



## Robot acuático hidrostático espectral de rayos laser, para el control larvario de mosquitos de importancia médica en Salud Pública.

---

DR. ANTONIO VASQUEZ HIDALGO\*

### RESUMEN

**R**

Diseñar y construir un robot acuático que destruya la presencia de larvas o pupas de mosquitos en contenedores de agua. Se construyó y se diseñó un robot con materiales reciclables construido con tubos de cañería PVC, lupa, sensores de luz y barrera, motor de fuente 110 v, resistencias, LCR, cargador 9 v y focos led, para que destruya larvas de mosquitos en un contenedor de agua. Como resultado hay una cero prevalencia de índice larvario porque el robot detecta presencia larvaria con sensores y rayos laser activándose automáticamente con el efecto de succión y destrucción larvas en su interior eliminándolas desechas al utilizar filtros de 10 micras y aspas metálicas, el robot se activa por cinco a diez minutos y se apaga automáticamente hasta esperar la alarma otra vez según disposición de larvas. Conclusión el uso del robot acuático en contenedores de agua no se encuentra índices larvarios, así como pupas, que puede ser utilizado como control anti larvario para el combate transmisor de Dengue, Zika, Chikungunya entre otros.

**Palabras clave.** Sensor, robot, larvas.

---

\*Docente del departamento de microbiología de la Universidad de El Salvador, El Salvador Centro América.



## Introducción

Para enero del 2016 El Salvador ha reportado 3,302 casos de Zika con una tasa de 51 x 1000 hab y en embarazadas con 96 casos. En marzo del 2016 se han confirmado casos de Zika en 31 países, lo que ha causado alarma internacional. Las enfermedades por malaria, dengue y Chikungunya aún no se han erradicado, los países Latinoamericanos han invertido en el sistema sanitario millones de dólares para el combate del mosquito o zancudo, los productos químicos como el abate ya están reportando resistencia a las larvas. Los años 2014 y 2015 han sido cruciales para la detección y combate de enfermedades virales, a la cabeza el Zika en la que se han asociado microcefalias en los recién nacidos

El Paludismo y el Dengue son dos principales enfermedades de importancia médica, sin embargo el transmisor *Aedes aegypti* transmite tres enfermedades potencialmente agresivas al ser humano, entre ellos Dengue, Zika y Chikungunya, al momento se consideran epidemiológicamente como Enfermedades que reportan cifras estadísticas en aumento por el Ministerio de Salud. Definidas como alto riesgo en áreas endémicas. De igual forma se ha reportado en regiones costeras y hoy en áreas urbanas con mayor morbilidad. Se hacen esfuerzos mundiales auspiciados o dirigidos por la OMS, OPS y otros, para controlar y erradicar el vector, pero que hasta el momento ha sido imposible de lograr resultados prometedores. Se han utilizado diversos métodos de control, en las que se destaca el uso de químicos en las plantaciones y áreas domiciliarias, con el consiguiente riesgo de causar intoxicaciones en el ser humano.

Al momento la malaria y dengue son dos problemas de Salud Pública y de gobiernos, debido a que se invierten millones de dólares en erradicar el vector y tratar la enfermedad, derivados del presupuesto nacional asignado a salud, hoy se agrega Zika.

El Salvador no es la excepción, debido a que por su climatología y densidad poblacional, hace favorable la transmisión, con predominio en la estación seca y lluviosa con temperaturas entre 22<sup>0</sup>C a 30<sup>0</sup>C en zonas costeras o sabanas tropicales y desplazamiento en

alturas menores de 300 mts hacen propicio condiciones ideales para su estancia y propagación.

El 80-90% del total de casos del país según reporte de Malaria del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), se ubica en áreas endémicas principalmente en la costa del Pacífico. Las tasas reportadas con mayores números de casos han sido en los años 2013 con más de 100,000 casos infectados con Malaria con una tasa aproximada de 200 a 2,600 X 10.000 hab.

Los esfuerzos por erradicar las larvas utilizando múltiples recursos por el Ministerio de Salud han sido sistemáticos, así como gastos publicitarios es oneroso. Se necesita mayor educación y concientización con apoyo hacia las comunidades a nivel colectivo e individual. Al momento se hace uso del abate intradomiciliar como medida de prevención y control sanitario sin tener el impacto esperado. Hoy utilizan alevines como criaderos de peces en los contenedores como control sanitario.

### **Objetivos:**

**Objetivo general:** Diseñar y construir un robot hidrostático que detecte larvas de mosquitos y las destruya bajando el índice larvario.

Objetivos específicos:

1. Eliminar larvas por medio del robot hidrostático y las destruya en un contenedores de agua.
2. Diseñar un circuito electrónico con funcionalidad automática.
3. Construir un robot hidrostático con efecto larvicida.

### **Diseño metodológico.**

El tipo de investigación es experimental de aplicación, con un periodo de investigación de 15 meses. La muestra utilizada fueron larvas de mosquitos en estadios I,II,III y IV. Las variables estudiadas son independientes larvas de mosquitos sin importar la especie y la dependiente el robot hidrostático que evita las enfermedades como Dengue, Zika y Chikungunya.

## Resultados y discusión.

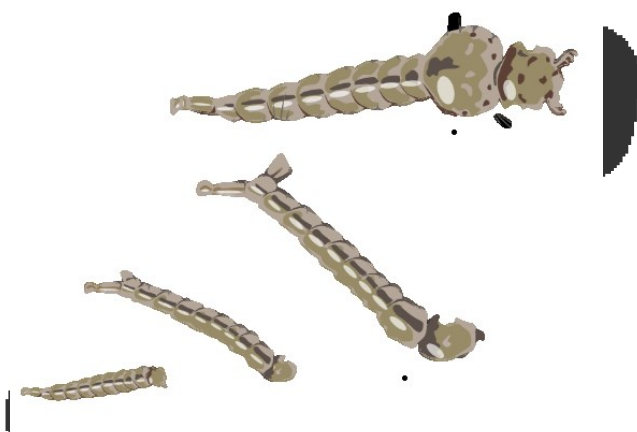


Figura 1. LARVAS: I, II, III IV

**Ciclo de vida:** En el experimento se recolectaron larvas de varios estadios, encontrándose en su forma natural en su ciclo de vida primero pasan por huevo que duran entre 1 a 3 días encontrándose en la superficie del agua, pueden flotar sin dificultad los de Malaria, las otras especies se agrupan para poder flotar, luego pasan a larvas en 4 estadios ver Fig 1 que mudan su cutícula entre cada estadio que las protege y las engruesa cuando llegan a estadio IV, siendo el I inicial e inmaduro más pequeño que los otros que aumentan de tamaño en cada estadios, las larvas de mosquito necesitan agua, tienen un sifón respiratorio para inhalar oxígeno,

excepto la larva de Malaria no tiene sifón pero se coloca paralelo a la superficie de agua para respirar. Estas larvas se alimentan de microorganismos pequeños y material orgánico para subsistir. En promedio cada larva mide entre 2 a 10 mm, tiene un tubo terminal largo y delgado denominado sifón que le sirve para respirar en la superficie del agua, duran en esta fase de 10 a 13 días, luego pasan a pupa con peso menos denso por lo que flota fácilmente, que es la fase previa del adulto que sale por presión mecánica de la cutícula, en esta fase duran de 2 a 4 días. Luego en fase de adulto están en promedio 3 a 6 semanas ver Fig 2,3, los machos viven menos, la hembra necesita aparearse en dos días en la que necesitan encontrar agua para poner los huevos y sobre todo la hembra necesita alimentación de sangre, el macho busca polen, jugos y otros alimentos excepto sangre. Como control epidemiológico y entomológico es necesario cortar aquí el ciclo de vida en fase larvaria entre otros, y no transmitan enfermedades virales en su cadena de transmisión.

**Epidemiología:** su hábitat principal es el agua, necesitan oxígeno en estadio larvario como fase previa para llegar a adulto que respira. La larva de malaria se reproduce en agua limpia y contaminada, la de dengue, Chickungunya, Zika vive en agua limpia. Viven a una altura menor de 600 mts del nivel del mar, se adaptan fácilmente a climas templados y calurosos.



**Figura 2. Huevo, larva, pupa y adulto del Ciclo de vida del mosquito.**



**Figure 3. Mosquitos adults.**

### **UN DIA EN LA VIDA DE UNA LARVA DE MOSQUITO.**

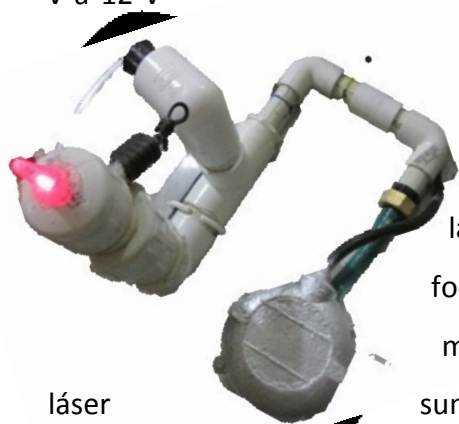


Se estudió el comportamiento de las larvas por 8 horas en un contenedor de 2700 mts<sup>3</sup>, dando como resultado que las larvas de los estadios III Y IV salen a la superficie a tomar oxígeno están entre 5 a 10 seg, cualquier movimiento se defienden

sumergiéndose hasta el fondo estando entre 10 a 15 seg luego vuelven a subir a la superficie. El tiempo que toma en llegar de la superficie hasta el fondo depende de la profundidad del contenedor pero llegan en 30 seg y ascienden o descienden unas en zigzag otras en cola entre 20 a 30 seg. Los estadios I y II larvario pasan la mayor parte del tiempo en el fondo del contenedor hasta que pasan a III y IV ascienden a la superficie a tomar oxígeno en el diámetro abierto de 26x30 cm del contenedor con luz natural, conocido en El Salvador como “pila de agua”. No se sabe si tienen foto-termo receptores de luz y calor en los pelos y antenas que recubren su cuerpo, pero indica que si poseen receptores, así como poseen un par de antenas en su cabeza. Su comportamiento en el contenedor busca la luz los estadios mayores. Les atrae el color verde oscuro en el fondo. Es un frenesí de subir y bajar continuamente las 24 hrs diarias en el contenedor hasta que salen adultas.

### **FUNDAMENTO DEL ROBOT HIDROSTATICO.**

El robot hidrostático, por su naturaleza no se mueve, que está sumergido en el fondo del agua, no representa peligro de electrocutar porque tiene un voltaje de 9 v a 12 v



equivalente a 6 pilas el sensor circuito, el motor es una fuente de agua de mayor presión que es especial para tanques sin peligro de electroshock de 110v, el robot tiene unos sensores que se activan al interrumpir un haz de luz láser, que a su vez hace activar la alarma encendiéndose un foco de 20-40 w y a su vez el motor aspirador que está por 5 minutos activado, luego se apaga automáticamente. El rayo láser sumergido está aislado del agua herméticamente cerrado puede estar por 24 hrs encendido o según la necesidad, si pasa algo de nuevo una larva o más se activa automáticamente el robot y comienza de nuevo el ciclo. Tiene unos filtros y turbinas metálicas cortantes que desmenuza o destruye las larvas cuando son succionados, luego pasan al otro extremo deshechas, con una alta tasa de mortalidad en los estadios II a IV. Al usar un filtro de 10 micras la mortalidad es de cero prevalencia. Para su correcto funcionamiento primero se debe encender el sistema para que los sensores reconozcan su entorno, luego encender el láser para que se apague el sistema y luego dejar encendido el

láser 24 hrs para que actué como barrera y se active de nuevo automáticamente el robot al activarse por el paso lineal de fotones de luz láser. No debe ser manipulado por niños.

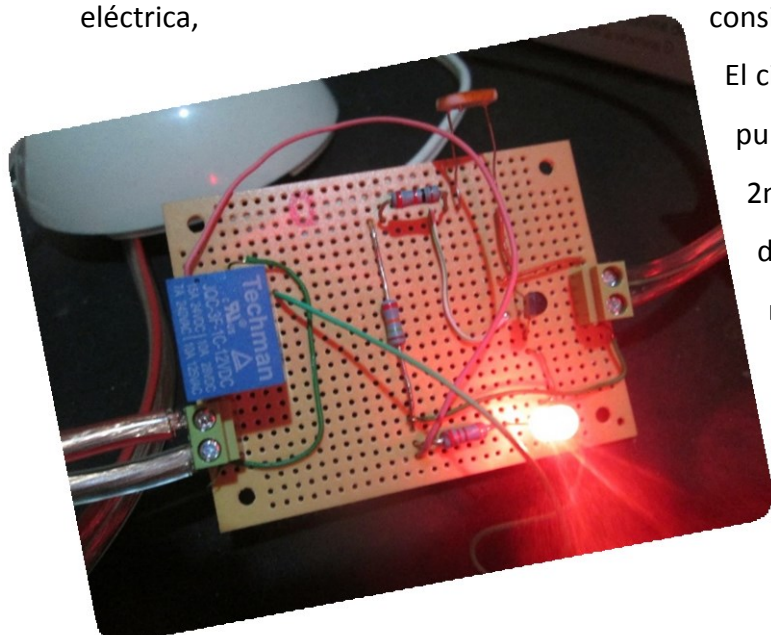
## II. DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL ROBOT HIDROSTATICO.

Es necesario integrar y tener conocimientos básicos de medicina, óptica, electrónica, física, electricidad, entomología y microbiología para el diseño y construcción del robot hidrostático. El circuito eléctrico tiene dos terminales con carga positiva y otra negativa, creando un circuito cerrado que activa una carga convirtiendo la energía eléctrica de 12 v en un flujo continuo de electrones traducido a energía cinética. En el circuito hay un led rojo que indica que el sensor se activó y otro led rojo sumergido de igual manera. Se construyó un diagrama electrónico del circuito, que con un relé que esta fuera del agua estimula un foco de luz UV a otro sensor y este a su vez automáticamente enciende el motor encendiéndose el led rojo sumergido y un foco de 20 w o 40w avisando que hay larvas en el contenedor. El robot hidrostático se compone de material electrónico que es el circuito central que procesa la información eléctrica que esta fuera del agua, otro material que de PVC que está sumergido con led, filtros y turbinas, y la otra sumergida con sensores y rayos laser. El led rojo sumergido se enciende cuando el motor está activado. Está construido de tubos de plástico PVC.

### CIRCUITO Y DIAGRAMA ELECTRONICO.

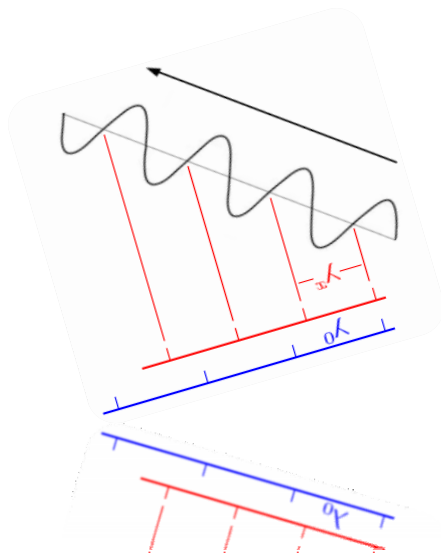
En la foto 1 el robot tiene varias fotoresistencias como una fuente de señal que capta luz con unos fotodetectores varios fotones de rayos laser, que al ser interrumpido se activa la señal eléctrica,

considerado como un captador de barrera. El circuito consta de 2 fotoresistencias LCR, puntero laser, led rojo, un transistor 2n2222, 1 resistencia de 1 k, 1 resistencia de 220 ohmios, 1 resistencia de 2 k, un relé, 1 foco de 20-40 w, 1 sensor de luz, conectores de base. 1 lupa.

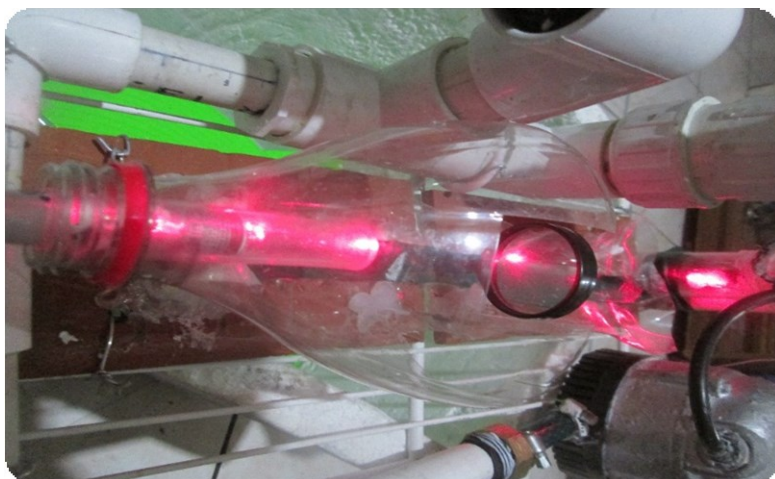


**FOTO 1. Diagrama circuito electrónico**

El láser hace las veces de una barrera, que se encuentra sumergido en el agua dirigido a otra señal de dos fotoresistencias que están recubiertas con un tubo transparente, para evitar el contacto con el agua y no dañe el circuito, que recibe la luz del láser que está frente a una distancia de 30 cm. Según la teoría el LCR está diseñado que sus celdas captan una masa de acuerdo a su tamaño, de tal manera que la larva es muy pequeña por lo que el LCR se disminuyó su diámetro de captación cubriéndola con tape, por lo que es directamente proporcional a la intensidad de luz aumenta su resistencia caso contrario a mayor luz menor resistencia. El láser es monocromático con emisión de fotones en una sola dirección, produciendo una fuente electromagnética, captando cualquier movimiento cuando pasen las larvas interrumpiendo la señal eléctrica, su longitud de onda es de 760 a 630 nanómetros. Su color es rojo. Esto permite que se apague el circuito y se enciende otra vez cuando se interrumpe el haz de luz láser y comienza de nuevo el ciclo. Se hicieron pruebas con colocar más de 5 LCR con 5 rayos laser y se obtienen los mismos resultados, en nuestro caso usamos dos con un láser disminuyendo su diámetro de captación de luz. Se hizo prueba a pequeña escala fuera del agua como funciona el láser al pasar la larva. (Ver video)

**Fig. 4 Longitud de onda rayos laser.**

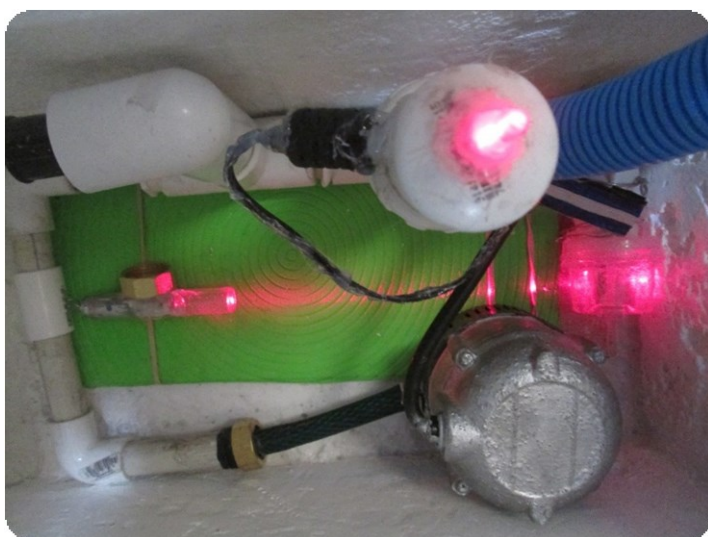




**FOTO 2. RAYOS LASER DIRIGIDOS A LCR AMPLIADO.**



**LCR O FOTORESISTENCIA.**



**FOTO 3. RAYOS LASER Y MOTOR DE ROBOT SUMERGIDO EN AGUA.**

En la Fig 4 y Foto 2,3. Se observa al robot sumergido en agua con la presencia de rayos laser, las larvas al aproximarse al rayo láser cortan la luz láser significando que dispara la activación del motor para ser succionada y ser destruida que tiene un alcance perimetral al eje de

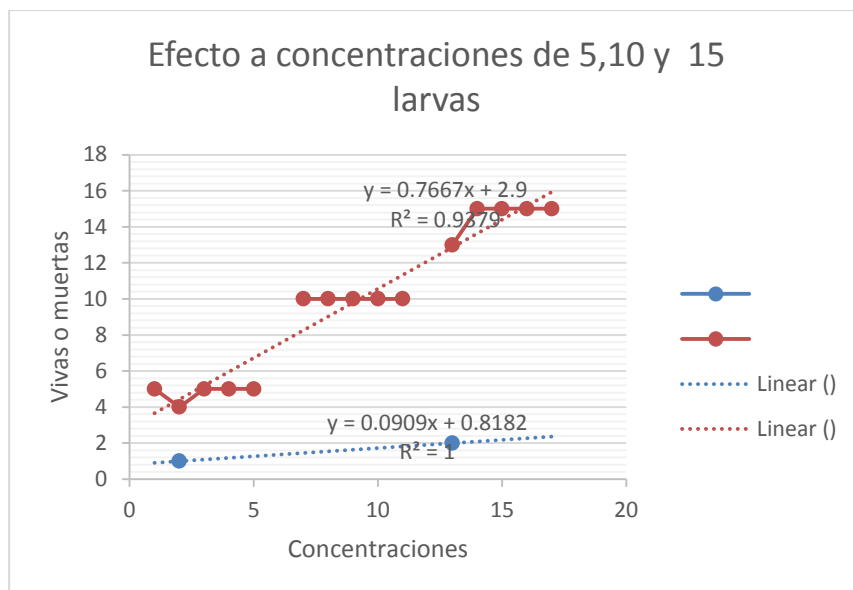
succión de 360 grados. Se enciende el led rojo en la parte superior indicando que el motor está en funcionamiento, así como el led del circuito electrónico. Se aclara que solamente el láser puede estar encendido las 24 hrs , también se puede construir con diodo laser de un quemador con potenciómetro para evitar quemar la larva, su funcionamiento activa el robot cuando se corta la señal activando todo el sistema que incluye el circuito electrónico que a su vez estimula el sensor para que se active el motor y foco led rojo sumergido que está programado para cinco a diez minutos o treinta minutos luego se apaga automáticamente excepto el láser. Si hay mucho movimiento de larvas no se apaga. En resumen todo el circuito del robot tiene dos sensores principales, uno es sensor de movimiento convertido a sensor de luz o simplemente sensor de luz que no está sumergido y el otro es el sensor de barrera que es el LCR que está sumergido. El robot se coloca al centro del contenedor de agua porque las larvas necesitan luz y oxígeno.

El robot en general está constituido por tres partes: **la primera** es el circuito eléctrico que contiene el LCR sumergido, **la segunda** un sensor de luz no está sumergido, que a su vez activa al motor sumergido y un foco de luz no sumergido que alerta larvas y un led rojo indicando que el motor está activado **y la tercera** una señal de rayos laser sumergido que se dirige al LCR.



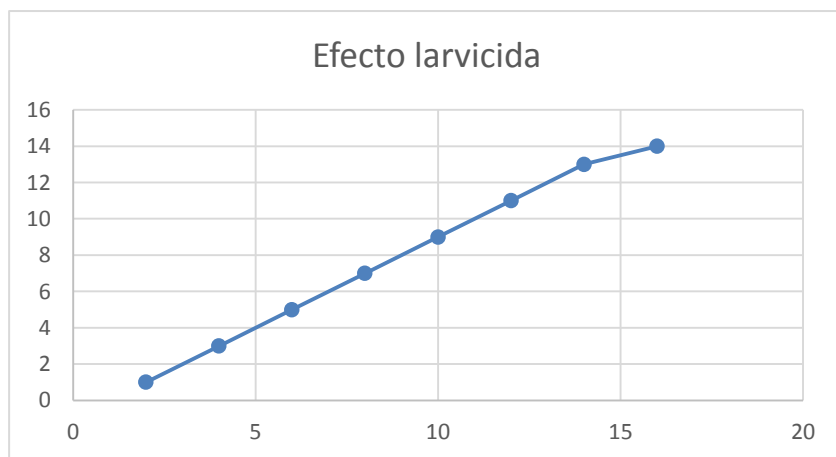
**FOTO 4. COMPONENTES DEL ROBOT EN TRES PARTES.**

**EFFECTO LARVICIDA DEL ROBOT.**



**GRAFICO 1 . Efecto a concentraciones de 5,10 y 15 larvas al usar el robot.**

En el Gráfico 1. En el contenedor se encontró que el robot puede destruir o desechar las larvas con una detección precisa del 99-100 % en cantidad suficiente de larvas, toda vez que pase en el rayo de luz, por lo que es opcional en el mismo circuito tenga varios LCRs así como varios punteros a mayor cantidad mayor es la probabilidad de detección.



**GRAFICO 2. Efecto larvicida a mayor número de larvas.**

En Gráfico 2 se encontró que a mayor cantidad de larvas el robot tiene un efecto larvicida, capaz de activarse automáticamente al cortar el rayo de luz láser, indicando que hay presencia, por lo que el contenedor puede estar libre de larvas. Siempre las larvas buscan la

superficie para tomar oxígeno en el diámetro de abertura de luz del contenedor y se sumergen cuando están en peligro. También detecta pupas que son previas a adultos.

### **Conclusión.**

El robot acuático en contenedores de agua al activarse no se encuentra índices larvario así como pupas, que puede ser utilizado como control antilarvario para el combate transmisor de Dengue, Zika, Chikungunya entre otros.

### **Referencias bibliográficas.**

1. Pardos G, (2005). Algoritmos de geometría diferencial para la locomoción y navegación bípedas de robots humanoides aplicación al robot RHO. Madrid.
2. Murray PR. Rosenthal. Microbiología Médica. 7a edic Ed. Elsevier. Barcelona España. 2013.
3. Joklik, W. Microbiología de Zinsser, 20 edic. Edit Panamericana, Argentina. 1996.}
4. Sherris, J. Microbiología médica. 4ª edic. Edit. Mac Graw Hill. Barcelona. 2004.
5. Internet. 2016. Sensores.  
[https://www.google.com/sv/?hl=es&gws\\_rd=cr,ssl&ei=JPfIV7HKHsqles\\_4jeAN#hl=es&q=sensores](https://www.google.com/sv/?hl=es&gws_rd=cr,ssl&ei=JPfIV7HKHsqles_4jeAN#hl=es&q=sensores)
6. Internet. 2016.C Circuitos eléctricos.  
[https://www.google.com/sv/?hl=es&gws\\_rd=cr,ssl&ei=JPfIV7HKHsqles\\_4jeAN#hl=es&q=circuitos+electricos](https://www.google.com/sv/?hl=es&gws_rd=cr,ssl&ei=JPfIV7HKHsqles_4jeAN#hl=es&q=circuitos+electricos)
7. Internet. 2016. Clasificación de los sensores.  
[https://www.google.com/sv/?hl=es&gws\\_rd=cr,ssl&ei=JPfIV7HKHsqles\\_4jeAN#hl=es&q=clasificacion+sensores](https://www.google.com/sv/?hl=es&gws_rd=cr,ssl&ei=JPfIV7HKHsqles_4jeAN#hl=es&q=clasificacion+sensores)
8. Ministerio de Salud Pública. Reporte Epidemiológico. 2013,2015-2016