo que estos compuestos fueron seleccionados como los principios activos del atrayente a desarrollar. Para permitir la liberación de estos compuestos, se evaluaron diferentes matrices que fueron elaboradas con base en criterios técnicos y de diseño. De esta forma se estableció que la mejor matriz de liberación para la urea fue un gel proteico de colágeno rico en carbohidratos (gelatina); y para el ácido láctico una fibra compuesta de algodón, *Corchorus capsularis* (yute), aglutinante y celulosa. Por último, se probó la capacidad atrayente del producto desarrollado frente al del producto comercial (BG-Sweetscent™), encontrándose que el producto obtenido mostró un $82\pm 5\%$ de atracción, en comparación del $13\pm 2\%$ de atracción del producto comercial.

*Tesis de grado

**Facultad de ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Directores: Debora Álcida Nabarlatz, PhD, Jonny Edward Duque, PhD.

ABSTRACT

TITLE: Formulation and evaluation of an attractant for the control and monitoring of the *Aedes aegypti* mosquito vector of dengue, chikungunya and zika.

AUTHORS: Leidy Katherine Trespalacios Arias, Sergio Julián Ruiz Vita

KEYWORDS: *Aedes aegypti*, urea, lactic acid, attractive capacity, release matrices, attractant.

This study aimed to formulate and develop a prototype of an attractant laboratory level that would increase catch rates of *Aedes aegypti* mosquito vector of dengue, chikungunya, and zika, with respect to commercial attractants, favoring the control and monitoring. Based on the literature, different components such as the compounds urea, tetradecanoic acid, lactic acid, ethyl acetate and carbon dioxide were selected and evaluated for their attractive ability to this type of mosquito. This study consisted of three replicates of an experiment that used ten gravid females per cage tests oviposition and ten females unfed attraction for testing. The best results were obtained with urea at 15% w / v lactic acid 25% v / v, with a percentage of attraction of $30 \pm 7\%$ and $28 \pm 4\%$ for these concentrations. Thus, these compounds were selected as the active ingredients of the attractant to develop. To allow the release of these different components, different matrices were developed and evaluated based on technical and design criteria. Results showed that the best release matrix for the urea was a collagen gel (gelatin) that was rich in protein carbohydrate; and for the lactic acid was a fiber composed of cotton, *Corchorus capsularis* (jute), binder, and cellulose. Finally, the ability of attraction of the new product was compared against one commercial product (BG-Sweetscent™), finding that the new product obtained an $82 \pm 5\%$ of attraction, in comparison with $13 \pm 2\%$ of attraction of the commercial product.

*Degree thesis

**Faculty of Engineering Physicochemical. School of Chemical Engineering. Directors: Debora Ácida Nabarlatz, PhD, Jonny Edward Duque, PhD.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años el continente americano ha experimentado un creciente número en casos de dengue, además de la llegada y rápida expansión de nuevas enfermedades infecciosas, tropicales y metaxénicas, como fiebres por virus como chikungunya y zika, lo que se ha convertido en un problema de salud pública internacional [1]. Estas dolencias afectan principalmente a países tropicales que cuentan con factores macrodeterminantes para el desarrollo y proliferación de su principal vector, *Aedes aegypti* [2].

Ante la situación de aumento progresivo de estas enfermedades, las acciones por parte de las entidades de salud correspondientes no se han hecho esperar. Dichas respuestas están enfocadas a garantizar su control, según actividades establecidas a nivel mundial, tales como el saneamiento ambiental, eliminación de criaderos, educación comunitaria, control químico y el control biológico [3].

En el control y monitoreo integrado de la creciente población de *Aedes aegypti*, se emplea el método de captura por medio del uso de trampas implementadas según la etapa de vida en que se quiere capturar el mosquito [4]. Estos dispositivos son usados con cebos atrayentes que emiten compuestos químicos al ambiente que al ser percibidos a través de sus antenas receptoras, son atraídos a la trampa para posteriormente ser capturados. Comercialmente estos cebos tienen precios elevados y según los reportes no presentan un buen desempeño, generando la necesidad de desarrollar un atrayente que aumente los índices de captura en las trampas existentes, que sea económico, de fácil manejo y amigables con el medio ambiente contribuyendo al control y monitoreo integrado del mosquito.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Formular y desarrollar un prototipo de un atrayente para mosquitos a nivel de laboratorio que permita aumentar los índices de captura del *Aedes aegypti*, con respecto al BG-Sweetscent™.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar los compuestos y concentraciones que generan mayor atracción en el mosquito en cuanto a oviposición y/o atracción.
- Identificar las matrices de liberación más adecuadas para los compuestos establecidos según criterios técnicos y de diseño.
- Evaluar la efectividad del prototipo del atrayente desarrollado en comparación a un producto comercial como BG-Sweetscent™.

2. ESTADO DEL ARTE

Los factores físicos y químicos de atracción para captura del mosquito han sido punto de partida de numerosas investigaciones en las que se ha establecido una amplia variedad de compuestos químicos, naturales y sintéticos, que generan estímulos olfativos y sensoriales hacia la hembra del mosquito para realizar sus actividades biológicas (oviposición y alimentación) [5]–[9]. De las investigaciones realizadas se resalta de forma importante el potencial atrayente del CO₂; Wil *et al.*, han dado a conocer este compuesto como atrayente para la realización de las actividades biológicas en las especies hematófagas; aunque Birkett *et al.*, describen el dióxido de carbono como un activador de otros compuestos capaces de generar atracción, es decir, este compuesto actúa como un atrayente poco útil cuando se usa de forma individual [10], [11].

Otro compuesto que muestra atracción significativa es el ácido láctico; Acree *et al.*, dan a conocer éste como un atrayente potencial de hembras del mosquito, que cuando se utiliza con CO₂ aumenta su atracción; además Carlson *et al.*, establecieron que el ácido láctico tenía un 40% de atracción y Davis *et al.*, dieron a conocer que los análogos al ácido láctico como lo son los ácidos carboxílicos presentan una atracción inferior a la generada por el ácido láctico [12], [13].

También entre los diferentes estudios se destaca el ácido tetradecanoico como un atrayente de oviposición. Sivakumar *et al.*, dan a conocer la atracción de la hembra hacia el ácido tetradecanoico y al igual indica la baja toxicidad generada por dicho compuesto en las larvas del mosquito [14].

En otra investigación Perry *et al.*, presentan el acetato de etilo como un compuesto con propiedades de atracción hacia insectos hematófagos, en especial para *Aedes aegypti*; este compuesto genera una atracción elevada en concentraciones

específicas, mostrando su punto óptimo en 20%v/v \pm 0,05 a las condiciones estudiadas por los autores [10].

Otro compuesto que sobresale en los trabajos desarrollados en este contexto es la urea presente en la orina, transpiración y materia fecal. Braks *et al.*, describen la urea como un atrayente que genera alta excitación en las antenas de la especie, aún mayor que la de otros compuestos presentes en la superficie de la piel del ser humano [15]. Sin embargo, pocos de estos compuestos han logrado demostrar una atracción superior al 50% en laboratorio [12]. Para validar los atrayentes - efectividad, se han elaborado estudios de métodos de captura (trampas) para el mosquito. Las trampas diseñadas han incrementado el porcentaje de captura con la implementación de atrayentes, los cuales contienen algunos de los compuestos mencionados anteriormente. Se destacan productos comerciales tales como el BG-Lure® y BG-Sweetscent™, con una duración de referencia de 120 y 60 días, respectivamente [16], [17]. En diferentes trabajos realizados por el grupo de investigación CINTROP de la Universidad Industrial de Santander, se registraron bajos desempeños por parte de estos productos en pruebas de laboratorio y campo [18].

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. MARCO TEÓRICO

3.1.1. Vector *Aedes aegypti*. En Colombia, 30 de los 32 departamentos cuentan con la presencia del mosquito (Ver Anexo A y Anexo B). Su tiempo de vida aproximado es de un mes, mide menos de 1 cm, es de color negro, tiene manchas blancas y rayas en forma de aro, en el cuerpo y en las patas. Las antenas son las responsables de la función sensorial y como todos los dípteros, su primer par de alas es funcional y el segundo, sirve para el equilibrio durante el vuelo [19], [20] (Ver Anexo C).

El mosquito se desarrolla a partir del huevo con un periodo de incubación aproximado de cinco días, pasando al estado larvario, en el que dura seis días regularmente, seguido por el estado de pupa donde presenta la forma de coma con tonalidad negra, donde luego finalmente se convierte en adulto. De esta forma, el ciclo completo del mosquito (huevo-adulto) se completa en 10 días, a temperaturas entre los 23°C a los 25°C.

3.1.2. Productos comerciales existentes. Actualmente los productos comerciales utilizados para la atracción del mosquito en el monitoreo y control por técnicas de trapeo, son BG-Lure® en su presentación 1 y presentación 2 y el BG-Sweetscent™. El BG-Lure® es un producto que contiene una combinación patentada de sustancias que simulan ser compuestos emitidos por la piel humana como: ácido láctico, amoníaco y ácidos grasos (especialmente ácido caproico); este producto se consigue en el mercado con un valor promedio de 26,18 euros (aproximadamente COP\$ 90.985). En su presentación 1, éste se compone de tres partes: una malla de color rojiza donde se incorporan una fibra de color blanca con olor característico y una fibra polimérica en forma de manguera; la mezcla en el

aire de los compuestos emitidos por estas dos fibras generan atracción hacia el mosquito [16]. En su presentación 2, el BG-Lure® cuenta con un almacenamiento tubular poroso, el cual contiene dos secciones llenas de cápsulas diferentes y al ser puesto en contacto con los flujos de aire natural, se permite la difusión de los compuestos contenidos en cada tipo de cápsula hacia el medio ambiente para la atracción de diferentes mosquitos (Ver Anexo D).

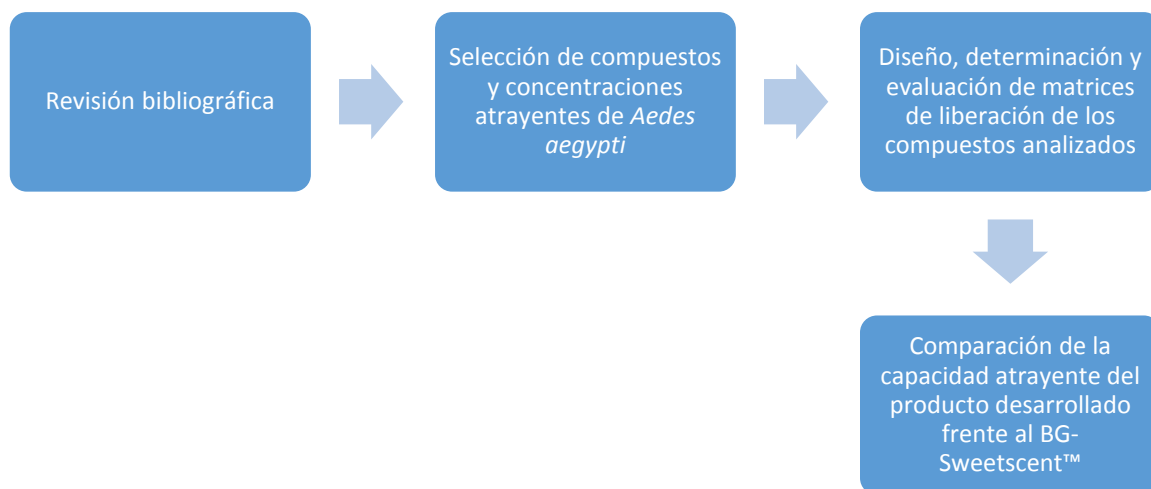
El BG-Sweetscent™ es un cebo, al igual que el BG-Lure®, de alta eficiencia para el trapeo, el cual consiste en una imitación del olor de piel humana por medio de una combinación patentada de las sustancias no tóxicas que son encontradas en la piel; este atrayente se compone de tres elementos dispuestos en forma de cápsulas y láminas. El producto en el mercado se ofrece con un valor promedio de 18,00 euros, aproximadamente COP\$ 62.251 [17] (Ver Anexo E).

3.1.3. Enfermedades transmitidas por el mosquito. Históricamente se registra que los primeros brotes epidémicos de los diferentes virus que ocasionan estas enfermedades (dengue, chikungunya y zika) se presentaron en países del continente africano, asiático y europeo, especialmente en las islas de los océanos Índico y Pacífico y se expandieron hasta las islas del Caribe. Desde entonces se han registrado más de 1 millón de casos sospechosos y más de 24 mil casos confirmados de transmisión autóctona de esta tripleta de enfermedades, lo que ha generado un escenario inicial epidémico y posteriormente endémico en las Américas [21].

En Colombia se registró un total de 1,2 millones de casos entre dengue y chikungunya en 2014 con probabilidad de un incremento de 20 mil casos por año, además de un total de 800 mil casos de zika desde la llegada de este virus a finales del mismo año [22].

4. METODOLOGÍA

Figura 1. Diagrama de la descripción global de las etapas realizadas.



4.1. SELECCIÓN DE COMPUESTOS Y CONCENTRACIONES ATRAYENTES DE *Aedes aegypti*

Silva *et al.*, establecieron que “la composición, la relación y las concentraciones de atrayentes químicos en una mezcla pueden afectar directamente la eficacia de las capturas de mosquitos en las trampas cebadas”, es por esto que se direccionó esta etapa hacia la búsqueda de compuestos que generan atracción hacia la hembra del mosquito en periodos específicos de su ciclo de vida (imago y grávida), además de las concentraciones a las cuales ésta podría ser atraída sin llegar a generar una acción de repelencia. La selección de compuestos se realizó según criterios como: el uso de estos compuestos en trabajos anteriores y su facilidad de obtención.

Los compuestos elegidos en esta etapa fueron: urea, ácido tetradecanoico o ácido mirístico (a concentraciones del 15%, 20%, 25% p/v), ácido láctico, acetato de etilo (a concentraciones del 15%, 20%, 25% v/v) y dióxido de carbono (con flujos volumétricos de 4, 5, 6 mL/min), que fueron suministrados por los proveedores de el grupo de investigación CINTROP e INTERFASE [10]–[15]. Además, se estableció el agua como control positivo y punto de comparación con respecto a los anteriores compuestos (Ver Anexo F). Con el fin de evaluar su capacidad atrayente, se realizaron pruebas de oviposición y atracción. Para el control del flujo de CO₂ (obtenido directamente de una bala) se adecuaron reguladores en L (válvulas) y fue establecida la apertura necesaria para suministrar los flujos establecidos en el diseño experimental [23].

4.1.1. Pruebas de oviposición. Se emplearon nueve jaulas con dimensiones de 70 cm x 70 cm, cada una con diez hembras grávidas del mismo tiempo de vida. Cuatro de estas jaulas fueron usadas para evaluar competitivamente los compuestos y el control (agua), y las cinco restantes se utilizaron para la evaluación individual del compuesto frente al control (Ver Anexo G).

Se emplearon vasos con 15 mL de solución agua-compuesto a concentraciones del 15%, 20%, 25% p/v (para urea y ácido tetradecanoico), 15%, 20%, 25% v/v (para ácido láctico y acetato de etilo). Dentro de los vasos, se ubicó un papel filtro de 11 µm de porosidad en forma cónica, el cual sirvió de superficie para la retención de los huevos. Estas pruebas tuvieron una duración de una semana para cada una de las concentraciones evaluadas (15%, 20% y 25% p/p y p/v), realizándose el conteo de huevos puestos diariamente (Ver Anexo H).

4.1.2. Pruebas de atracción. En estas pruebas se usaron las trampas “Hometrap” las cuales se colocaron dentro de las jaulas que contenían cada una diez hembras en etapa imago, en estado de inanición y del mismo tiempo de vida. En el interior de las “Hometrap” se incorporó un vaso con 15 mL de solución agua-compuesto a

las mismas concentraciones de las pruebas de oviposición [3]. Este experimento tuvo una duración total de tres días (15% primer día, 20% segundo día, y 25% tercer día v/v - p/v) y se realizó el conteo de mosquitos capturados diariamente (Ver Anexo I).

La colonia de mosquitos presente en el laboratorio del grupo de investigación CINTROP de la cual se extrajeron los mosquitos para los anteriores experimentos, fue mantenida y alimentada de acuerdo con el estado en que se requerían las hembras para las pruebas de oviposición y atracción (Ver Anexo J).

Las trampas ubicadas en ambas pruebas se rotaron en sentido anti horario dentro de cada una de las jaulas, para así evitar tendencia natural del mosquito de permanecer en un mismo sitio (Ver Anexo K). Por último, se estableció el porcentaje de respuesta de oviposición y el porcentaje de captura de mosquitos, basados en las siguientes ecuaciones 1 y 2 [10].

Ecuación 1.

$$\% \text{ Respuesta de oviposición} = \frac{\text{Número de huevos en el compuesto evaluado}}{\text{Total de huevos en los compuestos + control}} \times 100$$

Ecuación 2.

$$\% \text{ Captura de zancudos} = \frac{\text{Número de mosquitos en el compuesto evaluado}}{\text{Total de mosquitos en los compuestos + control}} \times 100$$

Los resultados obtenidos al aplicar los modelos anteriores se analizaron estadísticamente en el programa *SPSS Statistics*, por medio de tablas de contingencia, para examinar la relación existente entre los compuestos. Esta relación, específicamente de independencia, se analizó por medio de la prueba estadística Chi-cuadrado de Pearson.

4.2. DISEÑO, DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE MATRICES DE LIBERACIÓN DE LOS COMPUESTOS ANALIZADOS.

Una vez finalizadas las pruebas de oviposición y atracción, se definieron los compuestos y las concentraciones que tuvieron un mayor índice de captura, y fueron seleccionados para la formulación del atrayente. Birkett *et al.*, presentan en sus investigaciones como una etapa principal para generar atracción en las especies hematófagas, la selección del mecanismo de liberación (matrices). Para el diseño del dispositivo y la matriz que permitirá la liberación controlada de los compuestos atrayentes, esta parte del trabajo se realizó en conjunto con un trabajo de grado de estudiantes Jessica Rincón Mora y Harry Hernández Ortega de la carrera de Diseño Industrial bajo la dirección del Prof. Héctor Parra. En ese sentido, para permitir la liberación de estos compuestos y según los criterios analíticos, creativos y de ejecución del Diseño Industrial, en la investigación se estableció un análisis comparativo entre las diferentes matrices que puede presentar un atrayente, teniendo en cuenta: facilidad de adquisición, afinidad con los compuestos y el mosquito, además de la innovación [24].

Tabla 1. Paralelo comparativo entre los diferentes tipos de matrices posibles.

FORMA POSIBLE DE LA MATRIZ DE LIBERACION.	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Gránulos	<ul style="list-style-type: none"> • Puede establecerse un poro adecuado para la liberación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de un proceso complejo para su obtención. • Limita la posibilidad de evaluar diferentes formas y empaque.
Gel proteica	<ul style="list-style-type: none"> • Permite una amplia variedad de formas y empaques. • Se conoce que no genera repelencia en la especie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pierde consistencia a pH ácidos.
Fibras	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad en su desarrollo. • Gran absorción y liberación. • Permite una amplia variedad de formas y empaques 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere determinación de los componentes adecuados.
Líquido	<ul style="list-style-type: none"> • Contaría con el control positivo (agua). 	<ul style="list-style-type: none"> • Limita la posibilidad de evaluar diferentes formas. • Reduce las formas de empaque. • Dificultad de conservación.

Según el análisis comparativo entre las diferentes opciones se estableció la presentación más adecuada para las matrices del atrayente, escogiendo las fibras y el gel proteico de colágeno (gelatina), debido a que fueron aquellas que presentaron mejor afinidad con los compuestos dispuestos a evaluar y que ofrecieron mayores ventajas para su disposición e implementación como atrayente, tal como se presentó en la tabla 1.

Para el gel proteico, se establecieron cinco concentraciones (15%; 22,5%; 30%; 37,5%; 45% p/v) de gelatina para evaluar su consistencia, capacidad de adsorción y desorción de agua por medio de una prueba de evaporación acelerada. Para el desarrollo de las fibras se estableció un modelo experimental tipo *Box-Behnken* (Ver Anexo L), y se evaluaron diferentes componentes: *Gossypium hirsutum*

(algodón), *Corchorus capsularis* (yute), aglutinante (gelatina) y celulosa. Los componentes seleccionados contaban con los criterios de selección utilizados en Diseño Industrial para el desarrollo de fibras; dentro de estos criterios se resaltó la evaluación de la posible relación entre estas fibras y el mosquito, por lo cual los compuestos seleccionados fueron enfocados a la obtención de una fibra natural, donde los entrelazamientos de los componentes al ser todos naturales, se compactan con mayor facilidad [25]. Además, a partir de un protocolo de adsorción en fibras (Ver Anexo M), basado en las normas TAPPI T441, ASTM D570-98 y NMX-N-097-SCFI-2008 y en colaboración con el trabajo de grado desarrollado por los estudiantes de Diseño Industrial, se identificó la composición óptima para éstas por medio de un análisis de superficie de respuesta [26], [27]

4.2.1. Prueba de evaporación acelerada en el gel proteico de colágeno. La prueba consistió en evaluar las concentraciones de gelatina gravimétricamente, tal como lo hicieron Silva *et al.*, en sus experimentos para hallar la velocidad de liberación de la mezcla de ácido láctico y dimetil sulfuro [28]. Estas soluciones se vertieron en cajas de Petri en cantidades de 7 mL cada una y fueron llevadas a un horno convectivo a 50°C, junto con una muestra blanco de agua durante dos horas, registrándose cada cierto tiempo (5 min, 10 min) el peso de las muestras para posteriormente ser comparadas con el peso inicial de cada una y el blanco.

Adicionalmente, con el fin de establecer la mejor concentración de gel proteico de colágeno y de fibra en forma individual, se tomó un punto por encima y un punto por debajo a la misma escala, de cada una de las concentraciones obtenidas en la prueba de evaporación acelerada, evaluando el porcentaje de captura de las matrices por medio de pruebas de atracción.

4.3. COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD ATRAYENTE DEL PRODUCTO DESARROLLADO FRENTE AL BG-SWEETSCENT™

Como etapa final del proyecto se evaluaron las matrices gel – fibra de forma sinérgica, junto con el control positivo (BG-Sweetscent™) y el control negativo (agua), en pruebas competitivas de atracción; para éstas, se utilizaron cuatro jaulas, dos de ellas para réplicas y las otras dos para repeticiones. Se usó la cantidad de BG-Sweetscent™ recomendada por el proveedor para una trampa con las dimensiones de la “Hometrap” [17]; este valor se tomó como base para el diseño de la prueba (ver anexo N), evaluándose un 100%, 50% y 25% del peso recomendado (2g), cada porcentaje por día. Las matrices gel – fibra, se dispusieron en relaciones: 75% - 25%, 50% - 50%, 25% - 75% (respectivamente) del peso recomendado, teniendo en cuenta que éstas se dispusieron en forma de probetas (pastillas) con dimensiones de 13 mm de diámetro y 3 mm de grosor. Todo lo anterior, para determinar si se obtendría un mayor porcentaje de atracción con la unión de las matrices o por individual, con respecto al obtenido por los controles positivo y negativo.

5. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

5.1. RESULTADOS PRUEBAS DE SELECCIÓN DE COMPUESTOS ATRAYENTES Y CONCENTRACIONES

Las figuras 2 a 5 muestran los porcentajes de respuesta de oviposición y captura obtenidos al evaluar las concentraciones de cada uno de los compuestos, de forma competitiva e individual (Ver Anexo O); estos resultados se analizaron por medio de tablas de contingencia y pruebas estadísticas de Chi-cuadrado de Pearson (Ver Anexo P), con un nivel de significancia de $P < 0,05$; este análisis indicó que los compuestos mostraron diferencias significativas, es decir, que los compuestos en las condiciones en que se hizo el estudio producen una respuesta diferente en la atracción del mosquito.

5.1.1. Pruebas de oviposición.

Figura 2. Respuesta de porcentaje de oviposición competitiva a las diferentes concentraciones a temperatura ambiente. Número de hembras usadas por jaula: 10. ($p=0,000$)

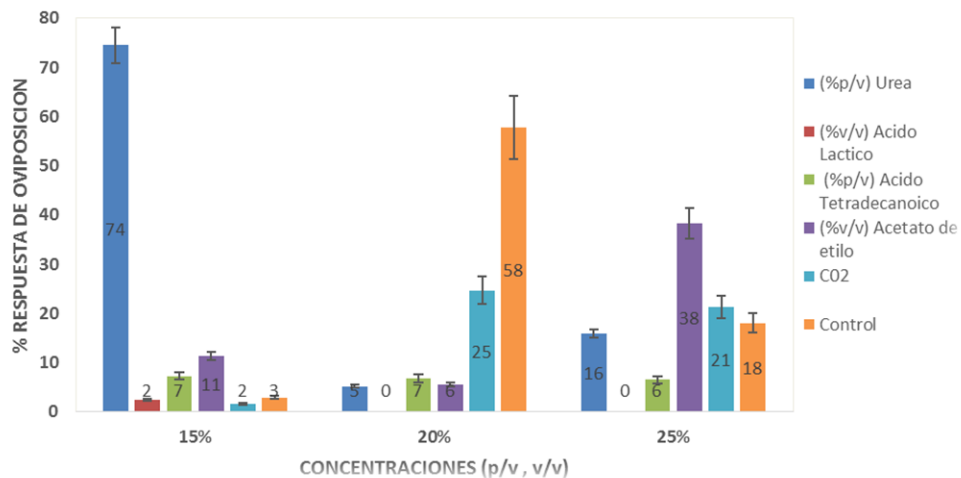
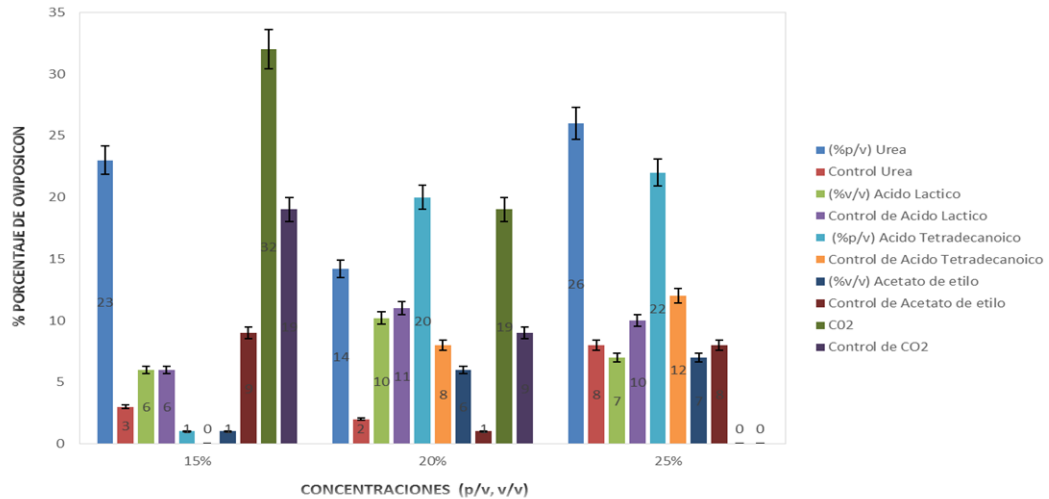


Figura 3. Respuesta de porcentaje de oviposición individual a las diferentes concentraciones a temperatura ambiente. Número de hembras por jaula: 10. ($p=0,000$)



En las siguientes figuras 4 y 5 de pruebas de atracción, se evidencia que los compuestos excretados por el ser humano como el ácido láctico, presentan los valores mayores de porcentaje de atracción competitivo e individual del 28% y 54%, respectivamente; estas cifras superaron el resultado obtenido por Econ *et al.*, quienes reportaron que la atracción más alta generada por este compuesto fue del 14% [10]. De la misma forma, se observa que el CO₂ de manera individual fue menos eficiente que de manera competitiva, ya que éste por sí solo no es tan atractivo como lo llega a ser cuando se encuentra en presencia de otro compuesto como el ácido láctico, Greier *et al.* [12].

5.1.2. Pruebas de atracción.

Figura 4. Respuesta de porcentaje de captura competitiva a las diferentes concentraciones a temperatura ambiente. Número de hembras por jaula: 10. (p=0,000)

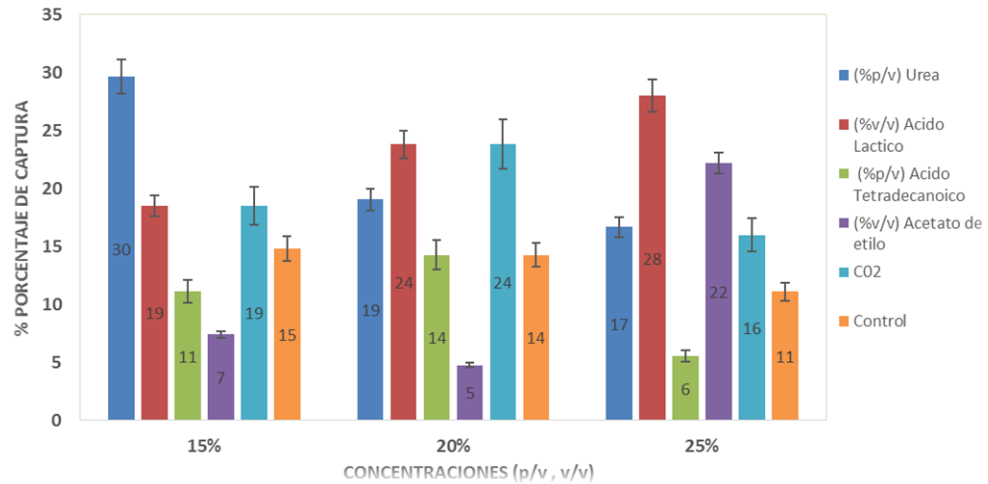
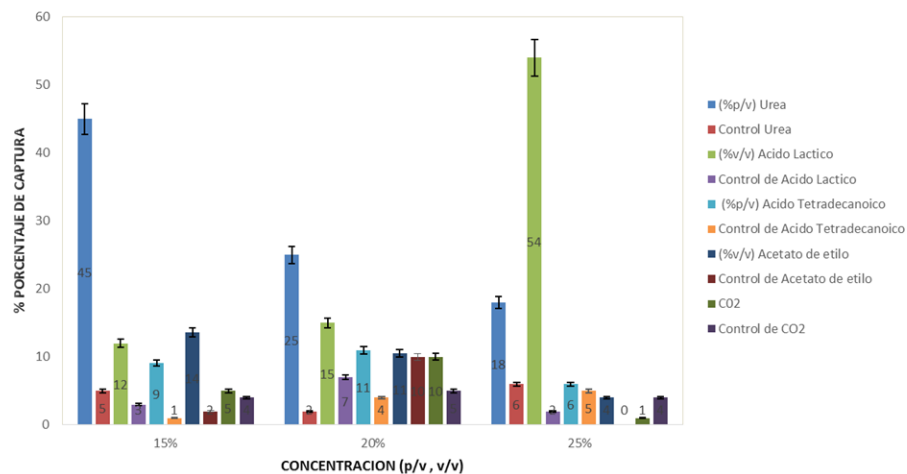


Figura 5. Respuesta de porcentaje de captura individual a las diferentes concentraciones a temperatura ambiente. Número de hembras por jaula: 10. (p=0,000)



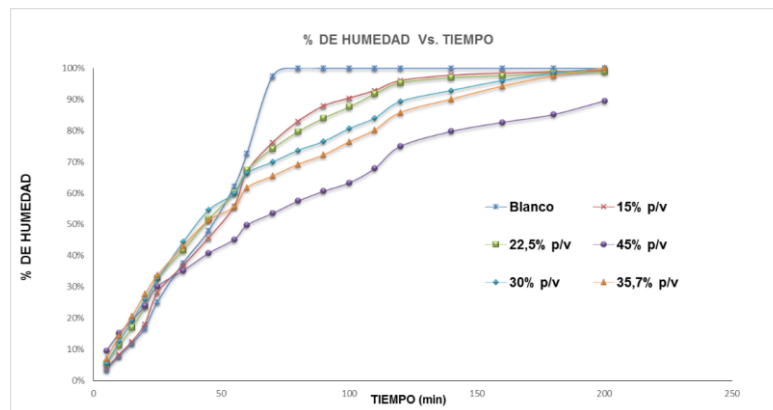
Una vez verificada la posibilidad de generar un producto para oviposición y para atracción de acuerdo con los resultados anteriores (Figura 4 y 5), se optó por desarrollar el producto para la segunda opción, tomando en cuenta que es más favorable realizar la captura y el monitoreo del mosquito antes de que se haya alimentado, puesto que así se pueden evitar en mayor medida las endemias y epidemias transmitidas por la picadura del mosquito. De igual forma, Chadee y Ritchie, durante su estudio acerca del uso de trampas pegajosas y ovitrampas para el control y monitoreo del mosquito en su estado adulto e inmaduro, encontraron que era más importante captar las hembras grávidas antes de oviponer y no hacer control directo sobre sus huevos [28]. Caso contrario ocurrió con Prakash *et al.*, quienes a pesar de tener el mismo objetivo, el control del mosquito, enfocaron su estudio directamente a la inhibición del crecimiento de las larvas [29].

En ese orden de ideas y de acuerdo a las anteriores Figuras 4 y 5, se obtuvo que la urea al 15 % p/v y el ácido láctico al 25 % v/v, fueron los compuestos con mayor porcentaje de captura de mosquitos, tanto competitiva como individualmente. Estos resultados pueden ser atribuidos al hecho de que son compuestos presentes en excreciones, transpiración y emisiones realizadas por el ser humano que atraen al mosquito; por ejemplo, en la orina se puede alcanzar hasta un 6,5% p/v de urea y en la piel las concentraciones de ácido láctico pueden darse desde un 20% v/v [29], [30]. Lo anterior se verifica con base en lo citado por Acree *et al.*, quienes presentan al ácido láctico como atrayente efectivo para el mosquito [13]. Además Braks *et al.*, dieron a conocer la alta atracción de este mosquito hacia la urea debido a la alta excitación que genera este compuesto en sus antenas[13], [15].

5.2. RESULTADOS DE DISEÑO, DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE MATRICES DE LIBERACIÓN DE LOS COMPUESTOS

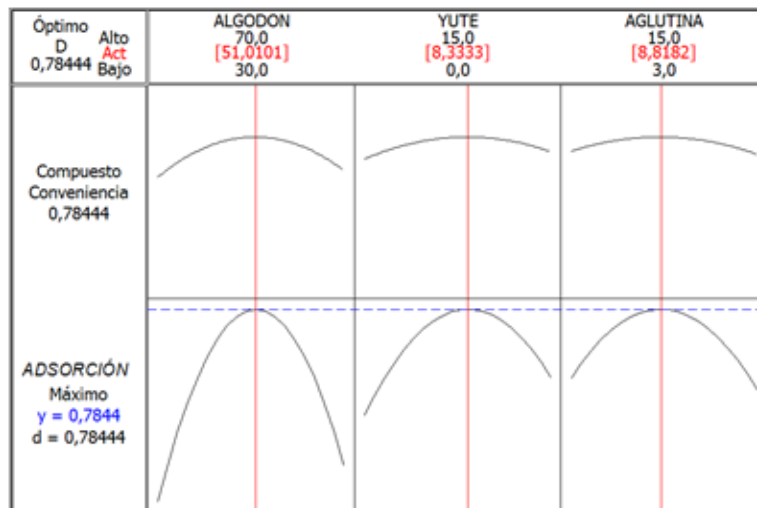
5.2.1. Prueba de evaporación acelerada para el gel proteico de colágeno. La Figura 6 representa la pérdida de humedad de cada una de las cinco muestras de gel de colágeno evaluadas al: 15% p/v (muestra 2); 22,5% p/v (muestra 3); 30% p/v (muestra 4); 37,5% p/v (muestra 5); 45% p/v (muestra 6) en comparación con la muestra que contenía únicamente agua pura, es decir, sin gel (muestra 1). Analizando la gráfica se visualiza que la muestra 4 presentó una evaporación regular, evidenciada por el comportamiento de la curva, cuya evaporación no es acelerada con respecto a las otras muestras. Transcurridos 50 minutos de iniciada la prueba, se logró identificar diferencias en el porcentaje de humedad (Ver Anexo Q) para finalmente ratificar la muestra número 4 como la mejor concentración de gel proteico de colágeno (30%) para ser usado como matriz de urea. Entre otros factores, esta muestra no requirió el uso de alta cantidad de materia prima para su fabricación, y en cambio mostró una buena consistencia a lo largo de la prueba, a diferencia de las otras muestras que requirieron más materia prima, y se licuaron a los pocos minutos de iniciada la prueba.

Figura 6. Porcentaje de humedad retirado en prueba de evaporación acelerada en horno convectivo a 50°C.



5.2.2. Prueba de adsorción en fibras. A partir de los resultados obtenidos del protocolo de adsorción de fibras (Ver Anexo R), se realizó el análisis de superficie de respuesta para obtener la composición óptima de la fibra, teniendo en cuenta que el valor de adsorción máximo se alcanza a los 30 minutos. Se presentan las relaciones de componentes junto con sus modelos matemáticos: algodón – yute, algodón – aglutinante, y yute – aglutinante en respuesta a la adsorción con valores fijos del componente no involucrado 10%, 7%, 50% respectivamente (Ver Anexo S). Dichos modelos se ajustan a una regresión lineal de segundo orden con un coeficiente de determinación (R^2) del 70% (valor $P= 0,037$), permitiendo que posteriormente se optimizaran las anteriores relaciones y así obtener la composición adecuada de la fibra como matriz de liberación de ácido láctico [31].

Figura 7. Determinación de las mejores condiciones para maximizar la adsorción.



Los puntos óptimos de composición para la fibra (algodón 51,01% ; yute 8,33%; aglutinante 8,82%), se identifican en la Figura 7, en la que se evidencia la influencia del algodón como compuesto principal, debido a la alta retención de la

humedad que tiene éste en comparación a la retención moderada de los demás componentes; los otros componentes generan estabilidad y rigidez a la matriz [25].

5.3. EVALUACIÓN DE MATRICES EN PRUEBAS DE ATRACCIÓN.

En las Figuras 8 y 9 se observa el porcentaje de captura frente a las distintas concentraciones de urea y ácido láctico, que fueron evaluadas individualmente en las matrices de liberación en pruebas de atracción, dos puntos por encima y dos puntos a la misma escala de las concentraciones de 15% p/v para urea y 25% v/v para ácido láctico. Estos resultados mostraron que el mejor porcentaje de captura para la urea fue 17% p/v y para el ácido láctico 23 % v/v. Aún cuando el porcentaje de captura obtenido con el control negativo (agua) se mantiene en 10% y 13% en cada una de las pruebas, se aprecia que los compuestos liberados por las matrices superan este porcentaje y de la misma forma permiten concluir que dichas matrices no generan repelencia de los mosquitos. Caso similar ocurrió con los resultados obtenidos por Silva *et al.*, en los que encontraron que las trampas cebadas con atrayentes sintéticos aumentó significativamente la captura de mosquitos en comparación a la misma trampa sin atrayente ($p < 0,05$) [28].

Figura 8. Porcentaje de captura del mosquito en trampa utilizando urea como atrayente en la matriz de liberación gel a temperatura ambiente. Número de hembras por jaula: 10. ($p=0,037$ y $f=0,019$)

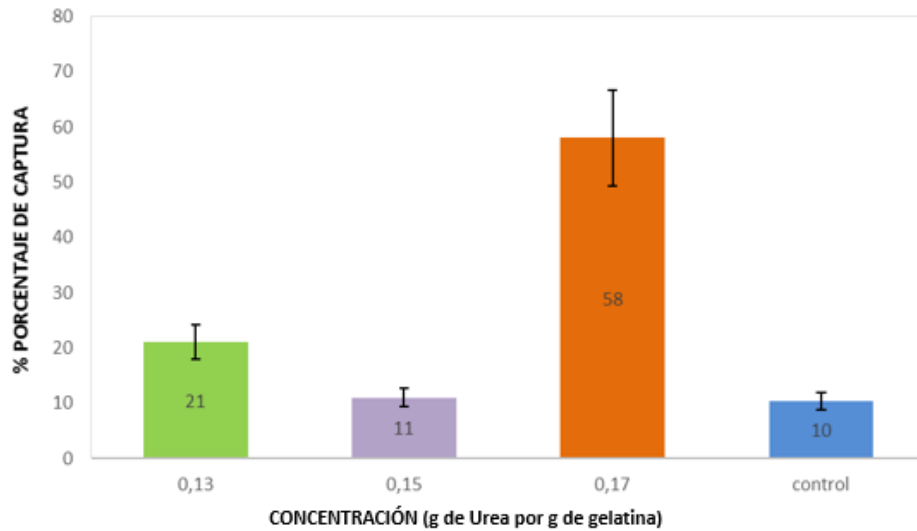
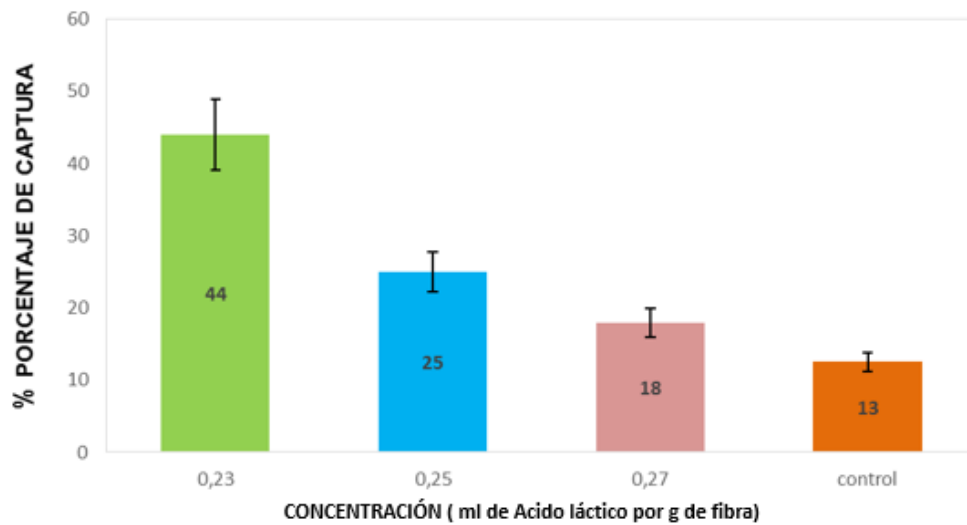


Figura 9. Porcentaje de captura del mosquito en trampa utilizando ácido láctico en la matriz de liberación fibra a temperatura ambiente. Número de hembras por jaula: 10. ($p=0,037$ y $f=0,019$)



Estos resultados fueron estudiados por un análisis de varianza (ANOVA) de un factor (ver Anexo T), donde se indicó que entre los tratamientos evaluados existen diferencias significativas, ya que su valor de significancia es de $p = 0,037$. Esto implica que la atracción de mosquitos generada por las concentraciones de 17 %p/v para la urea y 23 %v/v para el ácido láctico, fue mucho mayor que la generada por las demás concentraciones y por medio de un test de comparaciones múltiples de Tukey (Ver Anexo U) se verifica que las concentraciones mencionadas anteriormente para las matrices son las que generan un mayor porcentaje de captura hacia el mosquito.

El uso de las matrices de liberación contribuyó con el desarrollo del atrayente debido a que éstas suministran una interacción adecuada con el mosquito, tal como lo indicó Geier *et al.* [12].

5.4. EVALUACIÓN SINÉRGICA DE LAS MATRICES CON EL PRODUCTO COMERCIAL

A partir de la evaluación del efecto sinérgico de los tratamientos, se presentan en las figuras 10, 11 y 12 los porcentajes de captura obtenidos por cada uno de estos, además de los obtenidos por los controles negativo (agua) y positivo (BG-Sweetscent™) a cada una de las relaciones de peso del producto comercial (100%, 50% y 25%). En las figuras se puede apreciar que el porcentaje de captura es superior con el uso de las matrices en comparación al obtenido por los controles, evidenciando menor desempeño de BG-Sweetscent™ sobre todos los demás tratamientos.

Figura 10. Evaluación sinérgica de las matrices urea- ácido láctico en relación al 100% del producto comercial utilizando en cada jaula 2 g del componente a temperatura ambiente (dosis recomendada). Número de hembras por jaula: 10. ($p=0,000$ y $f=0,003$)

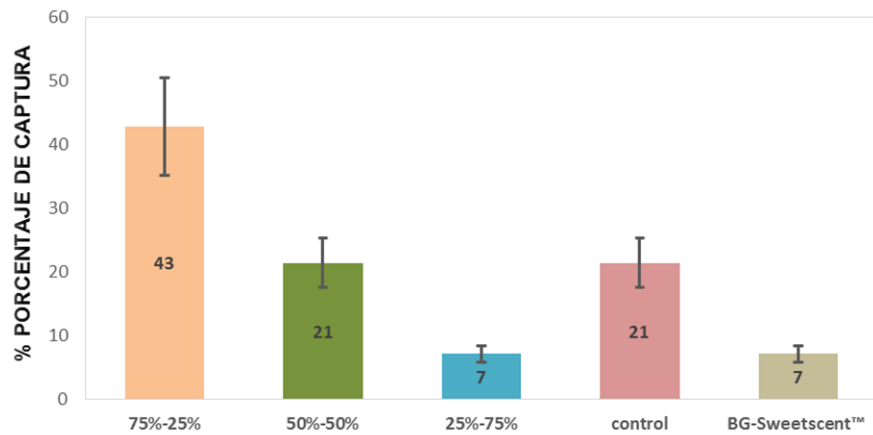


Figura 11. Evaluación sinérgica de las matrices urea- ácido láctico en relación al 100% del producto comercial utilizando en cada caso 1 g del componente a temperatura ambiente (50% de la dosis recomendada). Número de hembras por jaula: 10. ($p=0,000$ y $f=0,001$)

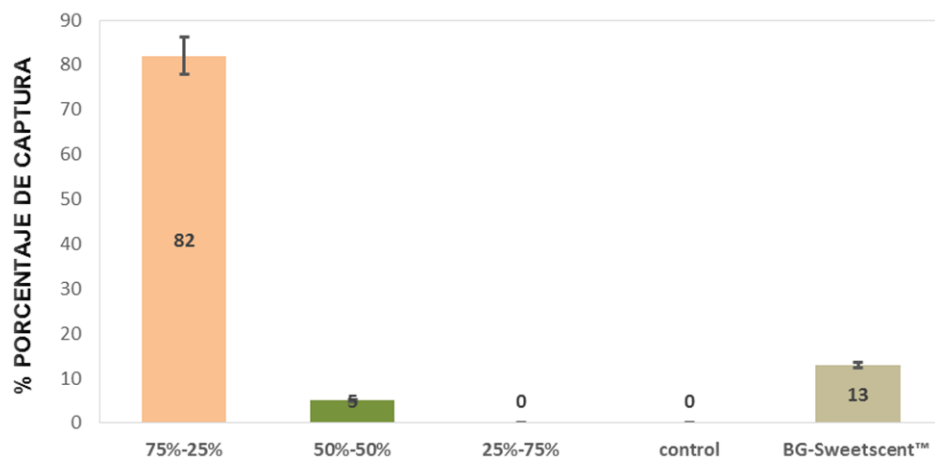
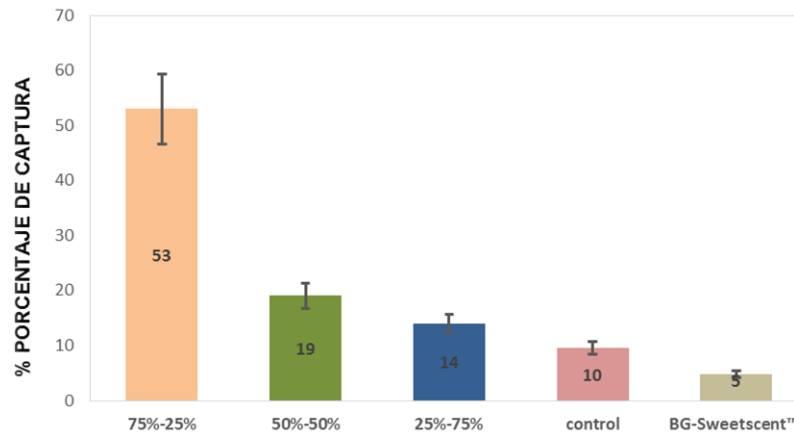


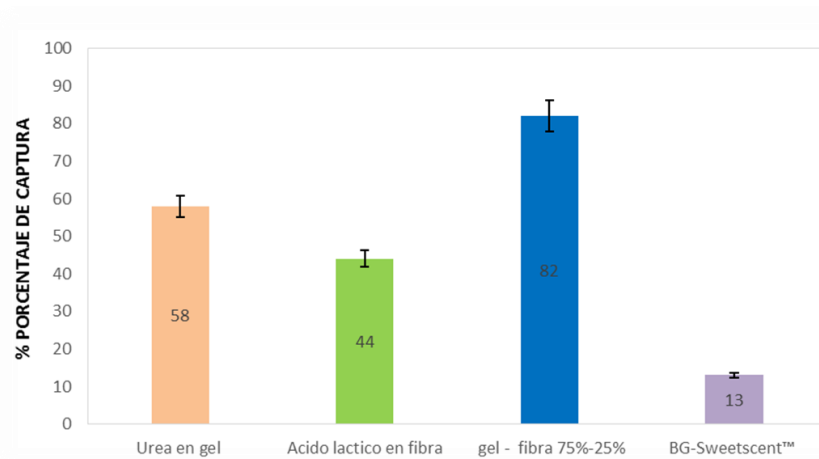
Figura 12. Evaluación sinérgica de las matrices urea- ácido láctico en relación al 100% del producto comercial utilizando en cada caso 0.5 g del componente a temperatura ambiente (25% de la dosis recomendada). Número de hembras por jaula: 10. ($p=0,000$ y $f=0,006$)



El tratamiento que presentó mayor porcentaje de captura frente a los demás, fue el de la relación de peso gel – fibra 75%- 25% evaluado en las tres cantidades del producto comercial, con un 43%, 82% y 53% de atracción, respectivamente. Se realizó un análisis ANOVA de un factor y una prueba de Tukey (Ver Anexo V), para verificar lo anteriormente mencionado con un nivel de significancia $p<0,05$. En contraste, Silva *et al.*, obtuvieron en su estudio de evaluación de trampas cebadas con un olor sintético humano, que el mayor porcentaje de atracción hacia el mosquito fue del 52,25% y el menor de 23,34% [28].

Una vez obtenidos y analizados los resultados de las pruebas sinérgicas, se procedió a hacer una comparación del porcentaje de captura de las mejores matrices de liberación individual y sinérgica (gel-fibra) de urea y ácido láctico. Esta comparación se realiza en la siguiente Figura 13.

Figura 13. Comparación del porcentaje de captura de la urea y el ácido láctico de forma individual en sus respectivas matrices y de forma sinérgica a temperatura ambiente. Número de hembras por jaula: 10



En la figura anterior, se puede apreciar que el mosquito es capturado significativamente con el tratamiento gel-fibra 75%-25%, situación evidenciada por un porcentaje de captura del 82% frente a un 58% y 44% de urea en gel y ácido láctico en fibra, respectivamente. Con esto, se determinó que la urea y el ácido láctico en condiciones de laboratorio actuaban de manera más significativa juntos que por separado, y que la alta atracción de los mosquitos se debe a que estos compuestos están presentes en el olor y la piel del ser humano (ácido láctico) y en excreciones realizadas por el mismo (urea en la orina), tal como se cita en Silva *et al.* [28].

Finalmente, el atrayente desarrollado contó con un porcentaje de captura del 82% del mosquito, usando 50% del peso recomendado para el producto comercial BG-Sweetscent™ (1g), porcentaje que comparado con otros trabajos como el de Ecol *et al.*, presentó mayor efectividad al evaluar el olor percibido por el mosquito después de someter una mano humana a un olfactómetro [15].

6. CONCLUSIONES

La formulación final del producto fue 17% p/v de urea y 23% v/v de ácido láctico en una matriz de gel proteico de colágeno y de fibra, respectivamente; estas matrices dispuestas en relación de peso 75% - 25%, del peso total del producto (1 g) permitió obtener un 82% de captura en comparación con el control.

De acuerdo a este estudio experimental, los compuestos que generaron atracción hacia la hembra del mosquito *Aedes aegypti* fueron la urea y el ácido láctico, a concentraciones de 17% p/v y 23% v/v, respectivamente.

Las matrices de liberación más adecuada para los compuestos fueron un gel proteico de colágeno al 30% p/v para la urea (que demostró no generar repelencia hacia el mosquito), y una fibra natural para el ácido láctico, compuesta de 51% de algodón, 8,3% de yute, 9% de aglutinante y 33% de celulosa.

La evaluación del porcentaje de captura obtenido a partir de la relación en peso establecida como 75% de gel para urea y 25% de fibra para el ácido láctico, en comparación con el obtenido por BG-Sweetscent™, mostró que este último contó con un 13% de captura frente a un 82% del atrayente desarrollado.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar pruebas de atracción con el atrayente desarrollado, pero esta vez con una variación en el dispositivo de liberación, forma, color, empaque y demás factores llamativos hacia la atracción del mosquito.

De igual manera, se recomienda realizar pruebas en campo para hacer una comparación con los resultados obtenidos en el laboratorio y así comprobar la efectividad del atrayente desarrollado.

CITAS

- [1] A. J. Rodríguez, “No era suficiente con dengue y chikungunya : llegó también Zika,” *iMedPub Journals*, vol. 78, no. 5, pp. 1–4, 2015.
- [2] A. Rivera and A. Rodríguez, “Actualización en aspectos epidemiológicos y clínicos del dengue.,” *Rev. Cuba. Salud Pública*, vol. 36, no. 1, pp. 149–164, 2010.
- [3] H. Parra, J. Duque, J. Peña, and M. Navarro, “Trampa para captura y monitoreo de *Aedes aegypti*.,” 167553 A2, 2014..
- [4] L. Alcalá, J. Quintero, C. González, and H. Brochero, “Productividad de *Aedes aegypti* (L .) (Diptera : Culicidae) en viviendas y espacios públicos en una ciudad endémica para dengue en Colombia,” *Rev. Colomb. Entomol.*, vol. 98, no. 11, pp. 120–124, 2015.
- [5] M. Birkett, N. Agelopoulos, and K. Jensen, “The role of volatile semiochemicals in mediating host location and selection by nuisance and disease-transmitting cattle flies,” *J. Appl. Entomol.*, vol. 44, no. 4, pp. 313–322, 2004.
- [6] D. Chadee and R. Kendel, “Oviposition strategies adopted by gravid *Aedes aegypti* (L .) (Diptera : Culicidae) as detected by ovitraps in Trinidad , West Indies (2002 – 2006),” *Pak. J. Zool.*, vol. 111, no. 7, pp. 279–283, 2009.
- [7] D. Chadee and S. Ritchie, “Oviposition behaviour and parity rates of *Aedes aegypti* collected in sticky traps in Trinidad , West Indies,” *Acta Trop.*, vol. 116, no. 3, pp. 212–216, 2010.
- [8] A. Ju, W. Yang, and M. Tiani, “Electrophysiological and behavioural responses of mosquitoes to volatiles of *Silene otites* (Caryophyllaceae),” *J. Taibah Univ. Sci.*, vol. 22, no. 1, pp. 245–254, 2007.
- [9] P. Kaufman, R. Mann, and J. Butler, “Evaluation of semiochemical toxicity to *Aedes aegypti* , *Ae . albopictus* and *Anopheles quadrimaculatus* (Diptera : Culicidae),” *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, vol. 112, no. 6, pp. 497–504, 2010.

- [10] A. Perry and R. Fay, "Correlation of chemical constitution and physical properties of fatty acid esters with oviposition response of *Aedes aegypti*," *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, vol. 27, no. 2, pp. 176–183, 1997.
- [11] J. Pickett, M. Birkett, S. Dewhurst, and J. Logan, "Chemical Ecology of Animal and Human Pathogen Vectors in a Changing Global Climate," *J. Appl. Entomol.*, vol. 34, no. 3, pp. 113–121, 2010.
- [12] M. Geier and A. Eiras, "Composition for attracting blood sucking arthropods and fruit flies," *J. Appl. Entomol.*, vol. 2, no. 12, pp. 7–43, 2010.
- [13] Y. Shirai, K. Kamimura, and T. Seki, "L-Lactic Acid as a Mosquito (Diptera : Culicidae) Repellent on Human and Mouse Skin," *J. Appl. Entomol.*, vol. 46, no. 10, pp. 51–54, 2001.
- [14] R. Sivakumar, A. Jebanesan, M. Govindarajan, and P. Rajasekar, "Larvicidal and repellent activity of tetradecanoic acid against *Aedes aegypti* (Linn .) and *Culex quinquefasciatus* (Say .) (Diptera : Culicidae)," *Asian Pac. J. Trop. Med.*, vol. 4, no. 9, pp. 706–710, 2011.
- [15] I. Sunish, R. Rajendran, and E. Reuben, "The Role of Urea in the Oviposition Behaviour of Japanese Encephalitis Vectors in Rice Fields of South India," *J. Entomol. Zool. Stud.*, vol. 98, no. 9, pp. 789–791, 2003.
- [16] K. Dabire and C. Costantini, "The BG-Lure cartridge with excellent emission profile Handling of the BG-Lure cartridge," *Neotrop. Entomol.*, vol. 78, no. 11, pp. 124–136, 2012.
- [17] M. Tinker and V. Olano, "The new BG-Sweetscent with improved emission profile A more natural emission pattern," *Neotrop. Entomol.*, vol. 26, no. 3, pp. 23–48, 2010.
- [18] A. Drago, F. Marini, B. Caputo, M. Coluzzi, A. Torre, and M. Pombi, "Looking for the gold standard : assessment of the effectiveness of four traps for monitoring mosquitoes in Italy," *J. Vector Ecol.*, vol. 37, no. 1, pp. 117–123, 2012.
- [19] M. Moreno, "Reporte de hábitats utilizados por *Aedes aegypti* en Ciudad," *Rev. la Habana Entomol.*, vol. 57, no. 2, pp. 159–161, 2005.

- [20] J. Romero and G. Monsalve, "Ciclo de vida *Aedes aegypti*, manifestación e invasión.," *Rev. la Habana Entomol.*, vol. 231, no. 4, pp. 22–76, 2012.
- [21] A. Rodriguez, E. Gomez, and J. Sequeda, "La amenaza del Chikungunya y otros virus emergentes en las Americas," *Rev. Peru. Entomol.*, vol. 21, no. 10, pp. 9–12, 2015.
- [22] L. Gomez, D. Moreno, and A. Chaparro, "Preparación y respuesta ante la eventual introducción del virus Chikungunya en las Américas," *Rev. Colomb. Entomol.*, vol. 32, no. 1, pp. 4–23, 2011.
- [23] P. Lozada and A. Perez, "Actividad metanogenica específica: una herramienta de control y optimización de sistemas de tratamiento anaerobio de aguas residuales," *Rev. IDENAR Univ. del Val.*, vol. 9, no. 4, pp. 5–14, 2010.
- [24] J. Romero, R. Scott, and A. Winell, "Gel de balística: Principios y usos," *J. hand Des.*, vol. 65, no. 2, pp. 12–76, 2012.
- [25] T. Clotario, P. Cecilia, S. Andrés, and B. Javier, "Aplicación de las Fibras Naturales en el Desarrollo de Materiales Compuestos y como Biomasa y Compuestos : Desarrollados," *Int. J. Des.*, vol. 19, no. 5, pp. 113–120, 2006.
- [26] F. Ramos, J. Romero, and A. Aparicio, "Absorbencia de agua en papeles absorbentes y semikraft, de acuerdo a la elevación por capilaridad - método de prueba NMX-N-097-SCFI-2008," *Int. J. Innov.*, vol. 122, no. 2, pp. 1–7, 2008.
- [27] S. Wolf and J. Mike, "Water absorptiveness of sized (non-bibulous) paper , paperboard , and corrugated fiberboard (Cobb test)," *Int. J. Des.*, vol. 7, no. 10, pp. 1–5, 1998.
- [28] I. Silva, A. Eiras, D. Kline, and U. Bernier, "Laboratory evaluation of mosquito traps baited with a synthetic human odor blend to capture *Aedes aegypti*," *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, vol. 21, no. 2, pp. 229–233, 2005.
- [29] M. Ortiz, M. Tabares, M. Vives, and J. Molina, "Insectos chupadores de sangre y bacterias que habitan en la piel: *una relación peligrosa*," *Rev. Colomb. Entomol.*, vol. 32, no. 4, pp. 7–33, 2014.

- [30] A. Contreras, L. Torres, and J. Manrique, "Peeling de ácido láctico: Usos y propiedades," *Rev. AsoColDerma*, vol. 27, no. 2, pp. 3–22, 2015.
- [31] I. Akira, R. Montanish, and S. Vontalli, "Método de las Superficies de Respuesta," *Stat. Dev.*, vol. 121, no. 7, pp. 88–97, 2003.
- [32] L. Reyes, J. Pardo, and A. Gaitan, "Estadística, Matemática y Computación," *Princ. Estadística Comput.*, vol. 32, no. 1, pp. 8–34, 2013.

8. BIBLIOGRAFÍA

A. Contreras, L. Torres, and J. Manrique, "Peeling de ácido láctico: Usos y propiedades," *Rev. AsoColDerma*, vol. 27, no. 2, pp. 3–22, 2015.

A. Drago, F. Marini, B. Caputo, M. Coluzzi, A. Torre, and M. Pombi, "Looking for the gold standard : assessment of the effectiveness of four traps for monitoring mosquitoes in Italy," *J. Vector Ecol.*, vol. 37, no. 1, pp. 117–123, 2012.

A. J. Rodriguez, "No era suficiente con dengue y chikungunya : llegó también Zika," *iMedPub Journals*, vol. 78, no. 5, pp. 1–4, 2015.

A. Ju, W. Yang, and M. Tiani, "Electrophysiological and behavioural responses of mosquitoes to volatiles of *Silene otites* (*Caryophyllaceae*)," *J. Taibah Univ. Sci.*, vol. 22, no. 1, pp. 245–254, 2007.

A. Rivera and A. Rodríguez, "Actualización en aspectos epidemiológicos y clínicos del dengue.," *Rev. Cuba. Salud Pública*, vol. 36, no. 1, pp. 149–164, 2010.

A. Rodriguez, E. Gomez, and J. Sequeda, "La amenaza del Chikungunya y otros virus emergentes en las Americas," *Rev. Peru. Entomol.*, vol. 21, no. 10, pp. 9–12, 2015.

A. Perry and R. Fay, "Correlation of chemical constitution and physical properties of fatty acid esters with oviposition response of *Aedes aegypti*," *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, vol. 27, no. 2, pp. 176–183, 1997.

D. Chadee and R. Kendel, "Oviposition strategies adopted by gravid *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) as detected by ovitraps in Trinidad, West Indies (2002–2006)," *Pak. J. Zool.*, vol. 111, no. 7, pp. 279–283, 2009.

D. Chadee and S. Ritchie, "Oviposition behaviour and parity rates of *Aedes aegypti* collected in sticky traps in Trinidad, West Indies," *Acta Trop.*, vol. 116, no. 3, pp. 212–216, 2010

F. Ramos, J. Romero, and A. Aparicio, "Absorbencia de agua en papeles absorbentes y semikraft, de acuerdo a la elevación por capilaridad - método de prueba NMX-N-097-SCFI-2008," *Int. J. Innov.*, vol. 122, no. 2, pp. 1–7, 2008.

H. Parra, J. Duque, J. Peña, and M. Navarro, "Trampa para captura y monitoreo de *Aedes aegypti*," 167553 A2, 2014.

I. Akira, R. Montanish, and S. Vontalli, "Método de las Superficies de Respuesta," *Stat. Dev.*, vol. 121, no. 7, pp. 88–97, 2003.

I. Silva, A. Eiras, D. Kline, and U. Bernier, "Laboratory evaluation of mosquito traps baited with a synthetic human odor blend to capture *Aedes aegypti*," *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, vol. 21, no. 2, pp. 229–233, 2005.

I. Sunish, R. Rajendran, and E. Reuben, "The Role of Urea in the Oviposition Behaviour of Japanese Encephalitis Vectors in Rice Fields of South India," *J. Entomol. Zool. Stud.*, vol. 98, no. 9, pp. 789–791, 2003.

J. Pickett, M. Birkett, S. Dewhurst, and J. Logan, "Chemical Ecology of Animal and Human Pathogen Vectors in a Changing Global Climate," *J. Appl. Entomol.*, vol. 34, no. 3, pp. 113–121, 2010.

J. Romero and G. Monsalve, "Ciclo de vida *Aedes aegypti*, manifestación e invasión.," *Rev. la Habana Entomol.*, vol. 231, no. 4, pp. 22–76, 2012.

J. Romero, R. Scott, and A. Winell, "Gel de balística: Principios y usos," *J. hand Des.*, vol. 65, no. 2, pp. 12–76, 2012.

K. Dabire and C. Costantini, "The BG-Lure cartridge with excellent emission profile Handling of the BG-Lure cartridge," *Neotrop. Entomol.*, vol. 78, no. 11, pp. 124–136, 2012.

L. Alcalá, J. Quintero, C. González, and H. Brochero, "Productividad de *Aedes aegypti* (L .) (Diptera : Culicidae) en viviendas y espacios públicos en una ciudad endémica para dengue en Colombia," *Rev. Colomb. Entomol.*, vol. 98, no. 11, pp. 120–124, 2015.

L. Gomez, D. Moreno, and A. Chaparro, "Preparación y respuesta ante la eventual introducción del virus Chicungunya en las Américas," *Rev. Colomb. Entomol.*, vol. 32, no. 1, pp. 4–23, 2011.

L. Reyes, J. Pardo, and A. Gaitan, "Estadística, Matemática y Computación," *Princ. Estadística Comput.*, vol. 32, no. 1, pp. 8–34, 2013.

M. Birkett, N. Agelopoulos, and K. Jensen, "The role of volatile semiochemicals in mediating host location and selection by nuisance and disease-transmitting cattle flies," *J. Appl. Entomol.*, vol. 44, no. 4, pp. 313–322, 2004.

M. Geier and A. Eiras, "Composition for attracting blood sucking arthropods and fruit flies," *J. Appl. Entomol.*, vol. 2, no. 12, pp. 7–43, 2010.

M. Moreno, "Reporte de hábitats utilizados por *Aedes aegypti* en Ciudad," *Rev. la Habana Entomol.*, vol. 57, no. 2, pp. 159–161, 2005.

M. Ortiz, M. Tabares, M. Vives, and J. Molina, "Insectos chupadores de sangre y bacterias que habitan en la piel: *una relación peligrosa*," *Rev. Colomb. Entomol.*, vol. 32, no. 4, pp. 7–33, 2014.

M. Tinker and V. Olano, "The new BG-Sweetscent with improved emission profile A more natural emission pattern," *Neotrop. Entomol.*, vol. 26, no. 3, pp. 23–48, 2010.

P. Kaufman, R. Mann, and J. Butler, "Evaluation of semiochemical toxicity to *Aedes aegypti*, *Ae. albopictus* and *Anopheles quadrimaculatus* (Diptera: Culicidae)," *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, vol. 112, no. 6, pp. 497–504, 2010.

P. Lozada and A. Perez, "Actividad metanogenica específica: una herramienta de control y optimización de sistemas de tratamiento anaerobio de aguas residuales," *Rev. IDENAR Univ. del Val.*, vol. 9, no. 4, pp. 5–14, 2010.

R. Sivakumar, A. Jebanesan, M. Govindarajan, and P. Rajasekar, "Larvicidal and repellent activity of tetradecanoic acid against *Aedes aegypti* (Linn .) and *Culex quinquefasciatus* (Say .) (Diptera : Culicidae)," *Asian Pac. J. Trop. Med.*, vol. 4, no. 9, pp. 706–710, 2011.

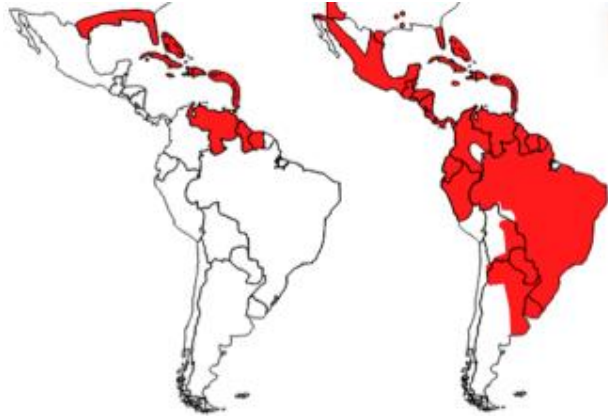
S. Wolf and J. Mike, "Water absorptiveness of sized (non-bibulous) paper , paperboard , and corrugated fiberboard (Cobb test)," *Int. J. Des.*, vol. 7, no. 10, pp. 1–5, 1998.

T. Clotario, P. Cecilia, S. Andrés, and B. Javier, "Aplicación de las Fibras Naturales en el Desarrollo de Materiales Compuestos y como Biomasa y Compuestos : Desarrollados," *Int. J. Des.*, vol. 19, no. 5, pp. 113–120, 2006.

Y. Shirai, K. Kamimura, and T. Seki, "L-Lactic Acid as a Mosquito (Diptera : Culicidae) Repellent on Human and Mouse Skin," *J. Appl. Entomol.*, vol. 46, no. 10, pp. 51–54, 2001.

9. ANEXOS

ANEXO A. DISTRIBUCIÓN DE *Aedes aegypti* EN AMÉRICA EN LOS AÑOS 1990 (IZQUIERDA) Y 2015 (DERECHA).



Fuente: [Citado en 2010] Disponible

<<http://www.centrodelcontroldeenfermedades/america/usa.com>>

ANEXO B. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.



Reino: *Animalia*

Filo: *Artrópoda*

Clase: *Insecto*

Orden: *Díptera*

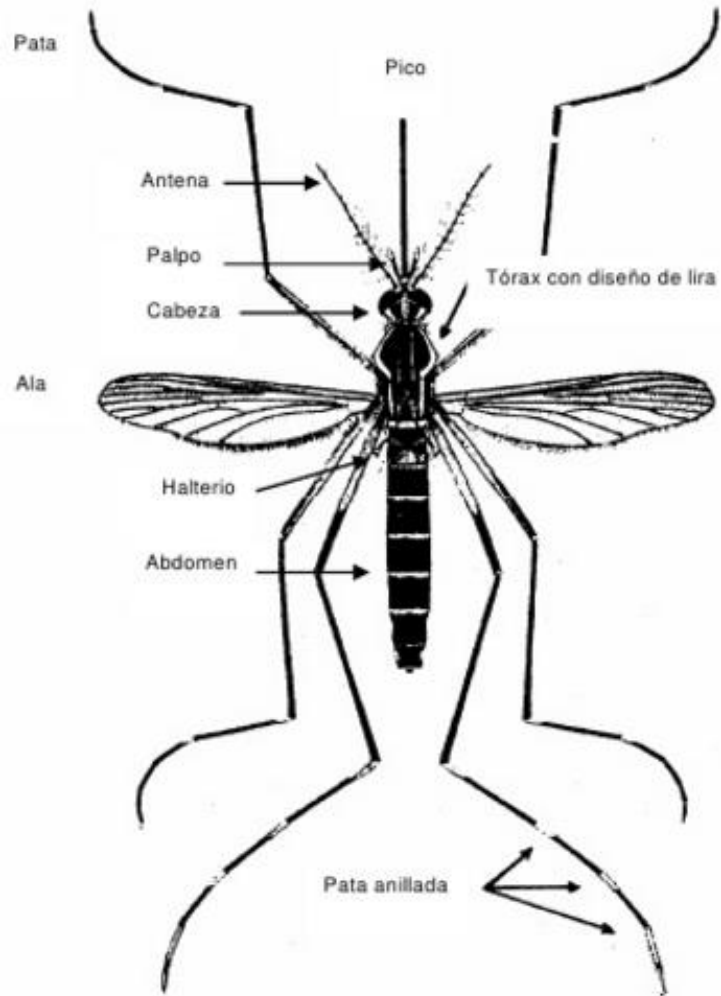
Familia: *Culicidae*

Género: *Aedes*

Especie: *Aedes aegypti*

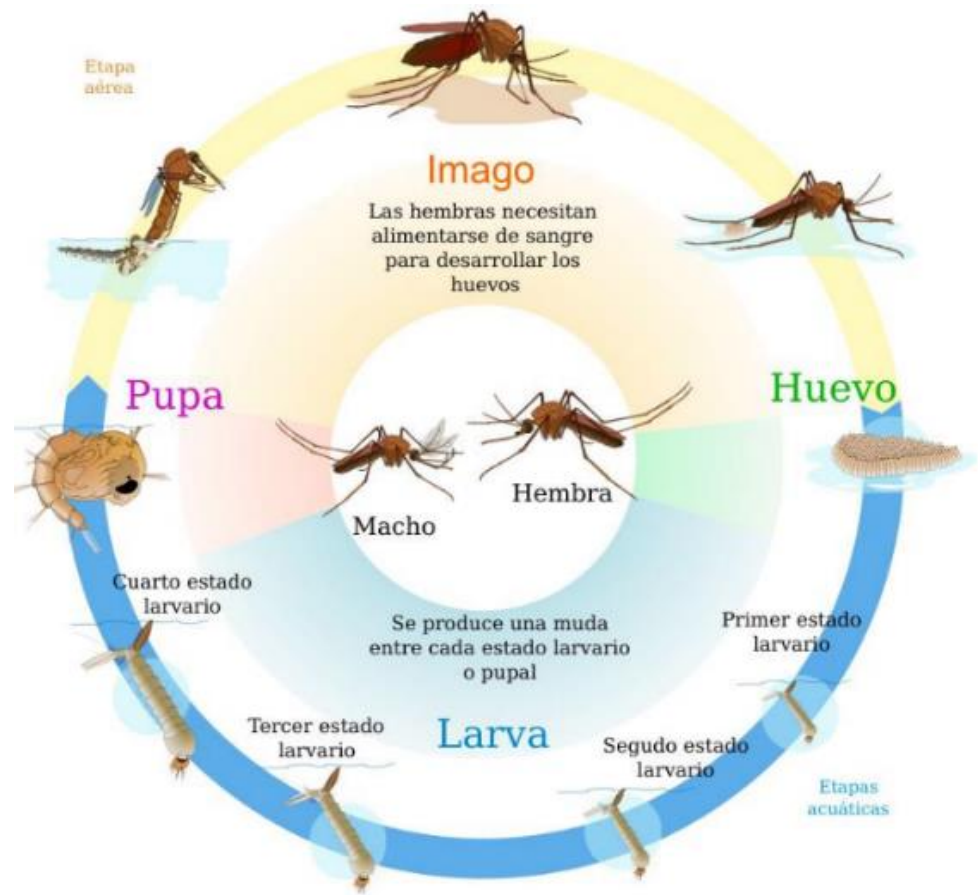
Fuente: [Citado en 2014] Disponible <www.flick.com>

ANEXO C. MORFOLOGÍA.



Fuente: [Citado en 2009] Disponible <<http://es.slideshare.net/guest375d93/ficha-tecnica-de-aedes-aegypti-2009>>

Figura C.1. Ciclo biológico e identificación del mosquito macho y hembra.



Fuente: [Citado en 2014] Disponible
<<http://quimicaecologica.com/semioquimicos>>

**ANEXO D. PRESENTACIÓN 1 (SUPERIOR) Y 2 (INFERIOR) DEL PRODUCTO
COMERCIAL BG LURE®.**



Fuente:[Citado en 2007] disponible <www.biogents.com>

ANEXO E. PRESENTACIÓN DEL BG-SWEETSCENT™



ANEXO F. DEFINICIÓN DE COMPUESTOS Y CONCENTRACIONES ATRAYENTES

Definición de compuestos y concentraciones	
Compuestos	Concentraciones
Urea	15%, 20%, 25% p/v.
Ácido tetradecanoico	
Ácido láctico	15%, 20%, 25% v/v.
Acetato de etilo	
Dióxido de carbono	4, 5, 6 mL/min

ANEXO G. MONTAJE DE PRUEBAS DE OVIPOSICIÓN Y ATRACCIÓN



ANEXO H. PRUEBAS DE OVIPOSICIÓN

Figura H.1. Ovitrapa



Figura H.2. Montaje de la prueba. Competitiva (izquierda) e individual (derecha)

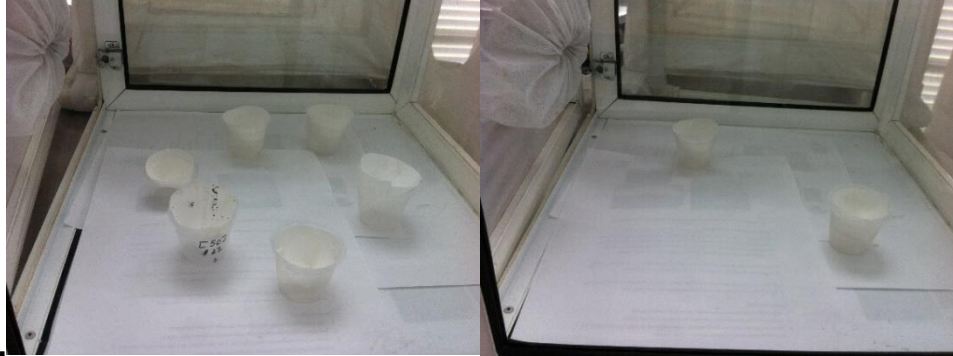


Figura H.3. Huevos depositados en el papel filtro



Figura H.4. Conteo de huevos en el estereomicroscopio



ANEXO I. PRUEBAS DE ATRACCIÓN

Figura I.1. Hometrap



Figura I.2. Montaje de la prueba. Competitiva (izquierda) e individual (derecha).



Figura I.3. Conteo de zancudos capturados en la trampa



ANEXO J. MATERIAL BIOLÓGICO (COLONIA) Y SU MANTENIMIENTO

Figura J.1. Colonia de *Aedes aegypti* disponible



Figura J.2. Material biológico larvas (izquierda) y pupas (derecha)

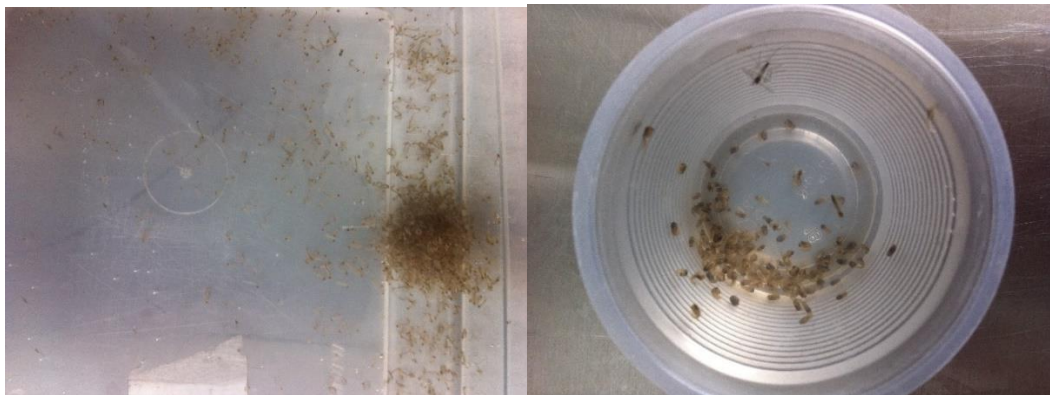


Figura J.3. Preparación de la rata para alimentar la colonia.



Figura J.4. Alimentación de la colonia con sangre (rata)



Figura J.5. Selección de las hembras para usar en pruebas



ANEXO K. ROTACIONES USADAS EN LAS PRUEBAS

Figura K.1. Rotación pruebas preliminares competitivas.

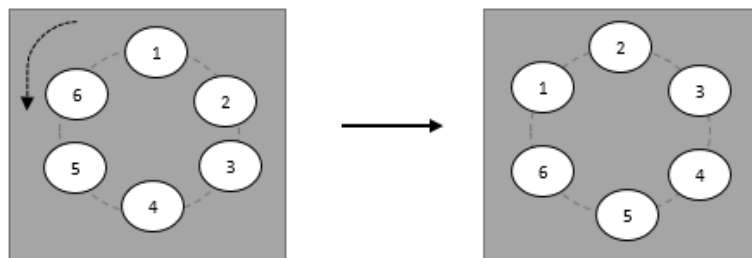


Figura K.2. Rotación pruebas preliminares individuales.

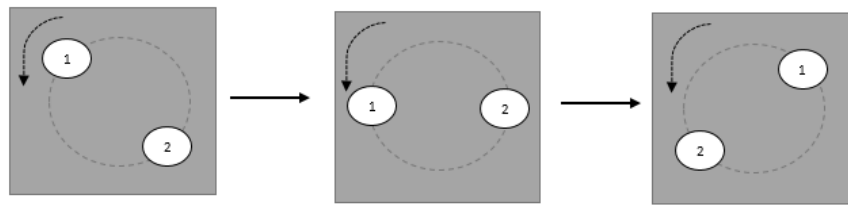


Figura K.3. Rotación en pruebas de evaluación de matrices

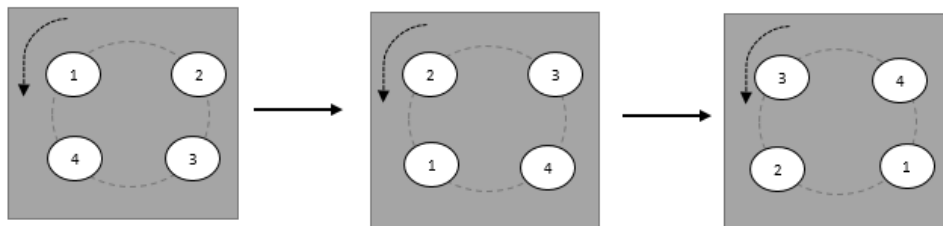
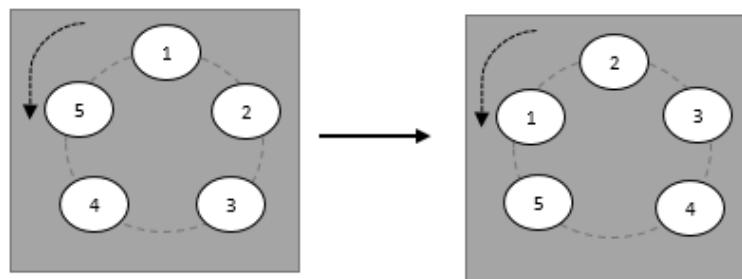


Figura K.4. Rotación en pruebas sinérgicas de las matrices con el producto comercial



ANEXO L. MODELO EXPERIMENTAL BOX-BEHNKEN

MUESTRA	COMPOSICIÓN %p/p			
	ALGODÓN	YUTE	AGLUTINANTE	CELULOSA
1	30	0	9	61
2	70	0	9	21
3	30	10	9	51
4	70	10	9	11
5	30	5	3	62
6	70	5	3	22
7	30	5	15	50
8	70	5	15	10
9	50	0	3	47
10	50	10	3	37
11	50	0	15	35
12	50	10	15	25
13	50	5	9	36
14	50	5	9	36
15	50	5	9	36

ANEXO M. PROTOCOLO DE ADSORCIÓN EN FIBRAS

Objetivo: Determinar la cantidad de agua adsorbida por la fibra en cada una de sus muestras, basados en las norma TAPPI T441, ASTM D570-98 y NMX-N-097-SCFI-2008

Procedimiento:

- 1) Una vez prensados los componentes de la fibra, determinar el peso seco de cada una de las pastillas (muestras)

- 2) Sumergir las muestras en 100 mL de agua destilada, a una altura de aproximadamente 1 cm, durante 60 minutos; en este transcurso, sacar las muestras cada cinco minutos, retirar con un paño el agua de la superficie y pesar.



- 3) Cuando se cumplan los 60 minutos, determinar el peso húmedo final de las muestras para posteriormente ser llevadas a un horno convectivo que estará a 50°C.



- 4) Después de retirada la humedad de las fibras, se sacarán del horno y se pesarán de nuevo. La diferencia entre el peso húmedo y el peso seco, indicará la cantidad de agua adsorbida (gravimetría).

Nota: A medida que se va realizando el procedimiento de inmersión, preparar un gráfico del aumento de peso como una función de la raíz cuadrada de cada tiempo de inmersión. La región de la meseta con poco o ningún cambio en el peso como una función de la raíz cuadrada del tiempo de inmersión, representa el contenido de agua de saturación de la fibra

ANEXO N. DISEÑO DE PRUEBA PARA LA EVALUACIÓN SINÉRGICA DE LAS MATRICES CON EL PRODUCTO COMERCIAL

PESO RECOMENDADO BG-Sweetscent™	MATRÍZ (% PESO)
	GEL - FIBRA
100%	75% - 25%
50%	50% - 50%
25%	25% - 75%

ANEXO O. RESULTADO PRUEBAS DE OVIPOSICIÓN Y ATRACCIÓN

PRUEBAS DE OVIPOSICIÓN COMPETITIVA

Figura O.1. Respuesta de oviposición al 25% p/v de urea, 25% p/v de ácido tetradecanoico, 25% v/v de acetato de etilo, 25% v/v de ácido láctico y flujo de 4 mL/min de CO₂

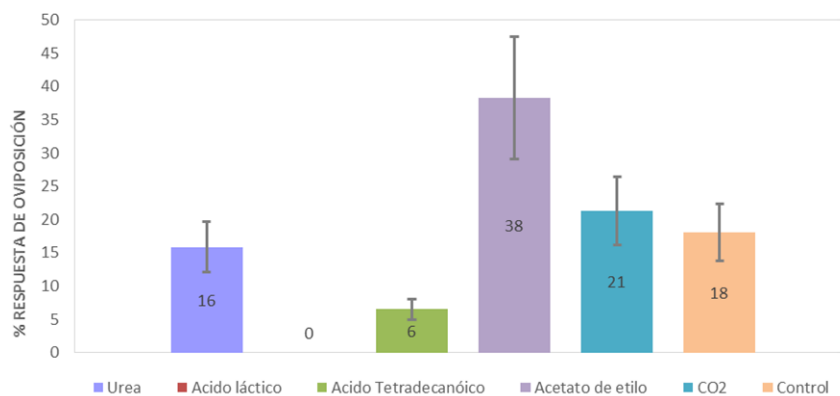


Figura O.2. Respuesta de oviposición al 20% p/v de urea, 20% p/v de ácido tetradecanoico, 20% v/v de acetato de etilo, 20% v/v de ácido láctico y flujo de 5 mL/min de CO₂

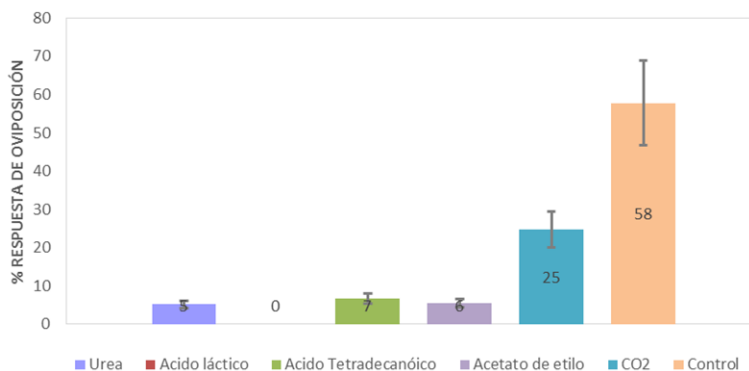
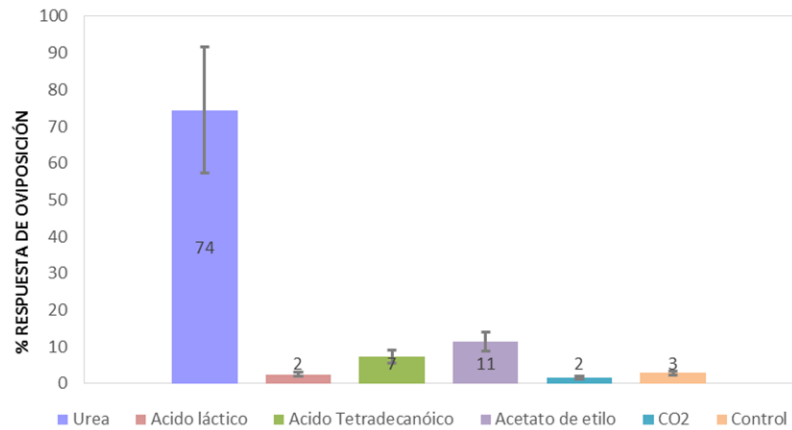


Figura O.3. Respuesta de oviposición al 15% p/v de urea, 15% p/v de ácido tetradecanoico, 15% v/v de acetato de etilo, 15% v/v de ácido láctico y flujo de 6 mL/min de CO₂



PRUEBAS DE OVIPOSICIÓN INDIVIDUAL

Figura O.4. Respuesta de oviposición al 25% p/v de urea, 25% p/v de ácido tetradecanoico, 25% v/v de acetato de etilo, 25% v/v de ácido láctico y flujo de 4 mL/min de CO₂

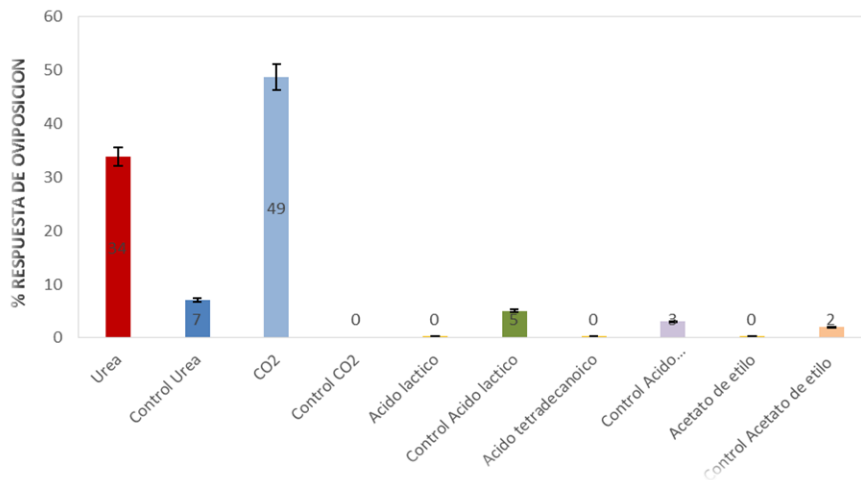


Figura O.5. Respuesta de oviposición al 20% p/v de urea, ácido tetradecanoico, 20% v/v de acetato de etilo, ácido láctico y flujo de 5 mL/min de CO₂

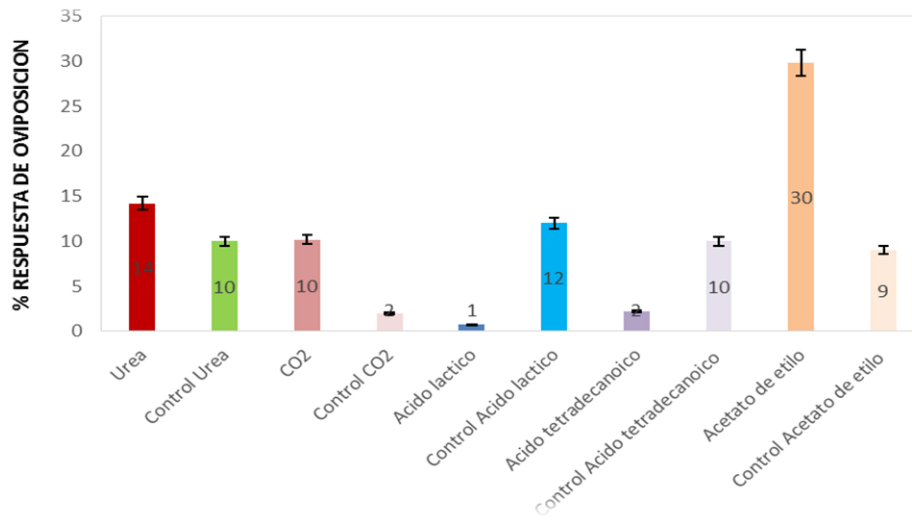
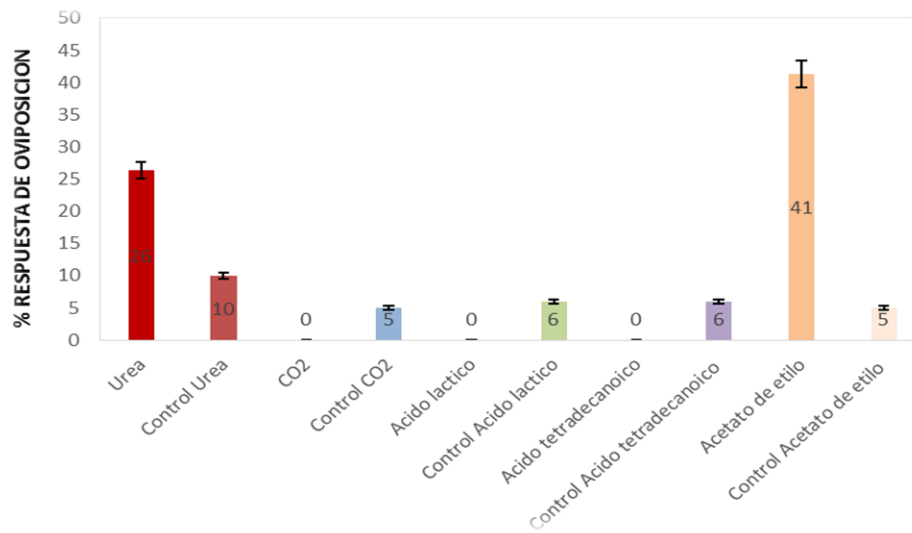


Figura O.6. Respuesta de oviposición al 15% p/v de urea, ácido tetradecanoico, 15% v/v de acetato de etilo, ácido láctico y flujo de 6 mL/min de CO₂



PRUEBAS DE ATRACCIÓN COMPETITIVA

Figura O.7. Respuesta de atracción al 25% p/v de urea, ácido tetradecanoico, 25% v/v de acetato de etilo, ácido láctico y flujo de 4 mL/min de CO₂

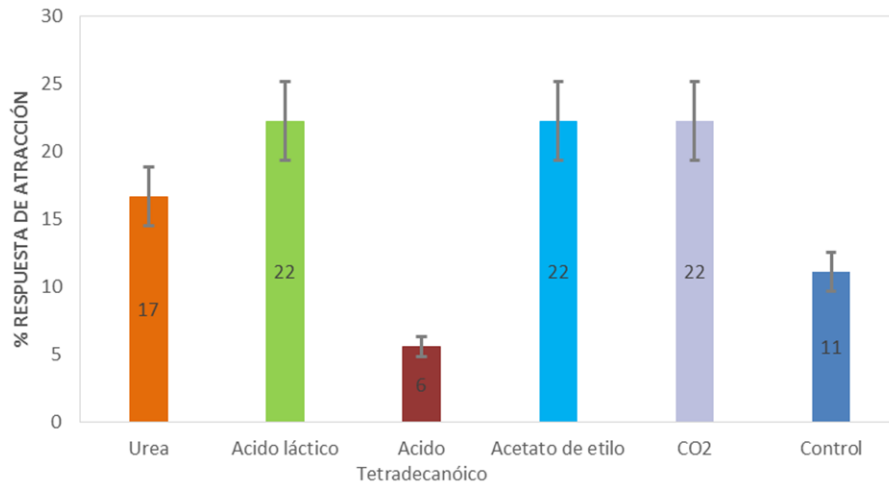


Figura O.8. Respuesta de atracción al 20% p/v de urea, ácido tetradecanoico, 20% v/v de acetato de etilo, ácido láctico y flujo de 5 mL/min de CO₂

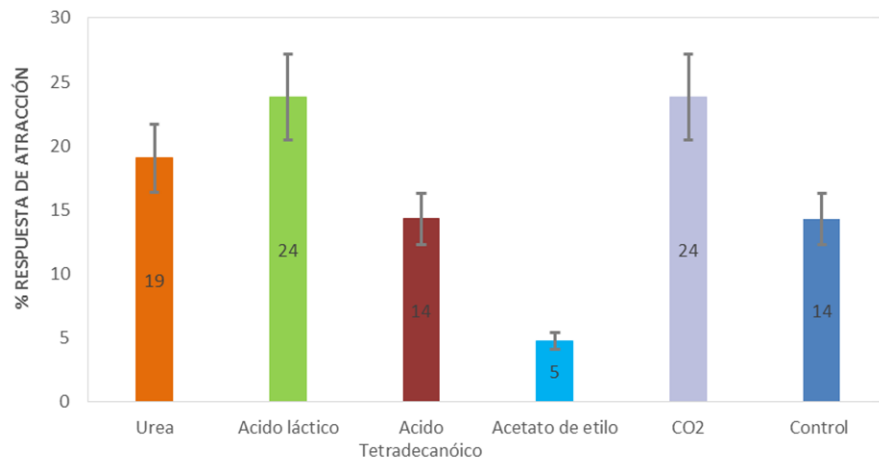
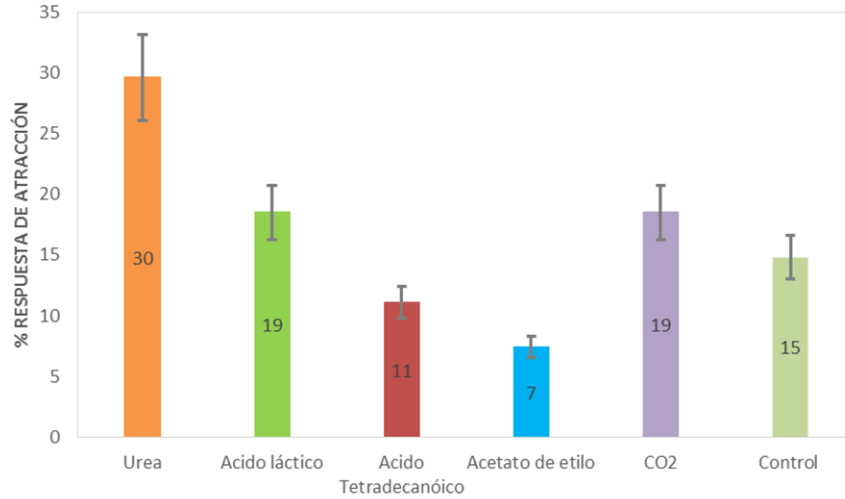


Figura O.9. Respuesta de atracción al 15% p/v de urea, ácido tetradecanoico, 15% v/v de acetato de etilo, ácido láctico y flujo de 6 mL/min de CO₂



PRUEBAS DE ATRACCIÓN INDIVIDUAL

Figura O.10. Respuesta de atracción al 25% p/v de urea, ácido tetradecanoico, 25% v/v de acetato de etilo, ácido láctico y flujo de 4 mL/min de CO₂

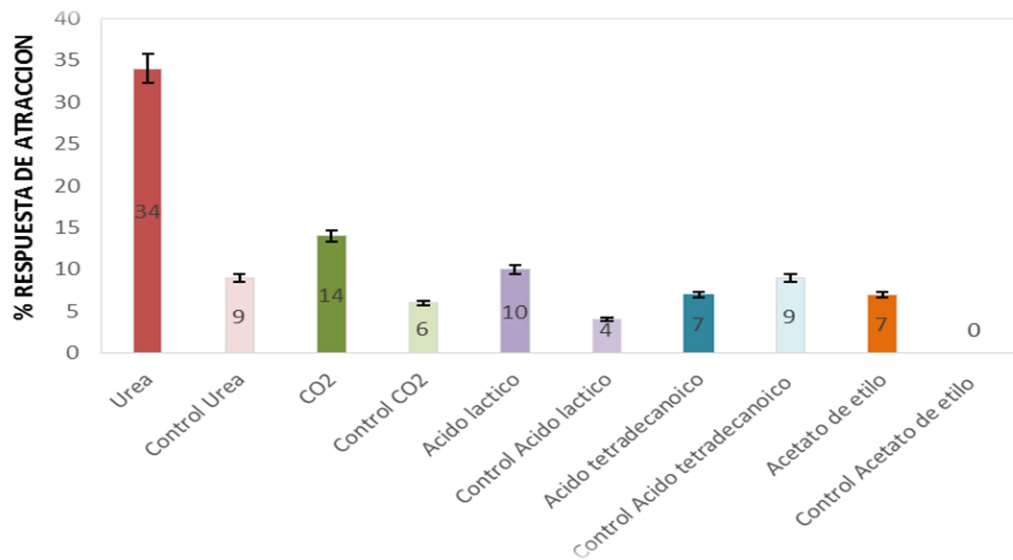


Figura G.11. Respuesta de atracción al 20% p/v de urea, ácido tetradecanoico, 20% v/v de acetato de etilo, ácido láctico y flujo de 5 mL/min de CO₂

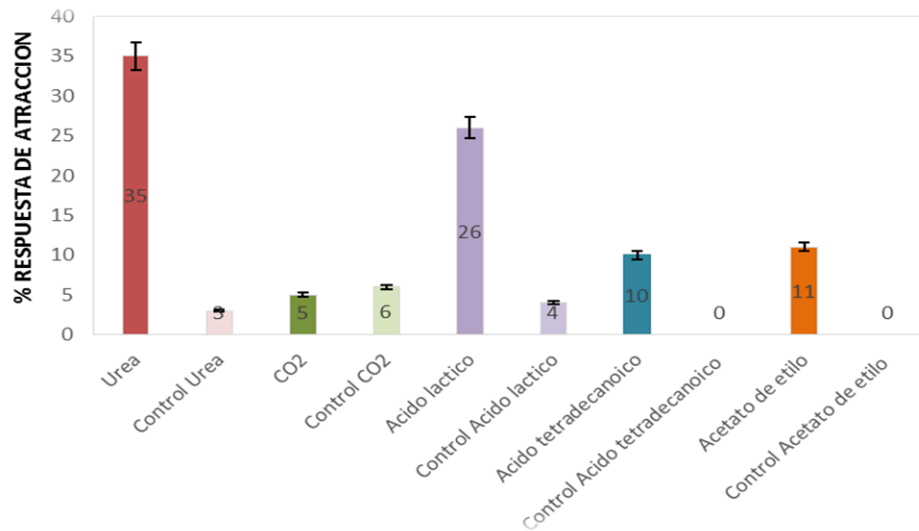
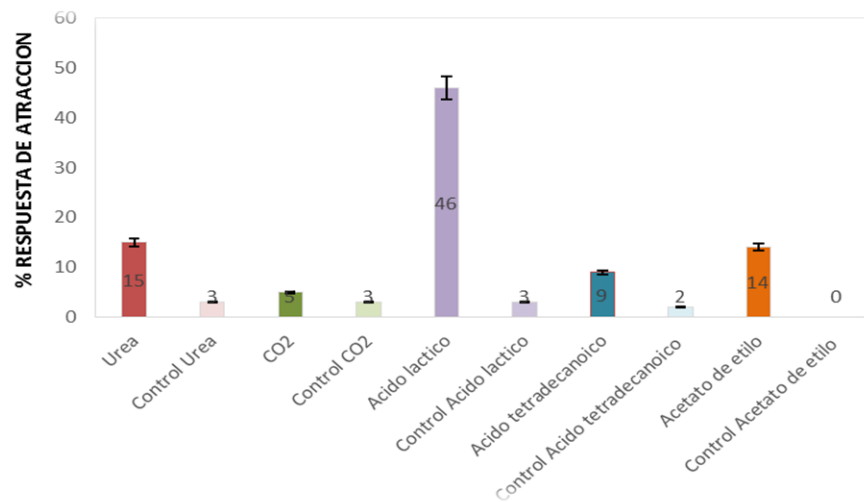


Figura G.12. Respuesta de atracción al 15% p/v de urea, ácido tetradecanoico, 20% v/v de acetato de etilo, ácido láctico y flujo de 4 mL/min de CO₂



**ANEXO P. TABLAS DE CONTINGENCIA Y PRUEBAS DE CHI-CUADRADO
PARA PRUEBAS DE OVIPOSICIÓN Y ATRACCIÓN**

PRUEBAS DE OVIPOSICIÓN

Tabla P.1. Tabla de contingencia de oviposición competitiva

		Concentración			Total
		0,25	0,2	0,15	
Compuesto:	Urea	47	8	96	151
	Ácido Láctico	0	0	46	46
	Ácido Tetradecanoico	26	10	72	108
	Acetato de Etilo	68	9	80	157
	Dióxido de Carbono	54	30	36	120
	Control	50	50	50	150
	Total	245	107	380	732

Tabla P.2. Tabla de Chi-cuadrado de oviposición competitiva

	Valor	gl	Sig. Asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	148,972	10	0,000
Razón de verosimilitudes	163,564	10	0,000
asociación lineal por lineal	35,86	1	0,000
N de casos validos	732		

Tabla P.3. Tabla de contingencia de oviposición individual

		Concentración			Total
		0,25	0,2	0,15	
Compuesto:	Urea	77	90	90	257
	Ácido Láctico	50	6	0	56
	Ácido Tetradecanoico	33	42	0	75
	Acetato de Etilo	50	54	83	187
	Dióxido de Carbono	90	92	0	182
	Control	50	100	50	200
Total		350	384	223	957

Tabla P.4. Tabla de Chi-cuadrado de oviposición individual

	Valor	gl	Sig. Asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	225,407	10	0,000
Razón de verosimilitudes	281,635	10	0,000
asociación lineal por lineal	1,051	1	0,305
N de casos validos	957		

PRUEBAS DE ATRACCIÓN

Tabla P.5. Tabla de contingencia de atracción competitiva

	Concentración			Total
	0,25	0,2	0,15	
Urea	60	57	67	184
Ácido Láctico	67	63	56	186
Ácido Tetradecanoico	33	50	43	126
Compuesto Acetato de Etilo	67	25	56	148
Dióxido de Carbono	67	63	56	186
Control	50	50	50	150
Total	344	308	328	980

Tabla P.6. Tabla de Chi-cuadrado de atracción competitiva

	Valor	gl	Sig. Asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	148,972	10	0,000
Razón de verosimilitudes	163,564	10	0,000
Asociación lineal por lineal	35,86	1	0,000
N de casos válidos	732		

Tabla P.7. Tabla de contingencia de atracción individual

		Concentración			Total
		0,25	0,2	0,15	
Compuesto	Urea	77	90	90	151
	Ácido Láctico	50	6	46	46
	Ácido	33	42	72	108
	Tetradecanóico				
	Acetato de Etilo	50	54	80	157
	Dióxido de	90	92	36	120
	Carbono				
	Control	50	100	50	150
Total		350	384	380	732

**ANEXO Q. PORCENTAJE DE HUMEDAD RETIRADO EN PRUEBA DE
EVAPORACIÓN ACELERADA**

TIEMPO (min)	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6
5	4%	4%	5%	6%	7%	10%
10	8%	8%	11%	13%	14%	15%
15	12%	13%	17%	19%	21%	19%
20	17%	18%	24%	26%	28%	24%
25	25%	28%	33%	32%	34%	30%
35	38%	37%	42%	44%	43%	35%
45	48%	46%	52%	55%	51%	41%
55	62%	56%	60%	60%	56%	45%
60	73%	67%	67%	66%	62%	50%
70	98%	76%	74%	70%	65%	54%
80	100%	83%	80%	74%	69%	58%
90	100%	88%	84%	77%	72%	61%
100	100%	90%	88%	81%	76%	63%
110	100%	93%	92%	84%	80%	68%
120	100%	96%	95%	89%	86%	75%
140	100%	98%	97%	93%	90%	80%
160	100%	98%	98%	96%	94%	83%
180	100%	99%	98%	98%	98%	85%
200	100%	99%	99%	100%	100%	90%

ANEXO R. RESULTADOS PRUEBA ADSORCIÓN EN FIBRAS

MUESTRA	PESO SECO (g), t = 0 min	PESO HÚMEDO (g)					
		t = 5 min	t = 10 min	t = 15 min	t = 30 min	t = 45 min	t = 60 min
1	0,19	0,41	0,58	0,64	0,65	0,65	0,71
2	0,21	0,25	0,44	0,47	0,51	0,53	0,55
3	0,1	0,26	0,28	0,3	0,31	0,32	0,35
4	0,19	0,34	0,37	0,45	0,54	0,54	0,56
5	0,21	0,52	0,53	0,53	0,54	0,56	0,56
6	0,14	0,33	0,36	0,38	0,44	0,45	0,45
7	0,1	0,23	0,28	0,46	0,49	0,5	0,5
8	0,18	0,56	0,58	0,58	0,59	0,6	0,6
9	0,16	0,41	0,42	0,42	0,45	0,45	0,47
10	0,22	0,54	0,56	0,58	0,82	0,84	0,84
11	0,18	0,41	0,43	0,45	0,56	0,59	0,6
12	0,24	0,54	0,56	0,6	0,65	0,68	0,85
13	0,27	0,71	0,73	0,74	0,81	0,83	0,88
14	0,26	0,66	0,66	0,78	0,89	0,9	0,98
15	0,22	0,51	0,54	0,6	0,61	0,66	0,66

ANEXO S. ANÁLISIS DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

El propósito inicial de estas técnicas es diseñar un experimento que proporcione valores razonables de la variable respuesta y, a continuación, determinar el modelo matemático que mejor se ajusta a los datos obtenidos. El objetivo final es establecer los valores de los factores que optimizan el valor de la variable respuesta [32].

Los polinomios usados más frecuentemente como funciones de aproximación son los de órdenes uno y dos:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i * x_i + \varepsilon$$

Donde:

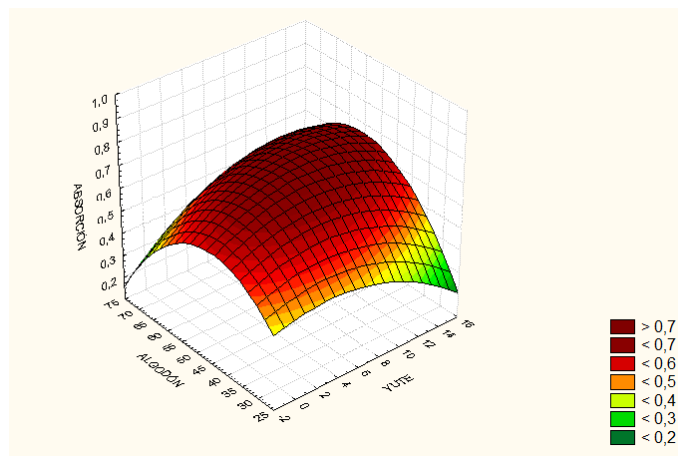
$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$, = Coeficientes de regresión a estimar.

$x_0, x_1, x_2 \dots x_k$ = Niveles de respuesta

ε = Factor de análisis.

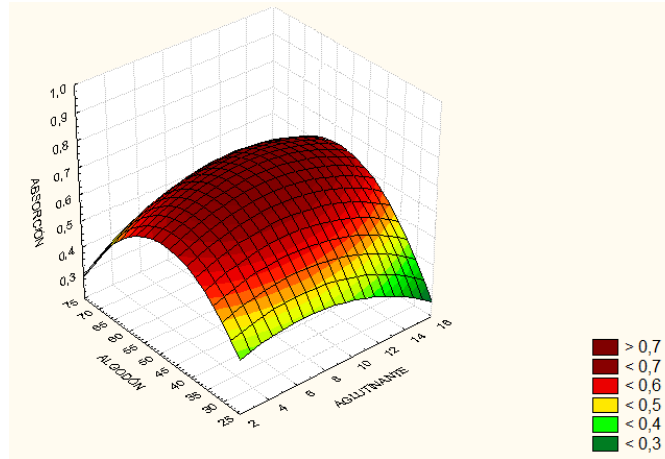
Figura S.1. Superficie de respuesta de adsorción para relaciones de dos componentes con valor fijo del tercer componente.

A. Algodón – Yute al 10% aglutinante



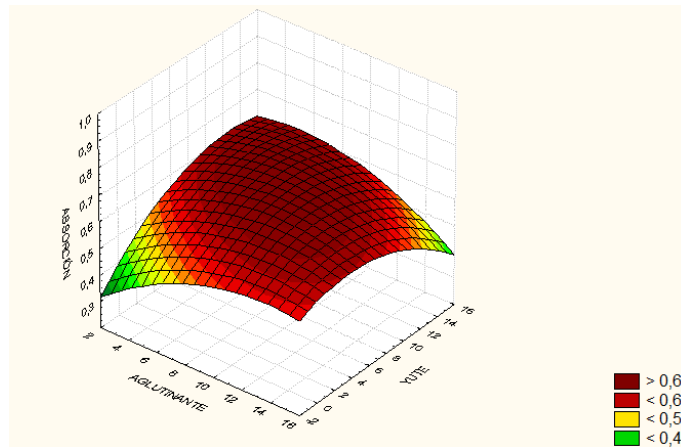
$$\text{ADSORCIÓN} = -0,2993-0,0059*x+0,0414*y-0,0015*x^2+0,0006*x*y-0,0005*y^2$$

B. Algodón – Aglutinante al 7% Yute



$$\text{ADSORCIÓN} = -0,4091+0,0158*x+0,042*y-0,002*x^2+0,0004*x*y-0,0005*y^2$$

C. Aglutinante – Yute al 50% Algodón



$$\text{ADSORCIÓN} = 0,3071+0,0463*x+0,0388*y-0,0018*x^2-0,0018*x*y-0,0014*y^2$$

ANEXO T. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE UN FACTOR PARA LAS FIGURAS 8 Y 9.

ZancudosCapturados

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	31,417	5	6,283	5,027	,037
Intra-grupos	7,500	6	1,250		
Total	38,917	11			

ANEXO U. TEST HSD DE TUKEY PARA LAS FIGURAS 8 Y 9

El test HSD (Honestly Significance Difference) Tukey, es un test de comparaciones múltiples que complementa a un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de establecer entre qué tratamientos se presentan diferencias significativas. Esta prueba de Tukey es la prueba de medias más conocida y se usa cuando el tamaño de las muestras seleccionadas para cada grupo son iguales [32].

$$W = q * \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

Donde:

W = comparador de Tukey.

q = Valor obtenido de la tabla de Tukey, donde horizontalmente se colocan los grados de libertad de los tratamientos y verticalmente los grados de libertad del error.

CME = Cuadrado medio del error.

r = Repeticiones de los tratamientos.

Variable dependiente: ZancudosCapturados
HSD de Tukey

(I) Concentraciones	(J) Concentraciones	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
,13	,15	,500	1,118	,997	-3,95	4,95
	,17	2,500	1,118	,341	-1,95	6,95
	,23	-3,000	1,118	,209	-7,45	1,45
	,25	,500	1,118	,997	-3,95	4,95
	,27	,000	1,118	1,000	-4,45	4,45
,15	,13	-,500	1,118	,997	-4,95	3,95
	,17	2,000	1,118	,531	-2,45	6,45
	,23	-3,500	1,118	,127	-7,95	,95
	,25	,000	1,118	1,000	-4,45	4,45
	,27	-,500	1,118	,997	-4,95	3,95
,17	,13	-2,500	1,118	,341	-6,95	1,95
	,15	-2,000	1,118	,531	-6,45	2,45
	,23	-5,500*	1,118	,019	-9,95	-1,05
	,25	-2,000	1,118	,531	-6,45	2,45
	,27	-2,500	1,118	,341	-6,95	1,95
,23	,13	3,000	1,118	,209	-1,45	7,45
	,15	3,500	1,118	,127	-,95	7,95
	,17	5,500*	1,118	,019	1,05	9,95
	,25	3,500	1,118	,127	-,95	7,95
	,27	3,000	1,118	,209	-1,45	7,45
,25	,13	-,500	1,118	,997	-4,95	3,95
	,15	,000	1,118	1,000	-4,45	4,45
	,17	2,000	1,118	,531	-2,45	6,45
	,23	-3,500	1,118	,127	-7,95	,95
	,27	-,500	1,118	,997	-4,95	3,95
,27	,13	,000	1,118	1,000	-4,45	4,45
	,15	,500	1,118	,997	-3,95	4,95
	,17	2,500	1,118	,341	-1,95	6,95
	,23	-3,000	1,118	,209	-7,45	1,45
	,25	,500	1,118	,997	-3,95	4,95

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

ANEXO V. ANOVA DE UN FACTOR Y PRUEBA TUKEY PARA EVALUACIÓN SINÉRGICA PARA LAS FIGURAS 10, 11 Y 12 RESPECTIVAMENTE.

Figura V1. ANOVA y prueba Tukey para las matrices con el producto comercial en relación al 100%, del peso recomendado.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	17,200	4	4,300	11,217	,000
Intra-grupos	5,750	15	,383		
Total	22,950	19			

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
75%-25%	50%-50%	2,000*	,438	,003	,65	3,35
	25%-75%	2,500*	,438	,000	1,15	3,85
	BG-SWEETSCENT	2,500*	,438	,000	1,15	3,85
	AGUA	2,000*	,438	,003	,65	3,35
50%-50%	75%-25%	-2,000*	,438	,003	-3,35	-,65
	25%-75%	,500	,438	,782	-,85	1,85
	BG-SWEETSCENT	,500	,438	,782	-,85	1,85
	AGUA	,000	,438	1,000	-1,35	1,35
25%-75%	75%-25%	-2,500*	,438	,000	-3,85	-,15
	50%-50%	-,500	,438	,782	-1,85	,85
	BG-SWEETSCENT	,000	,438	1,000	-1,35	1,35
	AGUA	-,500	,438	,782	-1,85	,85
BG-SWEETSCENT	75%-25%	-2,500*	,438	,000	-3,85	-,15
	50%-50%	-,500	,438	,782	-1,85	,85
	25%-75%	,000	,438	1,000	-1,35	1,35
	AGUA	-,500	,438	,782	-1,85	,85
AGUA	75%-25%	-2,000*	,438	,003	-3,35	-,65
	50%-50%	,000	,438	1,000	-1,35	1,35
	25%-75%	,500	,438	,782	-,85	1,85
	BG-SWEETSCENT	,500	,438	,782	-,85	1,85

Figura V2. ANOVA y prueba Tukey para las matrices con el producto comercial en relación al 50%, del peso recomendado.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	59,300	4	14,825	10,465	,000
Intra-grupos	21,250	15	1,417		
Total	80,550	19			

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
75%-25%	50%-50%	3,750*	,842	,004	1,15	6,35
	25%-75%	4,250*	,842	,001	1,65	6,85
	BG-SWEETSCENT	4,500*	,842	,001	1,90	7,10
	AGUA	4,500*	,842	,001	1,90	7,10
50%-50%	75%-25%	-3,750*	,842	,004	-6,35	-1,15
	25%-75%	,500	,842	,974	-2,10	3,10
	BG-SWEETSCENT	,750	,842	,896	-1,85	3,35
	AGUA	,750	,842	,896	-1,85	3,35
25%-75%	75%-25%	-4,250*	,842	,001	-6,85	-1,65
	50%-50%	-,500	,842	,974	-3,10	2,10
	BG-SWEETSCENT	,250	,842	,998	-2,35	2,85
	AGUA	,250	,842	,998	-2,35	2,85
BG-SWEETSCENT	75%-25%	-4,500*	,842	,001	-7,10	-1,90
	50%-50%	-,750	,842	,896	-3,35	1,85
	25%-75%	-,250	,842	,998	-2,85	2,35
	AGUA	,000	,842	1,000	-2,60	2,60
AGUA	75%-25%	-4,500*	,842	,001	-7,10	-1,90
	50%-50%	-,750	,842	,896	-3,35	1,85
	25%-75%	-,250	,842	,998	-2,85	2,35
	BG-SWEETSCENT	,000	,842	1,000	-2,60	2,60

Figura V3. ANOVA y prueba Tukey para las matrices con el producto comercial en relación al 25% p/p, del peso recomendado.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	15,700	4	3,925	11,214	,000
Intra-grupos	5,250	15	,350		
Total	20,950	19			

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
75%-25%	50%-50%	2,000*	,418	,002	,71	3,29
	25%-75%	1,750*	,418	,006	,46	3,04
	BG-SWEETSCENT	2,500*	,418	,000	1,21	3,79
	AGUA	2,250*	,418	,001	,96	3,54
50%-50%	75%-25%	-2,000*	,418	,002	-3,29	-,71
	25%-75%	-,250	,418	,973	-1,54	1,04
	BG-SWEETSCENT	,500	,418	,754	-,79	1,79
	AGUA	,250	,418	,973	-1,04	1,54
25%-75%	75%-25%	-1,750*	,418	,006	-3,04	-,46
	50%-50%	,250	,418	,973	-1,04	1,54
	BG-SWEETSCENT	,750	,418	,413	-,54	2,04
	AGUA	,500	,418	,754	-,79	1,79
BG-SWEETSCENT	75%-25%	-2,500*	,418	,000	-3,79	-,121
	50%-50%	-,500	,418	,754	-1,79	,79
	25%-75%	-,750	,418	,413	-2,04	,54
	AGUA	-,250	,418	,973	-1,54	1,04
AGUA	75%-25%	-2,250*	,418	,001	-3,54	-,96
	50%-50%	-,250	,418	,973	-1,54	1,04
	25%-75%	-,500	,418	,754	-1,79	,79
	BG-SWEETSCENT	,250	,418	,973	-1,04	1,54