Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería

Maestría en Ciencias

Efecto electroacústico sobre la reproducción de la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en Ciencias, línea terminal Biosistemas

Presenta:
Ing. Israel Macías Bobadilla

Dirigido por:
M. en C. Adán Mercado Luna

SINODALES

M. en C. Adán Mercado Luna
Presidente — Firma

Dr. Irineo Torres Pacheco
Secretario — Firma

Dr. Ramón Gerardo Guevara González
Vocal — Firma

Dr. Andrés Cruz Hernández
Suplente — Firma

Dra. Rosario Guzmán Cruz
Suplente — Firma

Dr. Aurelio Domínguez González
Director de la Facultad

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Directora de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Mayo 2015
México

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DGBSDI-UAQ

La presente obra está bajo la licencia:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es

CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada , brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios . Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales .

SinDerivadas — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una excepción o limitación aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como publicidad, privacidad, o derechos morales pueden limitar la forma en que utilice el material.

RESUMEN

La especie *Bemisia tabaci*, es considerada la más importante de la familia de mosquitas blancas ocasionando pérdidas considerables en los cultivos agrícolas, debido a la alta tasa de crecimiento de la población, polifagia, movilidad y capacidad para transmitir varios virus importantes. Investigaciones sobre el uso del ultrasonido sugieren que puede ser una estrategia para el manejo de insectos plagas en cultivos agrícolas. El objetivo de esta investigación fue registrar el número de ovoposición de la mosquita blanca (*bemisia tabaci*) cuando se somete a emisión de señales electroacústicas. Se utilizaron recintos entomológicos "tipo clip" de malla antiafido, para delimitar el área de ovoposición en una sola hoja, el tratamiento consistió en la aplicación de señales ultrasónicas de 21-25 kHz y un control, en cada recinto entomológico se colocaron 20 mosquitas blancas. La ovoposición de la mosca blanca en el envés de las hojas fue registrada después de 48h. Los resultados indican que la emisión de ultrasonido reduce el número de ovoposiciones y aumenta la mortalidad de la mosquita blanca significativamente.

Palabras clave: *Bemisia tabaci*, Mosquita Blanca, Ovoposición, Ultrasonido**.**

SUMMARY

Bemisia tabaci species are considered the most important family of whiteflies causing considerable losses in agricultural crops, due to the high rate of population growth, polyphagia, mobility and ability to transmit several major viruses. Research on the use of ultrasound suggest that it may be a strategy for the management of insect pests in agricultural crops. The objective of this work was to record the number of oviposition of whitefly (Bemisia tabaci) when subjected to electroacoustic signals. Entomological enclosures used were "clip type" of antiafido mesh to define the area of oviposition on a single sheet, treatment consisted of the application of 21-25 KHz ultrasonic signals and a control, in each enclosure 20 entomological whiteflies were placed. Oviposition of whitefly on the underside of leaves was recorded after 48 hours. The results indicate that the emission of ultrasound reduces the number of ovoposition and mortality increases significantly in whiteflies.

Keywords: Whitefly, *Bemisia tabaci,* Oviposition, Ultrasound.

Agradecimientos

El Ingeniero en Electronica Israel Macias Bobadilla agradece a CONACYT por la beca otorgada.

Al M.C. Adan Mercado Luna, por trasmitirme sus conocimientos y guiarme en la realización de la tesis.

Al Dr. Gonzalo Macias Bobadilla, por los consejos y su apoyo en la realización de la tesis.

ÍNDICE

Página

Resumen ---------- i

Summary ---------- ii

Agradecimientos ---------- iii

Índice ----------iv

Índice de figuras----------vi

Índice de Cuadros ----------ix

Índice

I. Introducción ---------- 1

1.1 Antecedentes---------- 2

1.2 Descripción del problema ---------- 3

1.3 Justificación---------- 4

1.4 Hipótesis y Objetivos---------- 6

1.4.1 Hipótesis ---------- 6

1.4.2 Objetivos ---------- 6

II. REVISIÓN DE LITERATURA ---------- 7

2.1 La mosquita blanca *Bemisia tabaci* ---------- 7

2.1.1 Identificación de *B. tabaci* ---------- 7

2.1.2 Ciclo de vida de la mosquita blanca ---------- 8

2.1.3 Hospederos ---------- 10

2.2 El sonido en los insectos (interacción y propagación en la naturaleza) ---------- 11

2.2.1 Comunicación de los insectos ---------- 11

2.2.2 Órganos auditivos de los insectos ---------- 12

2.2.3 La aplicación de señales electroacústica en el análisis del comportamiento de insectos. ---------- 13

2.2.4 Propiedades del sonido: Frecuencia y Ancho de banda. ---------- 14

2.2.5 Propiedades de propagación del sonido: efectos del campo, atenuación y distorsión. ---------- 14

2.2.6 Vibraciones del sustrato. ---------- 17

2.2.7 Estructura y terminología de la señal. ---------- 18

2.3 El Ultrasonido y sus características físicas ---------- 19

2.3.1 Tipos de ondas ultrasónicas ---------- 20

2.3.2 Propagación de ondas ultrasónicas. ---------- 22

2.3.3 Ondas longitudinales. ---------- 22

2.3.4 Ondas transversales ---------- 23

2.3.5 Presión acústica ---------- 23

2.3.6 Campos de ondas progresivas ---------- 24

2.3.7 Mecanismos de acción del ultrasonido. ---------- 25

2.3.8 Efecto de Cavitación por ultrasonido. ---------- 26

2.3.9 La cavitación y la onda ultrasónica. ---------- 28

2.3.10 Estudios biológicos con ultrasonido. ---------- 29

2.3.11 El efecto del sonido sobre las plantas. ---------- 30

2.3.12 Efecto del ultrasonido en los polinizadores. ---------- 30

2.3.13 Perspectivas de la aplicación del ultrasonido ---------- 31

2.3.14 Micrófonos: patrones y propiedades. ---------- 33

2.3.15 Transductores ultrasónicos.---------- 34

2.4 El Microntroladores. ---------- 34

2.4.1 Microcontrolador en la actualidad. ---------- 35

2.4.2 Elementos que integran un microcontrolador. ---------- 36

2.4.3 Arquitectura. ---------- 38

2.4.4 Microprocesador. ---------- 40

2.4.5 El microcontrolador PSOC. ---------- 40

2.4.6 Microcontroladores PSOC 3 y 5 ---------- 41

III. METODOLOGÍA ---------- 43

3.1 Ubicación. ---------- 43

3.2 Metodología general---------- 44

3.3 Material vegetal ---------- 44

3.4 Identificación de mosquita blanca---------- 45

3.5 Homogenización de la muestra ---------- 46

3.6 Recintos. ---------- 46

3.7 Adecuación de cuarto de cultivo experimental ---------- 47

3.8 Variables climáticas ---------- 48

3.9 Aplicación de la señal ultrasónica ---------- 48

3.10 Modelo experimental ---------- 49

3.11 Medición de las variables de respuesta ---------- 50

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN---------- 51

4.1 Ovoposición ---------- 51

4.2 Distribución de los datos de ovoposición. ---------- 52

4.3 Tiempo de eclosión---------- 53

4.4 Mortalidad ---------- 54

4.5 Conclusiones ---------- 56

V. LITERATURA CITADA ---------- 57

VI. APÉNDICE ---------- 67

Índice de figuras

Figura **Página**

2.1.-Ciclo de vida de la mosquita blanca. ---------- 10

2.2.- Estructura del órgano de Johnston (PÉZIER, 2013). ---------- 12

2.3.- Propagación esférica de una onda de sonido desde una fuente puntual. ---------- 15

2.4.- Representación de la estructura de la señal. (a) Frase, (b) esquema (c) impulsos esquema o chirrido. ---------- 19

2.5.- Características de una señal sinodal ultrasónica. ---------- 20

2.6.- Ondas ultrasónicas a) continúa; b) continúa cerrada; c) cerrada. ---------- 21

2.7.- Modos de propagación de ondas de ultrasonido. A) Onda compresión o longitudinal, b) onda cizalla o transversal, ilustrada por el desplazamiento de partículas a partir de la posición sin perturbaciones. ---------- 22

2.8.- Distribución de la intensidad de una onda continúa de ultrasonido. ---------- 25

2.9.- Efecto de cavitación (Mason, 2004).---------- 27

2.10.- Aplicaciones del ultrasonido---------- 32

2.11.- Representación gráfica de la respuesta del micrófono a las frecuencias. ---------- 33

2.12.- Microcontrolador TMS1000 de Texas Instruments. ---------- 35

2.13.- Estructura general de una computadora digital. ---------- 37

2.14.- Arquitectura de microcontrolador Von Neumann. ---------- 38

2.15.- Arquitectura de microcontrolador Harvard. ---------- 39

2.16.- Estructura de bloques del microcontrolador PSOC.---------- 41

3.1.- Área Experimental campus Amazcala. ---------- 43

3.2.- Metodología general.---------- 44

3.3.- características morfológicas utilizadas para identificación. ---------- 45

3.4.- Recintos entomológicos que se utilizaran para la experimentación. ---------- 46

3.5.- Tienda de crecimiento para cultivo en interiores. ---------- 47

3.6.- acondicionamiento del cuarto de cultivo con absorbente acústico.---------- 47

3.7.- Condiciones de temperatura durante el experimento. ---------- 48

3.8.- Ejemplo de señal con distorsión por saturación y sin saturación. ---------- 49

3.9.- Orientación y posición de la planta y la fuente electroacústica para la experimentación ---------- 50

4.1.- Grafica de la media de ovoposición de los tratamientos.---------- 51

4.2.- Grafica de caja y bigotes de los datos de ovoposición ---------- 52

4.3.- Tiempo de eclosión de los recintos.---------- 53

4.4.-Grafica de mortalidad ---------- 54

Índice de cuadros

Cuadro **Página**

1.1.- Principales cultivos afectados por mosquita blanca.---------- 4

2.1.- Características distintivas entre *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci* en sus diferentes etapas de desarrollo.---------- 8

4.1 Datos estadísticos de ovoposición con 95% de confianza, utilizando prueba Mann-Whitney.---------- 52

4.2.-Datos estadísticos de eclosión con 95% de confianza, utilizando prueba Mann-Whitney.---------- 54

4.3.- Datos estadísticos de mortalidad con 95% de confianza, utilizando prueba Mann-Whitney.---------- 55

4.5.- Grafica de ovoposición con frecuencia fijas. ---------- 55

A.1.- Datos estadísticos de control y frecuencia de 21 kHz con 95% de confianza, utilizando prueba Mann-Whitney.---------- 71

A.2.- Datos estadísticos de control y frecuencia de 22 kHz con 95% de confianza, utilizando prueba Mann-Whitney.---------- 71

A.3.- Datos estadísticos de control y frecuencia de 23 kHz con 95% de confianza, utilizando prueba Mann-Whitney.---------- 71

A.4.- Datos estadísticos de control y frecuencia de 24 kHz con 95% de confianza, utilizando prueba Mann-Whitne. ---------- 71

A.5.- Datos estadísticos de control y frecuencia de 25 kHz con 95% de confianza, utilizando prueba Mann-Whitney. ---------- 71

A.6.- Datos de control duración 48 h. ---------- 72

A.7.- Datos de Barrido de frecuencias 21 kHz – 25 kHz. ---------- 72

A.8.- Numero de ovoposiciones con frecuencias fijas. ---------- 72

A.9.- Datos de mortalidad con frecuencias fijas. ---------- 73

I. Introducción

Los invernaderos o cultivos protegidos son un interesante reto para el manejo de las plagas potenciales, pues en estos sitios se presentan condiciones climatológicas y ambientales propicias para el establecimiento y desarrollo de insectos, así como de enfermedades, malezas, vertebrados, nematodos y otros organismos que pueden mermar la producción y comercialización (Oliveira *et al*., 2001).

Uno de los insectos que más afecta producción agrícola es la mosquita blanca (*Bemisia tabaci Gennadius)* (Hemiptera: Aleyrodidae), plaga mundial que ha causado enormes pérdidas en la producción agrícola, sobre todo en Cucurbitáceas, Fabáceas y Solanáceas (Oliveira *et al*., 2001.). Esta especie plaga es nativa del sur de Asia, pero actualmente se distribuye en todo el mundo, especialmente en las regiones tropicales (Brown *et al*., 1992). Altas poblaciones de *Bemisia tabaci* inducen por alimentación directa el crecimiento de hongos asociados por contaminación al excretar mielecilla, reduciendo la productividad de las plantas y causando trastornos fisiológicos. Las pérdidas también se producen a partir de *B. tabaci* debido a la transmisión eficiente de Begomovirus, un género de la familia taxonómica Geminiviridae que causa la enfermedad mosaico hoja amarilla y moteado, deformación de hojas y retraso en el crecimiento (Oliveira *et al*., 2001; Morales, 2007).

Actualmente para controlar las poblaciones de mosquita blanca y las enfermedades que puede transmitir se ha optado por un manejo integral el cual inicia determinando las especies presentes; de esta manera se seleccionan que insectos benéficos son más adecuados para su control, se inicia un sistema de monitoreo, se liberan insectos benéficos desde la semana del trasplante, basados en la información obtenida de los monitoreos, se establecen criterios para su control, si es necesario se usan los químicos selectivos para la mosquita blanca que menos afecten a los insectos benéficos y siempre buscar hacer aplicaciones muy localizadas, si hay presencia de virus, se bajan los umbrales de tolerancia, si se presentan otras plagas, se busca una opción biológica para su control o en su defecto se selecciona un químico (Mario *et al*, 2008).

Típicamente el control de *B. tabaci* se ha llevado a cabo mediante el uso de insecticidas químicos, que están asociados con la contaminación del medio ambiente, los altos niveles de resistencia y daño a los organismos no objetivo (Elbert et. al., 2000).

Con el fin de reducir el uso del control químico, la tecnología acústica ha sido aplicada por algunos años en el estudio de la comunicación de insectos y de este modo modificar su comportamiento. Este tipo de estudio se ha realizado en polillas, mosquitos, grillos de campo, cucarachas y termitas.

1.1 Antecedentes

Actualmente se encuentran en el mercado dispositivos electrónicos enfocados al control de plagas (roedores, insectos rastreros, mosquitos, aves, etc.) Por medio de señales electroacústicas, sus características son: rangos de frecuencia de 18 a 65 kHz, con rangos de acción de hasta 600 m^2 pudiéndose ampliar colocando repetidores adicionales, siendo su fuente para su operación de 127 Vca a 220 Vca.

Hübner (2003), encontró que la aplicación de ultrasonido mediante un dispositivo comercial disminuía la tasa reproductiva y el peso de las larvas de la polilla india. Este es el primer documento que registra los efectos del ultrasonido en el desempeño reproductivo de un insecto, lo cual sugiere que el uso de ultrasonidos puede ser una estrategia para el manejo de insectos plagas en los cultivos (Huang, 2003).

García-Perez (2013) encontró que la aplicación de sonidos ultrasónicos en un rango de frecuencias de 21 kHz y 25 kHz tiene un efecto en la reducción de los movimientos vuelos triviales realizados por la mosquita blanca mostrando resultados positivos hacia una para una posible aplicación de la tecnología electroacústica en el control de este insecto plaga.

1.2 Descripción Del Problema

La producción intensiva de alimentos bajo invernaderos requiere de alternativas para el manejo de plagas que no sean contaminantes ni generen residuos tóxicos. Los insectos vectores como la mosquita blanca representan una problemática muy compleja para manejar en invernadero ya que aunado a su alto índice de reproducción, las condiciones microclimaticas del invernadero son ideales para el crecimiento la población, al grado que una vez que se ha establecido en el invernadero su erradicación puede ser muy complicada y costosa. Estas circunstancias obligan a la intensificación del uso de pesticidas lo que genera problemas de contaminación y resistencia a los pesticidas.

El no disponer de una tecnología electroacústica para el control de *B. tabaci* nos obliga a continuar con el uso convencional del control químico de plagas. Para llevar a la implantación esta tecnología se requieren de estudios precisos que permitan:

1. Determinar el efecto de las ondas electroacústicas sobre diferentes característica de comportamiento del insecto como son :

    - La reproducción del insecto, mediante cuantificación de las ovoposiciones.
    - Tiempo de desarrollo del insecto.
    - Mortalidad.

2. Evaluar la posible adaptación del insecto a la aplicación de ondas electroacústicas.

1.3 Justificación

B. tabaci, es uno de los insectos plaga más devastadores de la agricultura y la horticultura en el mundo. Es ampliamente polífago, alimentándose de un estimado de 900 plantas (Jones, 2003). *B. tabaci* es sumamente eficaz en la transmisión de virus, puede llegar a infestar el 100% de las plantas cultivadas, es considerada el miembro más importante de la familia de mosquitas blancas desde un punto de vista económico, debido a la alta tasa de crecimiento de la población, polifagia, movilidad y capacidad para transmitir varios virus importantes (Bellows *et al*., 1990).

En 1993, ataques severos de B. *tabaci* sobre alfalfa. Brócoli, algodón, tomate y papa en Estados Unidos causaron pérdidas cercanas a 500 millones de dólares (Perring *et al*., 1993).

En México los principales cultivos que son afectados por *B. tabaci* se muestran en el cuadro 1.1.

Cuadro 1.1.- Principales cultivos afectados por mosquita blanca.
(Fuente: SIAP-SAGARPA, PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Ciclo: 2011)

Cultivo	**Sup. Sembrada (Ha)**	**Valor Producción (Miles de Pesos)**	**% Valor**
CHILE VERDE	152,742.37	12,099,213.70	5.98
JITOMATE	53,780.18	10,336,853.07	5.11
PAPA	69,054.26	9,069,647.13	4.48
ALGODÓN	198,439.53	7,089,886.92	3.5
FRIJOL	1,506,033.82	6,889,765.84	3.4
Total	1,980,050.16	45,485,366	22.47

De acuerdo con estos datos existe una superficie en riesgo de 1,980,050.16 hectáreas tanto en campo abierto como en invernadero, que representan un valor de la producción del orden de los $ 45,485 millones de pesos.

Los costos para un control de la mosquita blanca con un manejo integral de plagas (MIP) en un ciclo de producción de tomate considerando solo insumos pueden llegar a los 4 mil 746 pesos por hectárea, mientras que el control por medios convencionales mediante insecticidas realizando 12 aspersiones el costo total puede llegar a los 12 mil 928 pesos considerando solo insumos (Cortez, 2008).

Además del alto costo la alternativa de control químico se ha relacionado con problemas de contaminación del aire, agua y alimentos que pueden causar graves daños a la salud (Khuder *et al.*, 1998; Van Maele-Fabry *et al*., 2004). En estudios reportados de exposición a agroquímicos en mujeres, se ha encontrado relación del cáncer de mama con el uso de insecticidas (Alavanja *et al.*, 2004). Datos experimentales revelan que varios componentes de los agroquímicos, especialmente de los plaguicidas, producen genotoxicidad y provocan alteraciones en el material genético, (Mañas, 2009).

Por otra parte las poblaciones *B. tabaci* han demostrado altos niveles de resistencia a metomil, metamidofos y de presentar niveles de resistencia intermedia a cipermetrina. Estos resultados confirman los registros de resistencia a organofosforados, carbamatos y piretroides que han mostrado poblaciones de *B. tabaci* (Elbert *et al*., 2000; Palumbo *et al*., 2001).

Ante tal escenario surge la necesidad de integrar nuevas alternativas basadas en la utilización de la tecnología electroacústica en el control de insectos plaga en la agricultura la cual ofrece los siguientes beneficios:

1. Reducción de la aplicación de agroquímicos.
2. Minimizar la contaminación del medio ambiente derivada del uso pesticidas
3. No interferencia en los programas de cosecha del producto, por no residualidad.

4. Tecnología accesible y de menor costo en el control de plagas.
5. Control inmediato en el insecto plaga.
6. Aplicación según las necesidades del sistema de producción.
7. Señales electroacústicas sin perturbaciones para el ser humano, confort para el trabajador.

1.4 Hipótesis Y Objetivos

La aplicación de señales ultrasónicas sobre *Bemisia tabaci* afecta su reproducción.

1.5 Objetivo General.

Evaluar el efecto de las ondas electroacústicas sobre la ovoposición de la mosquita blanca *B. tabaci.*

1.5.1 Objetivos particulares:

- Adecuar invernadero como criadero con las condiciones climáticas para el desarrollo de la mosquita blanca *B. tabaci.*
- Evaluar el efecto electroacústico en cámaras entomológicas.
- Desarrollar un dispositivo emisor de señales electroacústicas con capacidad de trabajar con frecuencias ultrasónicas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

En esta sección se hablara de manera general sobre la mosquita blanca *Bemisia tabaci*, su identificación, ciclo de vida así como su preferencia en hospederos, la manera en cómo se comunican los insectos, características y los órganos auditivos que pueden presentar los insectos para la detección de sonidos, las características de las señales ultrasónica su forma de propagación y los efectos que pueden ocasionar en los seres vivos, las perspectivas del uso de señales ultrasónicas en los diferentes campos de la ciencia y los dispositivos utilizados en la transmisión y recepción de este tipo de señales y por último, las características generales de los microcontroladores como circuitos integrados capaces de generar las señales de alta frecuencia para producir señales ultrasónicas.

2.1 La mosquita blanca *Bemisia tabaci.*

La mosquita blanca *Bemisia tabaci* es conocida como la mosca blanca del tabaco y pertenece a la familia Aleyrodidae del orden Homóptera .el origen del nombre *B. tabaci* se reconocen por primera vez, del hospedero que era el tabaco, en Grecia en 1889 (Malais, 2003). *B .tabaci* es referido por diferentes nombres dependiendo de la parte del mundo y que cultivos son más gravemente afectados, los nombres comunes que se utilizan en inglés son de Cotton Whitefly (mosca blanca del algodon), Sweet potato whitefly (mosca blanca del camote) y Tobacco whitefly (mosca blanca del tabaco) (EPPO, 1992).

2.1.1 Identificación de *B. tabaci*

B. tabaci se puede identificar por sus características morfológicas de otra especie como la *Trialeurodes vaporariorum* que se puede encontrar en la región de Amazcala (El Marqués, Querétaro), por la posición de las alas y las características de la larva. Para tal caso *Trialeurodes vaporariorum* tiene las alas horizontales, mientras que *B. tabaci* las tiene inclinadas sobre el cuerpo. Las larvas son igualmente diferenciables, la larva de *T.*

vaporariorum tiene todo el perímetro lleno de pelo o quetas, mientras que la larva de *B. tabaci* contiene como máximo 7 pares de quetas, en el siguiente cuadro se muestran las principales características para su identificación.

Cuadro 2.1.- Características distintivas entre *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci* en sus diferentes etapas de desarrollo. (Carapia, 2013)

Etapa y estructura	*Trialeurodes vaporariorum*	*Bemisia tabaci*
Huevo	Oscuro con el ápice doblado	Marrón dorado con ápice no doblado
Larva de primer instar	Cuadrangular en parte posterior	Redondeado en parte posterior
Larva de segundo instar	Con dos lóbulos laterales	Aguda sin lóbulos
Larva de tercer instar	Con tres lóbulos laterales	Aguda sin lóbulos
Larva de cuarto instar y pupa	Elíptica	Semitriangular
Adulto		
Ojos compuestos	Superior e inferior separados	Superior e inferior unidos por una omatidio
Tibias mesotoracicas	Dos cepillos 3 a 5 espinas uno opuesto al otro en la parte media	Sin cepillos de 3 a 5 espinas
Tibias metatoracicas	Con un cepillo de 4 a 5 espinas opuesto a la parte final del peine de espinas	Sin un cepillo de 4 a 5 espinas opuesto a la parte final del peine de espinas

2.1.2 Ciclo de vida de la mosquita blanca

B. tabaci tiene cuatro estadios ninfales y una etapa adulta *B. tabaci* distribuye sus huevos en toda la planta, todas las etapas de vida pueden estar presentes en la misma hoja. Los huevos son de preferencia establecido en el envés de las hojas (Malais y Ravensberg, 2003).

La moscas blancas *T. vaporariorum* oviposita a menudo en patrón circular. Este es el resultado de alimentación simultánea y ovoposición, girando alrededor del punto donde los estiletes se insertan en la hoja. El patrón circular de los huevos no es claro en la

ovoposición de *B.tabaci* (Noldus y Lenteren Van, 1990). Los huevos de *B.tabaci* son más pequeños que los huevos de *T. vaporariorum* y tienen la forma de un óvalo alargado (Malais y Ravensberg, 2003; Buxton, 2005).

El huevo de mosca blanca se fija a un pedicelo hecho por la ovoposición de la hembra e insertada en una hendidura en la hoja. El pedicelo impide la desecación del huevo mediante la derivación de agua de la hoja (Hoddle, 1999).

La ninfa en el primer estadio es transparente, tienen patas funcionales y antenas. Las ninfas en el primer estadio buscan el área más adecuada y a continuación se establecen para alimentarse y retirar sus dos patas y antenas. En el segundo estadio las ninfas son planas y en el tercer estadio las ninfas son también planas, pero son ligeramente más largas. En el tercer estadio la ninfa con el tiempo se va haciendo cada vez más circular antes de entrar en la fase de pupa. En la fase de pupa de color amarillo se pueden observarlos ojos rojos de la mosca blanca.

La hembra adulta es mayor que el macho con una longitud ligeramente mayor que 1 mm y los machos son más pequeños que 1 mm. En una primera etapa el cuerpo de un adulto es de color amarillo, pero pronto se cubre con una cera blanca. La cera da al cuerpo del insecto el color blanco cremoso. La secreción de cera es menos intensa en *B. tabaci* que en *T. vaporariorum* el resultado es un cuerpo de color más amarillo (Malais y Ravensberg, 2003).

Figura 2.1.- Ciclo de vida de la mosquita blanca.

2.1.3 Hospederos

La mosquita blanca tiene hábitos polífagos, es decir que se alimenta, refugia o desarrolla de un gran número de especies vegetales cultivadas y silvestres. Por tanto, su oportunidad de encontrar una hospedante dónde concluir su ciclo biológico y dar continuidad a su especie es muy alta. Atacan a más de 500 especies de plantas hospedantes de 74 familias, aunque prefieren cultivos como frijol, chile, algodonero, calabaza, sandia y tomate (Mound y Halsey, 1978) donde han causado pérdidas hasta del 100 % del cultivo (Aguilar-Medel *et al.,* 2007). La mayoría de especies de aleiródidos se presentan en plantas dicotiledóneas, y relativamente pocas especies en familias monocotiledóneas como *Palmae poaceae* (Graminae) y *Snilacaceae* (Mound y Halsey, 1978).

2.2 El sonido en los insectos (interacción y propagación en la naturaleza)

2.2.1 Comunicación en los insectos

El sonido de los insectos se ha conocido y documentado desde los escritos de los filósofos griegos, especialmente Aristóteles. Sin embargo sólo en los últimos 50 a 60 años el tema de las señales acústicas de los insectos y el comportamiento asociado estuvo disponible como un tema de intensa investigación científica. Pumphrey (1940) define sonido como "cualquier perturbación mecánica lo que es potencialmente referible por el insecto a una fuente externa y localizada". Esto implica que las vibraciones se transmiten a través de cualquier medio, fluido o sólido.

Los estudios de la comunicación entre insectos han revelado una gran variedad de mecanismos, tácticas y sistemas, que son de naturaleza química, visual o acústica. Muchos insectos como grillos, saltamontes y cigarras producen sonidos transmitidos por el aire que se escuchan por los seres humanos y, por consiguiente se han investigado ampliamente durante muchos años. (Virant-Doberlet, *et al* 2004). Algunos insectos como las moscas de la fruta se comunican a frecuencias bajas, a corta distancia, mediante la generación de corrientes de aire; estas corrientes también pueden ser utilizadas para hacer flotar feromonas específicas.

Otros insectos pequeños de las familias Hemíptera y Coleóptera se comunican mediante vibración en sustratos. Esto permite la comunicación de largo alcance, pero la estructura de la señal se degrada con la distancia desde la fuente, dado que las señales de vibración suelen estar limitadas a ciertos tipos de sustrato lineal, como la vegetación (*Lond, 1998*).

2.2 Órganos auditivos de los insectos

Los insectos utilizan sonidos para comunicarse con otros insectos y para navegar en su medio ambiente. Algunos incluso escuchan los sonidos de los depredadores, para evitar ser comidos. El sonido se produce por la vibración, y los insectos escuchan mediante la recopilación y la interpretación de las vibraciones de su entorno. Hay cuatro tipos de órganos auditivos de insectos.

La mayoría de los insectos tienen un par de órganos timpánicos. Al igual que el tímpano, el órgano timpal consiste en una membrana estirada sobre un bastidor, a través de una cavidad llena de aire. El órgano timpal del insecto vibra, ya que atrapa las ondas sonoras en el aire. El insecto también tiene un receptor especial llamado el chordotonal, es el órgano, que detecta esta vibración del órgano timpal, y traduce el sonido en un impulso nervioso. Los insectos que utilizan órganos timpánicos para oír incluyen: langostas, grillos, cigarras, algunas mariposas y polillas.

Otros insectos, tienen un receptor en las antenas llamado órgano de Johnston que recoge la información auditiva. Las células sensoriales en el pedicelo, que es el segundo segmento de la base de las antenas, detectan la vibración del segmento (s) anteriormente.

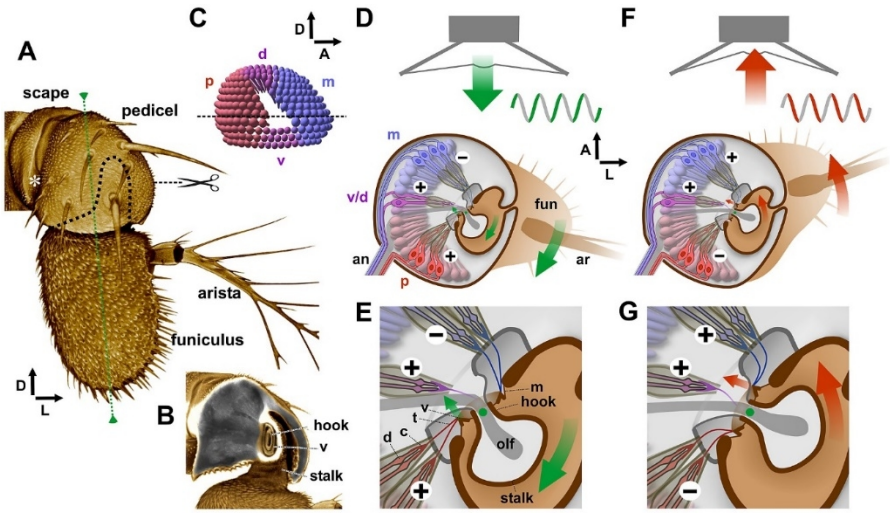


Figura 2.2.- Estructura del órgano de Johnston (PÉZIER, 2013).

Las larvas de lepidópteros y ortópteros utilizan pequeños pelos, llamados setas, que detectan las vibraciones del sonido, estas larvas suelen responder a este tipo de sonidos y exhiben comportamientos defensivos, dejando de moverse por completo, formando una postura de lucha.

Algunos insectos como las polillas tienen en la boca una estructura llamado pilifer labrum que les permite oír los sonidos ultrasónicos, como los producidos por los murciélagos. Este órgano de audición, permite sentir las vibraciones en frecuencias específicas. En vuelo, estas polillas pueden evadir el ataque del murciélago al detectar las frecuencias de ultrasonido (Osuna, 1995).

2.2.3 La aplicación de señales electroacústica en el análisis del comportamiento de insectos

Algunos insectos como los como las polillas poseen una membrana timpánica en las caras laterales del primer segmento abdominal (Mullen *et al*., 1971) que responden a ultrasonidos similares a los producidos por murciélagos insectívoros (Spangler, 1988), varias polillas que pertenecen a la familia pyralidae y noctuidae, presentan esta membrana timpánica. Esta membrana timpánica ha evolucionado para permitir a las polillas evitar la depredación por murciélagos insectívoros (Conner, 1999) que emiten impulsos ultrasónicos en el rango de 20 a 200 kHz (Fullard, 1998).

Polillas en vuelo muestran maniobras evasivas cuando se exponen a ultrasonidos en ese rango de frecuencias (Fullard *et al*., 1980). Estas maniobras incluyen el vuelo lejos del sonido o de repente cayendo al suelo y permanecer inmóvil. Acharya y McNeil (1998) han demostrado que los machos del barrenador europeo del maíz, *Ostrinia jubílales* y la oruga soldado, *Pseudaletia unipuncta,* volando contra el viento en respuesta a las feromonas sexuales en un túnel de viento abortan el vuelo simulado cuando se expusieron a sonidos de murciélagos Hawking (50 kHz, de 50-100 pulsos/s y un nivel de presión acústica de 90 dB).

Las hembra por su parte de ambas especies dejaron de hacer el llamado cuando se expusieron a los sonidos del murciélago Hawkinng (Acharya, *et al*. 1998) por lo tanto, los ultrasonidos pueden alterar el comportamiento de insectos ,en este caso ultrasonidos que simulan a las frecuencias producidas por los murciélagos alteran las actividades reproductivas de las polillas.

2.2.4 Propiedades del sonido: Frecuencia y ancho de banda

La frecuencia del sonido es el número de ciclos que cambia la presión con respecto al tiempo. Esto se mide en unidades de ciclos por segundo o Hertz (Hz) en el sistema SI. La sensación auditiva del humano responde aproximadamente a frecuencias entre 16 Hz y 20000 Hz mientras que para otros animales estos límites son diferentes (Yost y Nielsen, 1985). Para diferentes insectos los límites son del rango de entre los 15 Hz y 120 kHz (Roeder, 1965; Smith, 1979). La velocidad de propagación es prácticamente independiente de la frecuencia para una muy amplia gama de frecuencias que se extiende hasta más de 100 MHz.

La longitud de onda, es la distancia cubierta por un ciclo de oscilación, depende de la velocidad de la perturbación del medio y por lo tanto de la densidad del medio. La relación de esta dependencia se puede explicar cómo frecuencia = velocidad (v) / longitud de onda (λ).

2.2.5 Propiedades de propagación del sonido: efectos del campo, atenuación y distorsión

La medida de la amplitud de la onda de sonido está dada por la medida relativa de los niveles de presión de sonido (SPL) con respecto a un nivel de referencia $SPL = 20\ log_{10}(p/p_r)$, donde p es el nivel de presión medida (N/m^2) y p_r el nivel de presión de referencia. Donde $P_r = 2 \times 10^{-5}\ N/m^2$ que es el umbral de audición humana a 4 kHz. El

nivel de sonido depende de la amplitud de la oscilación producida por la fuente de sonido, y disminuye con la distancia desde la fuente de sonido. Dado que la perturbación de la onda sonora se propaga radialmente y uniformemente en el espacio, la intensidad del sonido, que es la tasa de transferencia de energía o el flujo de energía en un punto dado, es inversamente proporcional a la distancia desde la fuente (figura 2.3). La intensidad del sonido también es proporcional al producto de la presión y la velocidad de la partícula.

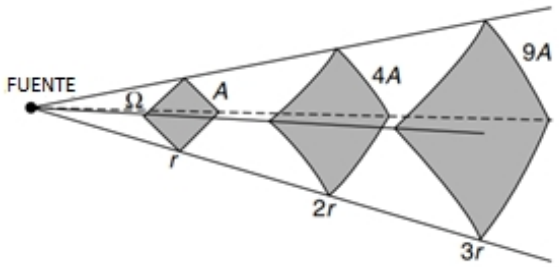


Figura 2.3.- Propagación esférica de una onda de sonido desde una fuente puntual.

Cuando se propaga la onda de sonido, una parte de los cambios en la presión de las partículas del medio de comunicación también aceleran y desaceleran.

Dado que los animales se comunican en medios no uniformes, modificado por un gran número de factores ambientales, la pérdida de energía puede ser mayor (Michelsen, 1985). Además heterogeneidades dentro del medio de dispersión pueden causar interferencias lo que lleva no sólo a la amortiguación del sonido, también a cambios de direccionalidad. Si el medio a través del cual viaja la señal no es uniforme, la señal sufrirá distorsión así como la atenuación. La propagación geométrica que hace que la reducción de los niveles de presión por medio de la duplicación de la distancia se vea impedida aún más por los cambios de temperatura y humedad (sobre todo en el aire que afecta a la densidad) y heterogeneidades del medio.

Aunque el movimiento de las partículas del sonido se asocia con los cambios de presión en cualquier lugar en el campo, sus componentes direccionales son más claramente

definidos cerca de la fuente de sonido (campo cercano). La Grabación del sonido con micrófono convencional cerca de una gran fuente de radiación a una distancia de menos de un tercio de la longitud de las ondas emitidas se verá afectadas? por interferencias complejas. Dado que la mayoría de los insectos utilizan frecuencias bastante bajas para la comunicación en un campo cercano con longitudes de onda en el aire muchas veces más largas? que la dimensión del mismo insecto, los micrófonos sensibles a la presión son muy ineficientes para la detección de tales señales. La amplitud de las partículas con el desplazamiento cae un tercio de la potencia y debido a este efecto en un campo próximo se convertirá en casi insignificante a una distancia de uno o dos longitudes de onda, esto tiene consecuencias importantes para los insectos, muchos de los cuales son pequeños y producen sonidos de baja frecuencia. Debido a que la eficiencia acústica es baja a una distancia de al menos una longitud de onda (en el aire para una frecuencia de 2 kHz es de aproximadamente 1,5 a 2,0 cm), para la comunicación en un campo cercano los insectos pequeños utilizan receptores para detectar el componente de velocidad de las partículas en lugar de la componente de presión (Bennet-Clark, 1971). Para ser eficientes acústicamente los insectos deben o bien ser grandes o producir sonidos de alta frecuencia.

Debido a que la densidad y la elasticidad de las cutículas de los insectos son muy diferentes a las del aire, la transferencia de energía al medio circundante es muy ineficiente. Por lo tanto en el aire, los insectos son bastante ineficientes en la conversión de energía muscular al ruido aéreo. Es interesante que algunos insectos producen señales con componentes de la frecuencia, cerca de la frecuencia de resonancia del medio de propagación del sonido, para tener una disminución de la resistencia mecánica y maximización de la vibración. La eficiencia aumenta al 23% en algunos escarabajos que utilizan vibraciones de sustrato para la comunicación (Leighton, 1987). Las frecuencias altas se atenúan más rápidamente que las bajas frecuencias. Por lo tanto, cuanto menor sea la frecuencia, mayor es la amortiguación de la señal acústica con la distancia. Esto también explica la no uniformidad de los componentes de frecuencia en la detección de la señal con respecto la distancia (Michelsen *et al*., 1982).

2.2.6 Vibraciones del sustrato

Para compensar la ineficacia de la transmisión aérea, muchos insectos utilizan resonadores para amplificar el sonido. Otros toman la ruta alternativa de producir vibraciones en sustrato, a un costo de energía mucho menor debido a la menor atenuación de la energía mecánica de los sólidos en comparación con el aire. La eficiencia de una señal acústica de un grillo es sólo el 1% con respecto a su energía muscular, y para la cigarra es sólo 0,5% (Kavanach, 1987).

Debido a la naturaleza de las estructuras lineales, tales como hojas y tallos, la información vibratoria se transmite en forma de ondas longitudinales, transversales y de flexión. Las ondas longitudinales y transversales cambiarán con la longitud y la anchura de la estructura (por ejemplo, tallo), pero las ondas de flexión crearán cambios a lo largo de su superficie.

Las vibraciones en sólidos se transmiten principalmente como ondas longitudinales (ondas donde el componente de movimiento de las partículas es a lo largo de la longitud de la transmisión), pero sus efectos sobre la superficie en la forma de compresión y extensiones es menos que 1% de la longitud total. Las ondas transversales (ondas donde el componente de movimiento de las partículas es perpendicular a la dirección de transmisión de la onda) producen un efecto aún menos significativo en la superficie del sólido y es poco probable que sean detectables. Las ondas de flexión son las perturbaciones que se crean en estructuras largas y delgadas, como los tallos de plantas, donde la interferencia constructiva de las ondas transversales puede crear perturbación amplificándose a lo largo de la superficie del sustrato. Debido a que la velocidad de propagación de las ondas de flexión depende de las propiedades físicas y las dimensiones de la media y la vibración del ancho de banda, vibraciones de diferentes frecuencias viajan lejos de la fuente de sonido a diferentes velocidades. Si las vibraciones son en forma de pulsos, que es algo habitual en la comunicación de insectos, su velocidad de propagación de grupo es el doble de la velocidad de fase. Dado que la información colectada por los receptores de los insectos se refiere al movimiento relativo en la superficie del sustrato, las mediciones tomadas de acelerómetros (instrumentos utilizados

para medición de vibraciones superficiales), dadas como la razón de cambio (m/s^2), se refieren a la dirección de amplitud con el aumento y las caídas que puede generar el sustrato. Por la baja intensidad de doblar las ondas, la amplitud será de baja vibración y la velocidad vertical será pequeña. Para vibraciones más intensas, la velocidad de vibración superficial será alta.

2.2.7 Estructura y terminología de la señal

Con el fin de comparar las señales emitidas por el mismo individuo, en diferentes condiciones o diferentes individuos de una misma o diferentes especies, ciertas terminologías han sido adoptadas para describir la estructura jerárquica. Las Canciones y llamadas se repiten durante largos períodos de tiempo. La repetición se denomina frases. Cada frase repetible suele consistir en dos subgrupos en fuertes variaciones de amplitud, seguido por un espacio silencioso interface (ICD). Los dos subgrupos de la frase se denominan baja amplitud (LPD) y alta amplitud (HPD) (Sueur y Aubin, 2004) .

En el dominio del tiempo, hay gran variación en la frecuencia de las frases, cada subgrupo frase consta de chirridos o esquemas con longitud temporal del orden de centésimas de segundo o algunas décimas de mili segundos. Cada esquema tiene una estructura interna de sílabas que son del orden de milisegundos (Figura 2.4).

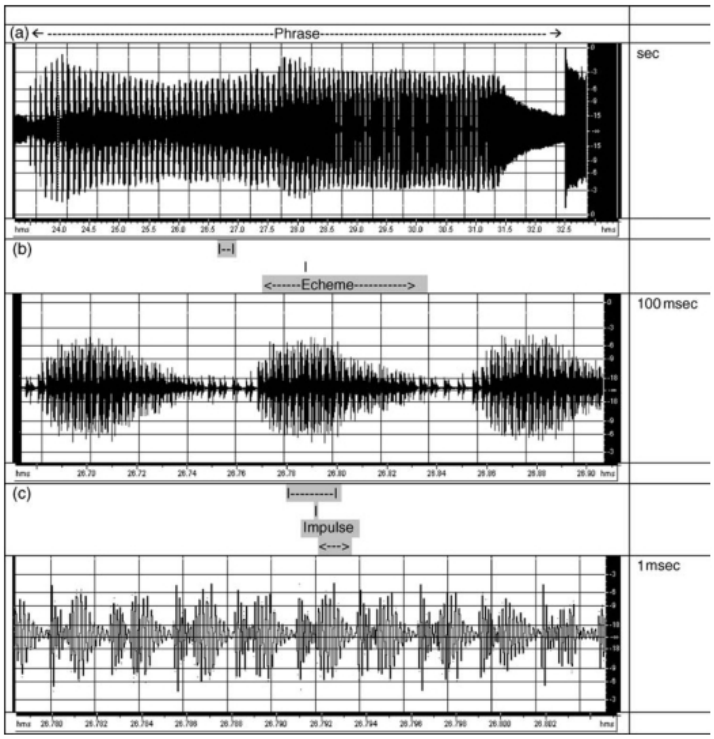


Figura 2.4.- Representación de la estructura de la señal. (a) Frase, (b) esquema (c) impulsos esquema o chirrido.

2.3 El Ultrasonido y sus características físicas

La energía ultrasónica se compone de vibraciones mecánicas que ocurren por encima de la frecuencia audible humana. Consiste en la propagación de perturbaciones en un medio, lo que provoca subunidades (partículas) del medio para que vibre. El movimiento vibratorio de las partículas por ultrasonidos se caracteriza por propagación de energía en un medio. A diferencia de la radiación electromagnética, la energía acústica no se puede transmitir a través del vacío. La transmisión a través del medio depende en gran medida de la frecuencia del ultrasonido y el estado del medio (el gas, líquido o sólido).

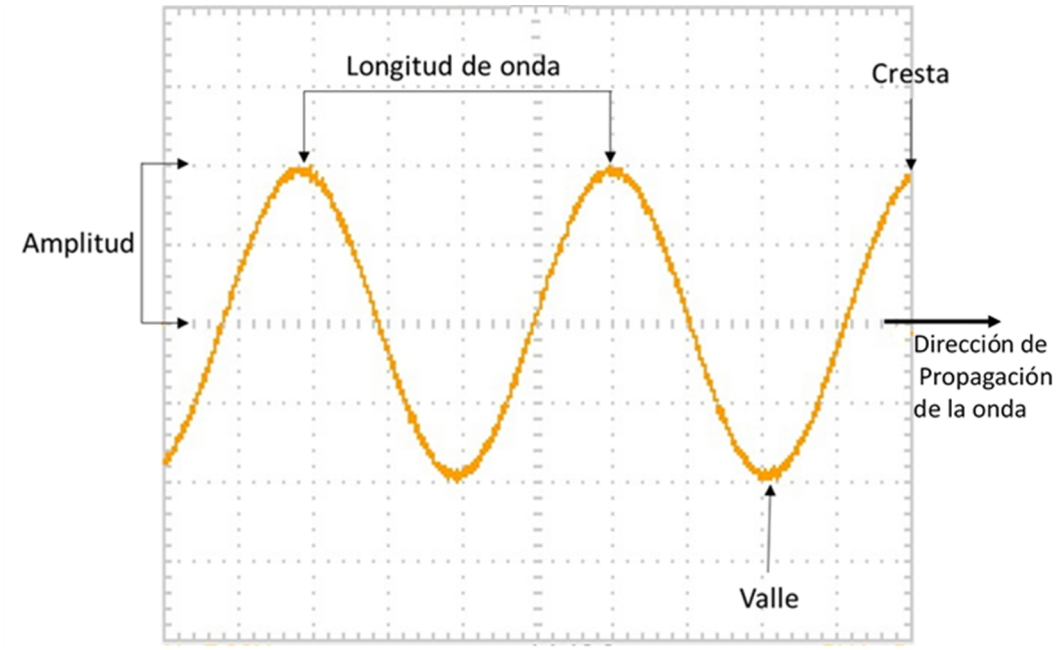


Figura 2.5.- Características de una señal sinodal ultrasónica.

2.3.1 Tipos de ondas ultrasónicas

Las diferencias entre onda continua, cerrada (moduladas en amplitud), y las ondas acústicas pulsantes se muestran en la figura. 2.6. Una onda continua en una sola frecuencia es una onda sinusoidal sencilla que tiene una amplitud constante. Formas de onda moduladas de amplitud se utilizan en algunos equipos, por ejemplo, equipos de terapia pulsada. Una explosión acústica es el tipo de pulso que se utiliza en equipos de diagnóstico de eco pulsos. Se puede representar la variación de la presión como una función de la distancia en un instante fijo en el tiempo, o como una función del tiempo en un punto fijo en el espacio.

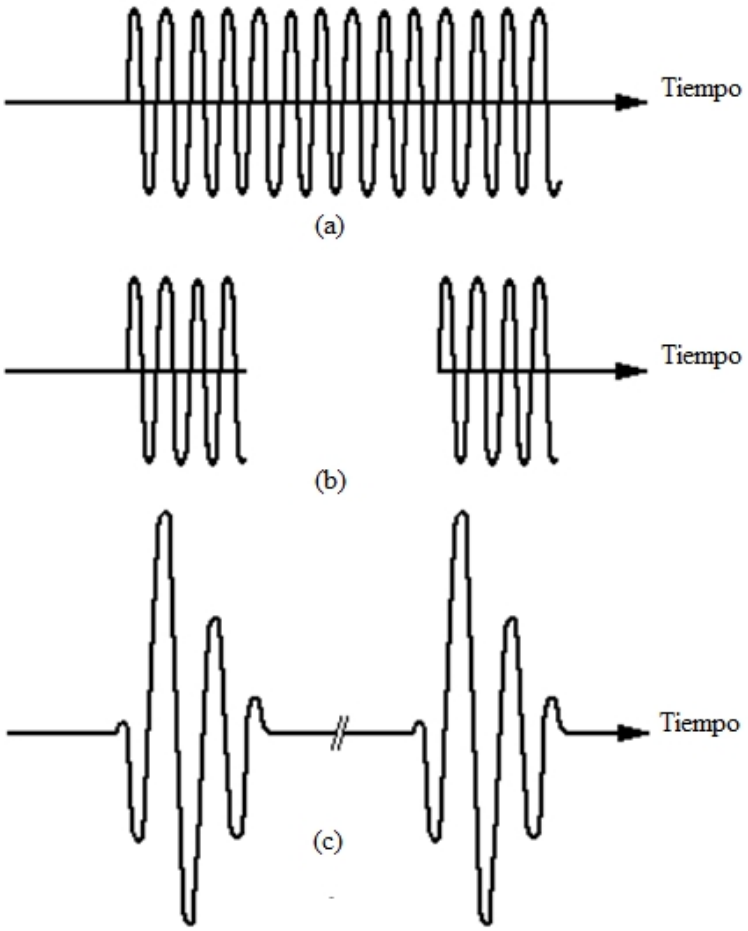


Figura 2.6.- Ondas ultrasónicas a) continúa; b) continúa cerrada; c) cerrada.

Para la onda de pulsos, la amplitud de presión no es constante y es igual a cero durante una parte del tiempo. La energía no acústica se está emitiendo entre los pulsos y el ultrasonido se propaga a través del medio como pequeños paquetes de energía acústica. Ondas pulsadas pueden tener cualquier combinación de encendido / apagado. Por lo tanto, es importante especificar exactamente el régimen de tiempo del pulso.

El ultrasonido pulsado, con pulsos cortos y espaciados normalmente microsegundos o en intervalos de milisegundos (ms) se utiliza con fines de diagnóstico, mientras que las ondas continuas se utilizan a menudo en aplicaciones terapéuticas de la ecografía y en la mayoría de los dispositivos de Doppler (Sarvazyan et al., 1980).

2.3.2 Propagación de ondas ultrasónicas.

El ultrasonido puede propagarse en diferentes modos. En los sólidos, de dos modos importantes que incluyen ondas de compresión (longitudinales) ondas de cizalladura (ondas transversales) (Figura 2.7). Las velocidades de propagación de estos dos modos son generalmente diferentes.

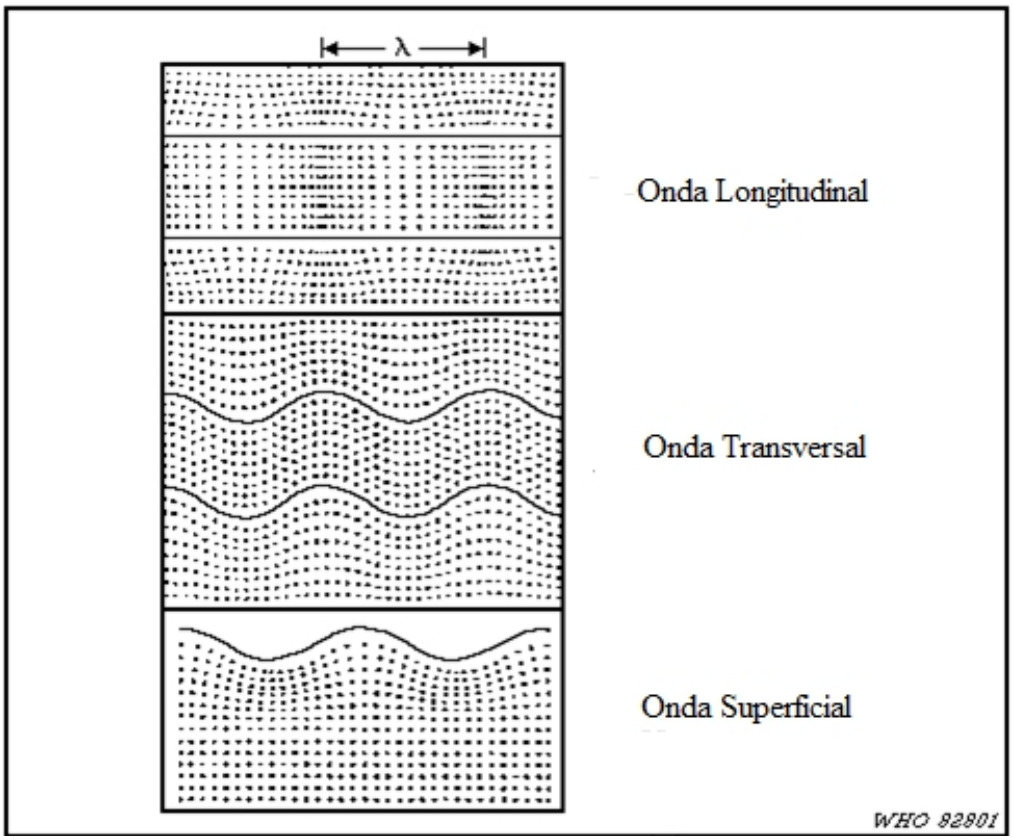


Figura 2.7.- Modos de propagación de ondas de ultrasonido. A) Onda compresión o longitudinal, b) onda cizalla o transversal, ilustrada por el desplazamiento de partículas a partir de la posición sin perturbaciones.

2.3.3 Ondas longitudinales

El ultrasonido se propaga en gases, líquidos, o medios sólidos, principalmente en la forma de ondas longitudinales o de compresión formada por regiones alternas de

compresión y rarefacción de las partículas del medio, que vibran en la dirección de propagación de la energía. La distancia entre dos puntos consecutivos de compresión máxima o rarefacción se llama la longitud de onda.

2.3.4 Ondas transversales

Ondas Transversales (cizallamiento) se propagan principalmente en sólidos, y se caracterizan por el desplazamiento de partículas en 90° a la dirección de propagación. En una interfaz de tejido óseo/suave, un tipo de onda puede dar lugar a otro (modo de conversión). Si una onda que se propaga longitudinal en el tejido blando del hueso golpea en un ángulo, tanto las ondas longitudinales y transversales pueden ser excitados en el medio sólido. Este fenómeno puede dar lugar al calentamiento de la superficie del hueso. Resultados de calentamiento en el hueso han sido reportados por Lehmann & Guy (1972) y Chan et al. (1974).

2.3.5 Presión acústica

La presión acústica es el cambio en la presión total en un punto dado en el medio en un momento dado, lo que resulta en la compresión donde la presión es positiva, y en la expansión la presión es negativa, como resultado de la acción de las ondas de ultrasonido. El desplazamiento es la diferencia entre la posición media de una partícula en el medio y su posición en cualquier instante dado en el tiempo. La velocidad de la partícula es la velocidad instantánea de una partícula de vibración en un punto dado en el medio. Esto no se debe confundir con la velocidad del sonido. La relación entre la intensidad y diversos parámetros de las partículas tales como la presión acústica, el desplazamiento, la velocidad y la aceleración son de importancia en el análisis de algunos de los efectos biológicos descritos en la literatura (WHO,1982).

2.3.6 Campos de ondas progresivas

El campo ultrasónico producido por un transductor obedece a todas las leyes físicas de los fenómenos ondulatorios. Como el ultrasonido se propaga desde el transductor, hay una zona en la que el tamaño total del haz permanece relativamente constante (el campo cercano), aunque hay muchas variaciones de intensidad dentro de la propia zona, tanto a través y a lo largo de la viga eje. Esta zona es seguida por una zona donde el haz diverge y se vuelve más uniforme (el campo lejano). La Figura 2.8 ilustra el campo cercano (o región de Fresnel) con la transición en el campo lejano (O región de Fraunhofer) para la operación cw. Para un pistón circular de diámetro D que irradia sonido de longitud de onda landa, la Zona de Fresnel se extiende desde el transductor a una distancia igual a D2 / 4 landa (cuando D es mucho mayor que landa); más allá de este distancia de la zona de Fraunhofer del transductor. Un análisis numérico del campo cercano de un pistón de vibración ha sido descrita en la literatura (Zemanek, 1971). Para un radio dado del transductor, el campo cercano se vuelve más complejo (que presenta más máximos y mínimos) como la longitud de onda de los ultrasonidos se convierte más corto. El campo acústico de un transductor de impulsos puede ser pensado que se compone de las aportaciones de todas las frecuencias dentro del ancho de banda de un pulso corto. Se ha demostrado (Wien y Harder, 1982) que el campo cercano es menos estructurada que la de un transductor de CW, y que la longitud del campo cercano corresponde a que de un transductor oscilante CW en la frecuencia central de la de campo pulsado.

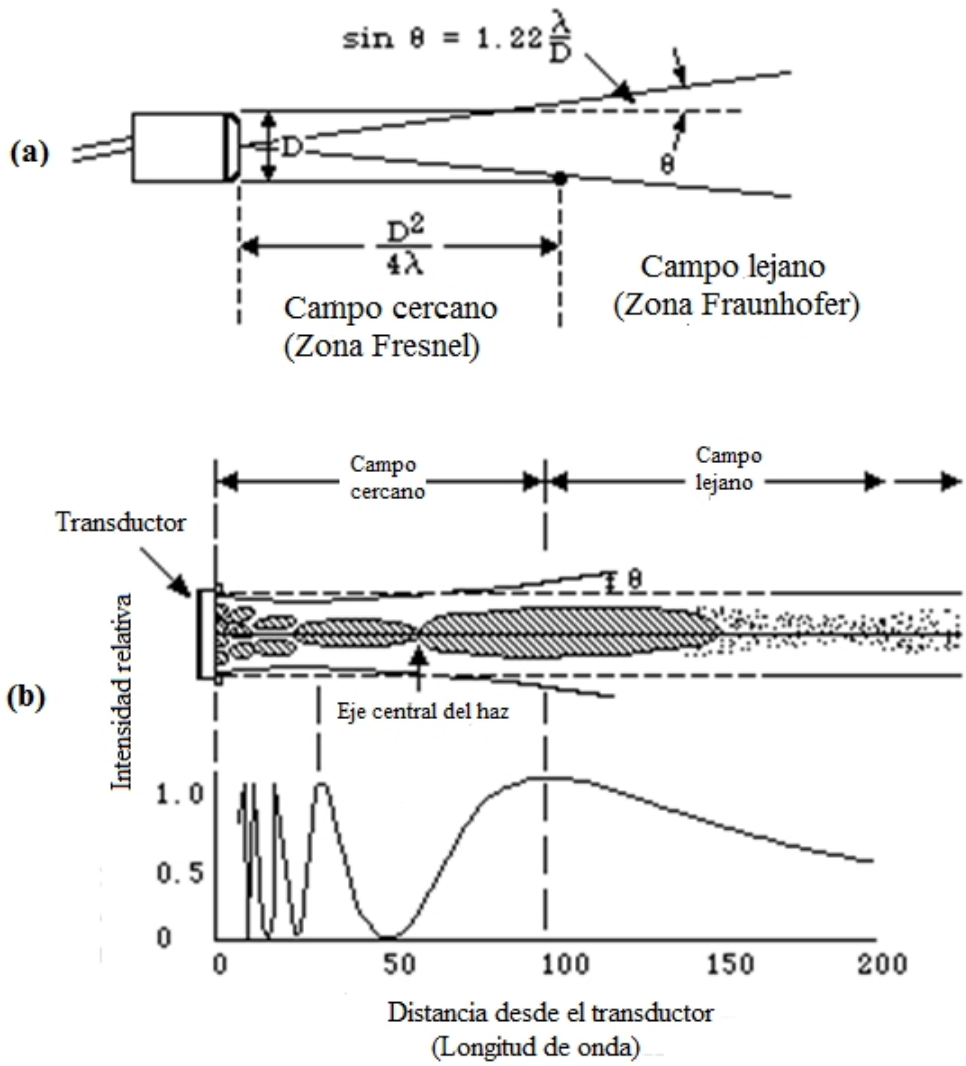


Figura 2.8.- Distribución de la intensidad de una onda continúa de ultrasonido.

2.3.7 Mecanismos de acción del ultrasonido

La energía acústica se puede transformar en varias otras formas de energía, que pueden existir al mismo tiempo dentro de cualquier medio dado. Los mecanismos de transformación en estas otras formas de energía se subdividen en tres categorías principales que comprenden un mecanismo térmico, un mecanismo de cavitación, y otros mecanismos, entre ellos los movimientos de difusión en continua.

Cuando el ultrasonido es absorbido por la materia, se convierte en calor al producir un aumento de la temperatura en el sujeto expuesto. Una onda de ultrasonido produce zonas alternas de compresión y rarefacción en el medio y los cambios de presión producidos pueden resultar en cavitación. Este fenómeno se produce cuando la expansión y contracción de los núcleos o burbujas de gas (en los líquidos y tejidos del cuerpo) provocará oscilaciones simples o pulsaciones (cavitación estable), o eventos violentos (transitoria o contracción de cavitación), donde el colapso de las burbujas produce alta temperatura y presión.

Las temperaturas elevadas asociadas con el uso de un promedio de tiempo y promedio espacial (SATA) en intensidades 0.1 - 3 W/cm^2 contribuyen a los efectos terapéuticos del ultrasonido. Además, las burbujas de gas se han detectado *in vivo* después de exposiciones terapéuticas, lo que indica se ha producido actividad cavitacional.

A diferencia de la radiación ionizante, en el que el mecanismo físico básico de la interacción sigue siendo el mismo con el aumento de la tasa de exposición, la mecanismo dominante de la acción del ultrasonido en los sistemas biológicos pueden cambiar a medida que la intensidad acústica, la frecuencia, y la exposición las condiciones cambian. (WHO, 1982).

2.3.8 Efecto de cavitación por ultrasonido

La cavitación es un fenómeno físico originado por diferentes mecanismos, ya sean ultrasónicos o no ultrasónicos, la palabra cavitación deriva del latín "cavitas, -tatis", que significa cavidad. Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española en sus diferentes acepciones la define:

- En su acepción física, cavitación: Es la formación de burbujas de vapor o de gas en el seno de un líquido, causada por las variaciones que éste experimenta en su presión.

- En su acepción médica, cavitación: Formación patológica de cavidades en un tejido u órgano.

- El Diccionario de terminología de "Ciencias Médicas" Editorial Salvat, llama cavitación la formación de cavidades en el organismo, por ejemplo, caverna tuberculosa.

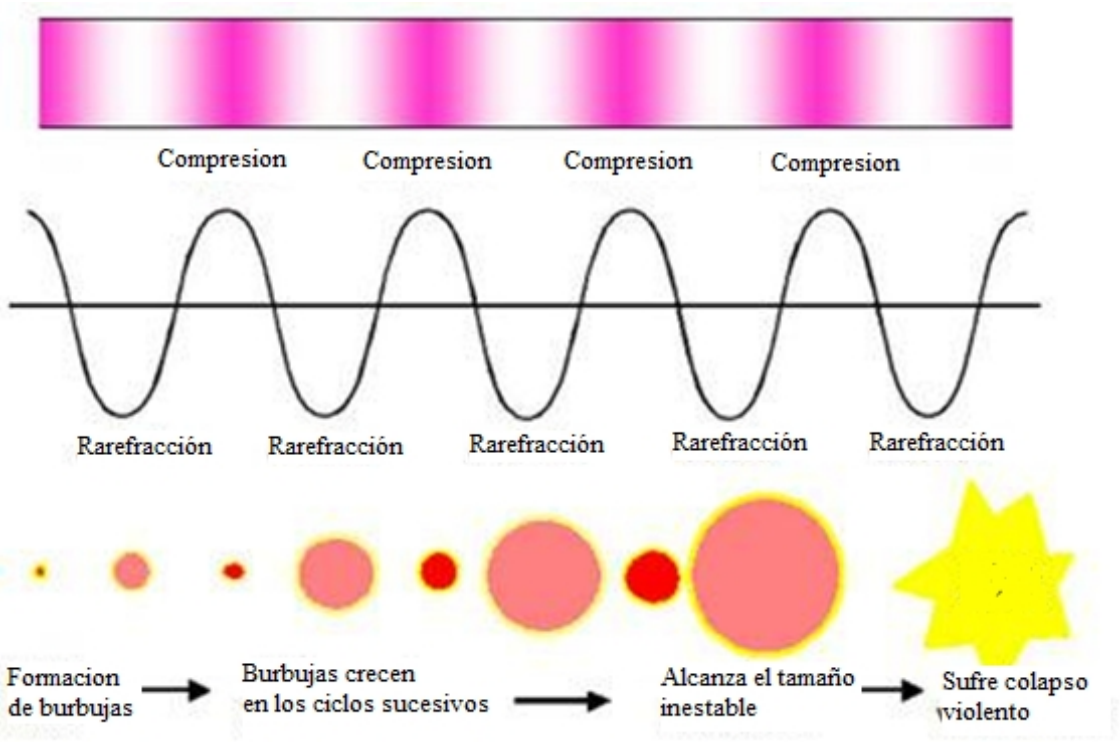


Figura 2.9.- Efecto de cavitación (Mason, 2004).

Este fenómeno inducido por mecanismos físicos productores de ondas ya sean de tipo mecánico o electromagnético, capaces de originar huecos, vacío o cavidades en los tejidos orgánicos o exclusivamente en el interior de las células de la grasa. Hay diversos mecanismos físicos que demuestran científicamente que realizan cavitación:

- Ultrasonido de baja frecuencia y alta intensidad: Mecanismo vibratorio mecánico.

- Ondas electromagnéticas del espectro de radiofrecuencia: Mecanismo vibratorio electro-molecular.

2.3.9 La cavitación y la onda ultrasónica

La cavitación con respecto a una onda ultrasónica depende de:

1. La Frecuencia:

    - A mayor frecuencia, menor penetración en el organismo y menor poder de cavitación (no da tiempo a crecer la burbuja). Sucede con frecuencias comprendidas entre 1 y 3 MHz. Predominando el efecto Térmico.

    - A menor frecuencia, mayor penetración y mayor poder de cavitación. Se da en las frecuencias entre 20 kHz y 100 kHz, y predomina el efecto de cavitación (Leighton, 1994).

2. La viscosidad del medio:

    - A mayor viscosidad menor cavitación. Cuando predomina el medio líquido hay mayor cavitación.

3. La temperatura:

    - Al aumentar la temperatura aumenta el poder de la cavitación.

4. La intensidad de energía:

    - A mayor energía (W/cm^2) aumenta el poder de cavitación.

La Cavitación ultrasónica es un fenómeno mecánico producido por ondas de baja frecuencia y de alta intensidad energética, por lo tanto no todos los ultrasonidos son capaces de provocar cavitación.

Estas ondas ultrasónicas con poder para realizar el fenómeno de cavitación, pasan a través de los tejidos biológicos provocando rupturas y separación de sus moléculas, formando "micro burbujas" o cavidades, las cuales crecen progresivamente hasta llegar a un "tamaño crítico", produciéndose el estallido de las mismas, y generando gran cantidad de energía térmica y de presión, que tiene como consecuencia la afectación de los diferentes componentes del tejido biológico.

1. A nivel bioquímico: Formación de radicales libres, como es la disociación del agua (H^+ y OH^-) por ruptura de enlaces químicos (Suhr D, 1991).

2. A nivel molecular: Despolimerización o fragmentación de moléculas de gran tamaño, como colágena, ADN, ARN (Monira M. Rageh, 2009).

3. A nivel celular: Provoca ruptura de la membrana celular (Azadniv et al. 1996) que conlleva la lisis o muerte celular y necrosis del tejido (Miller, 2003).

Estas técnicas de cavitación ultrasónica, por la gran cantidad de energía depositada, se han diseñado para tratamientos no quirúrgicos de cálculos renales (Litotricia) y de tumores cancerosos localizados.

2.3.10 Estudios biológicos con ultrasonidos

La mayoría de los estudios de efectos biológicos se han realizado sobre las suspensiones de células, plantas, insectos, y otros sistemas de animales. Sin embargo, en estos sistemas biológicos se acentúan ciertos mecanismos de interacción en la medida en que

se observan efectos bajo condiciones de exposición que no se aplicarían en los seres humanos. Pocos estudios se han reportado de los efectos del ultrasonido atrevés del aire en el hombre. Informes anteriores de dolores de cabeza y náuseas se han atribuido en gran medida a sub- armónicos del ultrasonido en el rango audible. Sin embargo, ha habido una serie de informes de síntomas similares en personas expuestas a los dispositivos tales como alarmas de intrusión de ultrasonido. Esto indica que más investigación en esta área es necesario. La cavitación es un mecanismo bien establecido de acción, pero otros mecanismos no térmicos pueden estar involucrados en la producción de algunos efectos de ultrasonido (WHO, 1982).

2.3.11 El efecto del sonido sobre las plantas

Las vibraciones acústicas tienen efecto sobre los sistemas vivos, se ha encontrado que varios factores externos como la radiación y el sonido tienen un efecto sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas (Collin y Foreman, 2001). Por otro lado se ha observado que la aplicación de música aumenta el porcentaje de germinación de semillas (Coghlan, 1994). Existen ciertas melodías que afectan positivamente el desarrollo de las plantas. Se ha estudiado el efecto de sonidos rítmicos y aquellos que no lo son pero no se ha encontrado mucha diferencia en el efecto que ejercen sobre las plantas (Singh, 2013).

La aplicación de sonidos ultrasónicos a plantas de trigo y lenteja ha mostrado un incremento en el porcentaje de germinación, longitud de las raíces y de las hojas (Aladjadjiyan 2011).

2.3.12 Efecto del ultrasonido en los polinizadores

En cuanto al uso de ultrasonido no hay reportes que indiquen que las frecuencias ultrasónicas afectan a los polinizadores sin embargo cabe la posibilidad que puedan ser afectados por alguna frecuencia especifica de ultrasonido o ser estresadas por el fenómeno

de cavitación inducido por el ultrasónica si se llegasen estar sometidas a señales ultrasónicas con suficiente poder, en el caso de las radiofrecuencias se al realizado estudios en los cuales se descubrió que las abejas tienen grupos de magnetita en la áreas abdominales se observó en las colmenas expuestas a 900 MHz durante 10 minutos, una repentina desaparición de habitantes de la colmena, dejando sólo la reina, los huevos, y unos pocos trabajadores inmaduros detrás. Con la navegación y habilidades afectados, las abejas obreras se detuvieron llegando a las colmenas después de 10 días y la producción de huevos en abejas reinas caído drásticamente a 100 huevos / día en comparación con 350 huevos (Sharma y Kumar, 2010).

2.3.13 Perspectivas de la aplicación del ultrasonido

Durante muchos años, el ultrasonido sólo se utilizó en la detección de submarinos (Mason, 1976). El dispositivo, producido por primera vez por Paul Langevin en 1917, se el cual consistía de un cristal de cuarzo que vibra a 50 kHz, propagando la ecografía en el agua y la detección de la haz reflejado. El ultrasonido fue utilizado por primera vez de forma terapéutica en la mediados de 1930 y para la detección de defectos entre 1939 y 1945 (Firestone, 1945).

Desde la Segunda Guerra Mundial, se han logrado avances considerables en el desarrollo de nuevos cristales piezoeléctricos, ferroeléctrico cerámico, y materiales magnetostrictivo y las aplicaciones de ecografía se han incrementado y diversificado, especialmente en los últimos años año. La figura 2.10 incluye ejemplos de la utilización del ultrasonido en la medicina, la industria, los productos de consumo, y el procesamiento de señales y pruebas, en relación con la frecuencia de ultrasonido.

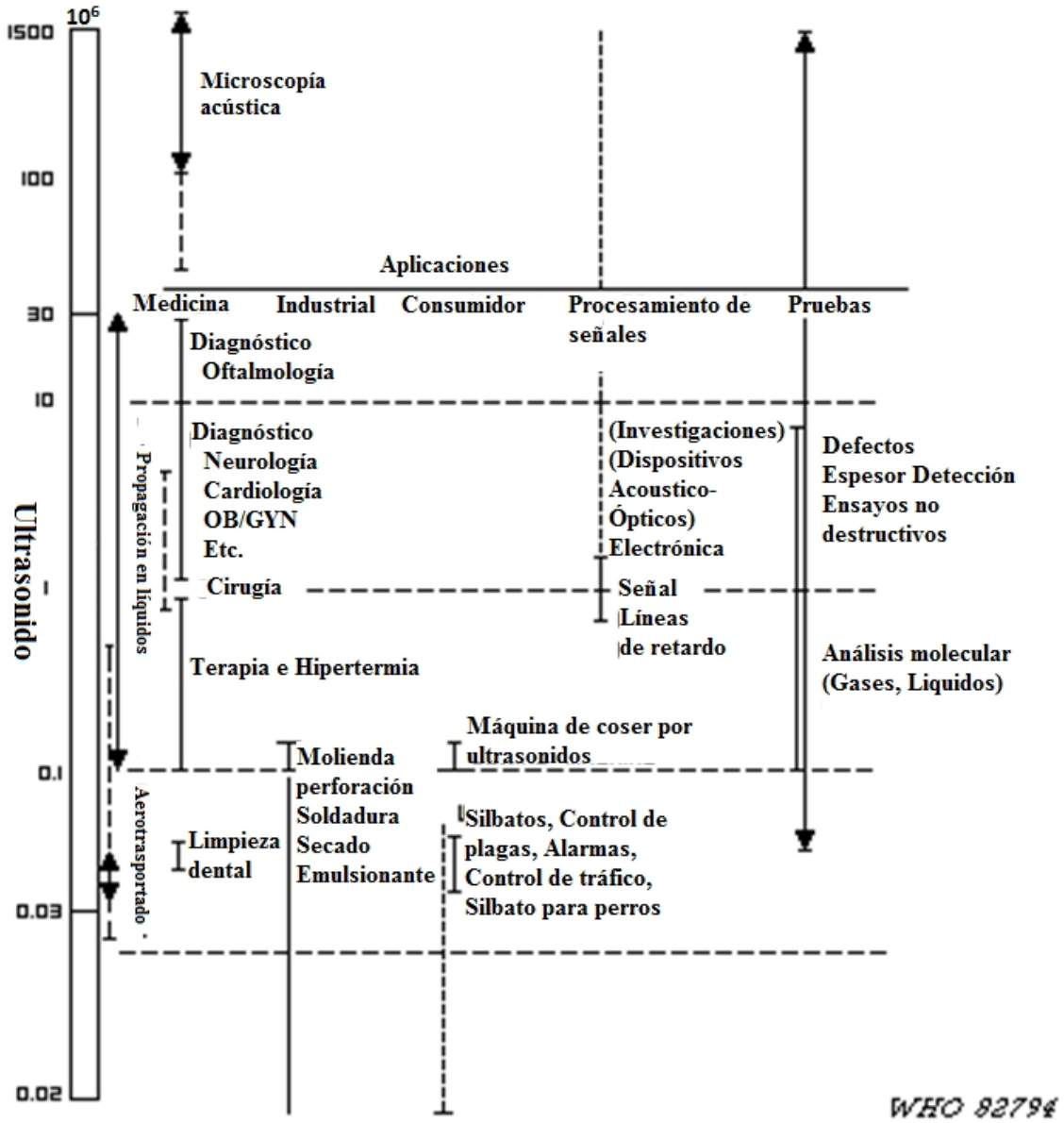


Figura 2.10.- Aplicaciones del ultrasonido

Además del potencial de aplicación del ultrasonido en la industria y aplicaciones médicas, la población en general ahora es expuesta a diversos dispositivos orientados al consumidor. En el área de la agricultura actualmente se ha dado un incremento en el uso de la tecnología ultrasónica investigaciones de la aplicación de ultrasonidos en el control de plagas agrícolas (Huang et. al.,2003), (García, 2013), y en sistemas de riego para determinar los volúmenes de agua entregados en puntos de control (IMTA,2009), así como el

aprovechamiento del agua utilizada en los invernaderos mediante la recirculación y descontaminación de las aguas utilizadas, así como en métodos de polinización experimental. Sin embargo las aplicaciones médicas son los de más rápido aumento en cuanto al uso de tecnología ultrasónica.

2.3.14 Micrófonos: patrones y propiedades

El micrófono lleva a cabo la tarea de convertir las señales acústicas de las variaciones de presión a su análogo eléctrico, una señal eléctrica modulada. El tipo de transductor, su eficiencia (o sensibilidad), la respuesta de frecuencia y el patrón polar (o direccionalidad) son todas las características igualmente importantes que caracterizan a un micrófono.

La característica más importante de un micrófono es su modelo tridimensional de la recolección. El patrón polar es una representación gráfica de la sensibilidad del micrófono con respecto a la frecuencia y el ángulo de incidencia del sonido. Típicamente, la direccionalidad aumenta con el aumento de frecuencia (Figure 2.11).

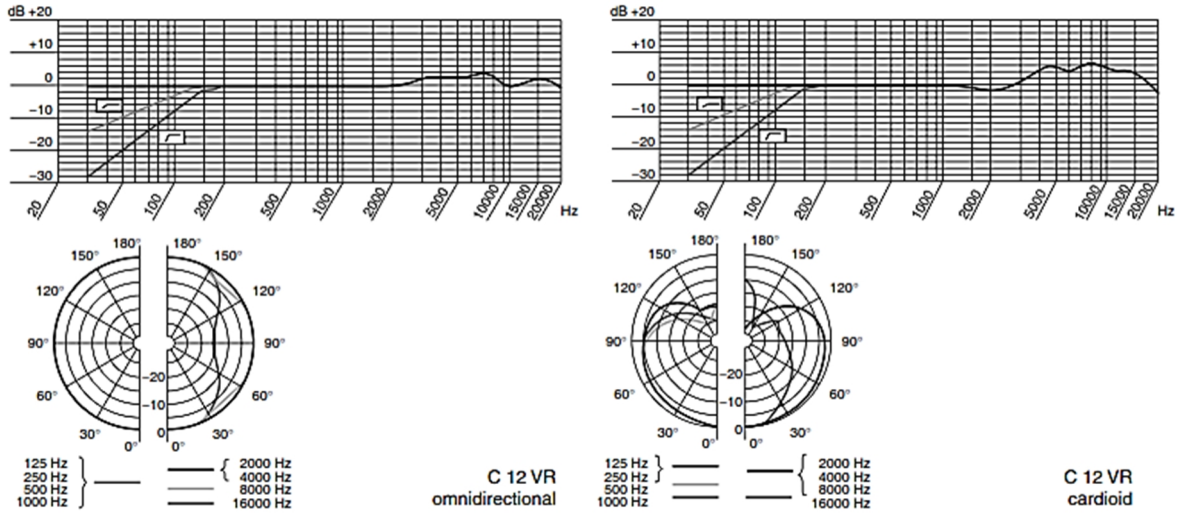


Figura 2.11.- Representación gráfica de la respuesta del micrófono a las frecuencias.

2.3.15 Transductores ultrasónicos

Los emisores o transductores ultrasónicos son dispositivos que se utilizan para emitir sonidos ultrasónicos con frecuencias mayores a 20 kHz. Estos emisores son osciladores de estructura policristalina que basan su funcionamiento en el efecto piezoeléctrico. Los transductores piezoeléctricos contienen un elemento vibrante o activo, que es el que realiza la conversión eléctrica-mecánica de energía (Ruíz, 2004).

El transductor contiene un elemento piezoeléctrico, que convierte señales eléctricas en vibraciones mecánicas y vibraciones mecánicas en señales eléctricas. Muchos factores, incluyendo el material, construcción mecánica y eléctrica, y las condiciones de carga mecánica y eléctrica externas, influencian el comportamiento de un transductor. La construcción mecánica incluye parámetros tales como el área superficial, amortiguamiento mecánico, el contenedor del cristal, el tipo de conector y otras variables de la construcción física. Los transductores de contacto también incorporan una placa de desgaste para proteger al elemento activo contra la fricción (López, 2009).

2.4 El Microcontrolador

Texas Instruments (TI) fue la primera compañía en desarrollar un microcontrolador. Los ingenieros de TI Gary Boone y Michael Cochran crearon el primer microcontrolador (también conocido como un micro-ordenador) en 1971, casi al mismo tiempo que Intel desarrollo el primer microprocesador. A diferencia de los chips de Intel, el microcontrolador TI, un dispositivo de 4-bit, no fue puesto en el mercado general, de inmediato, pero se empleó en una calculadora que TI introdujo en 1972.

Figura 2.12.- Microcontrolador TMS1000 de Texas Instruments.

TI perfeccionó su invento en los siguientes años y, finalmente, se la ofreció a la industria electrónica en 1974. El TMS 1000 se produjo en cuarenta versiones diferentes, con diferentes cantidades de memoria RAM y ROM, y cerca de cien millones han sido vendidos hasta la fecha. Parte de la razón de su éxito fue su etiqueta de precios bajos sin precedentes de apenas $ 2.00 dll.

Debido a su bajo precio, el TMS 1000 ha tenido su mayor éxito en la electrónica de consumo, donde es utilizado en calculadoras, juguetes, juegos, electrodomésticos y alarmas antirrobo. También se encuentra en máquinas fotocopiadoras y cajas de discos de los bares. TMS 1000 ha contribuido a que la electrónica moderna alcance todos los aspectos de la vida en la actualidad.

2.4.1 Los Microcontroladores en la actualidad

Cada vez existen más productos que incorporan un microcontrolador con el fin de aumentar sus prestaciones tal es el caso de la agricultura de precisión, en la cual se utiliza en sistemas de riego automatizados, control climático, instrumental de medición, clasificación clasificadores en poscosecha, etc. Esto con el fin de reducir costos y mejorar la fiabilidad.

Algunos fabricantes de microcontroladores superan el millón de unidades de un modelo determinado, producidas en una semana. Aunque en el mercado de la microinformática la mayor atención la acaparan los desarrollos de los microprocesadores, lo cierto es que se venden cientos de microcontroladores por cada microprocesador vendido.

Existe una gran diversidad de microcontroladores. La clasificación más importante es entre microcontroladores de 4, 8, 16 ó 32 bits. Aunque las prestaciones de los microcontroladores de 16 y 32 bits son superiores a los de 4 y 8 bits, la realidad es que los microcontroladores de 8 bits dominan el mercado y los de 4 bits aún siguen siendo utilizados. La razón de esta tendencia es que los microcontroladores de 4 y 8 bits son apropiados para la gran mayoría de las aplicaciones, lo que hace innecesario emplear microcontroladores más potentes y, consecuentemente, más caros.

2.4.2 Elementos que integran los microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de una computadora (CPU, RAM, periféricos E/S). Se emplean para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y debido a su reducido tamaño, suele incorporarse en el propio dispositivo que gobierna. Esta característica es la que le confiere la denominación de “embedded Controller” (controlador incrustado).

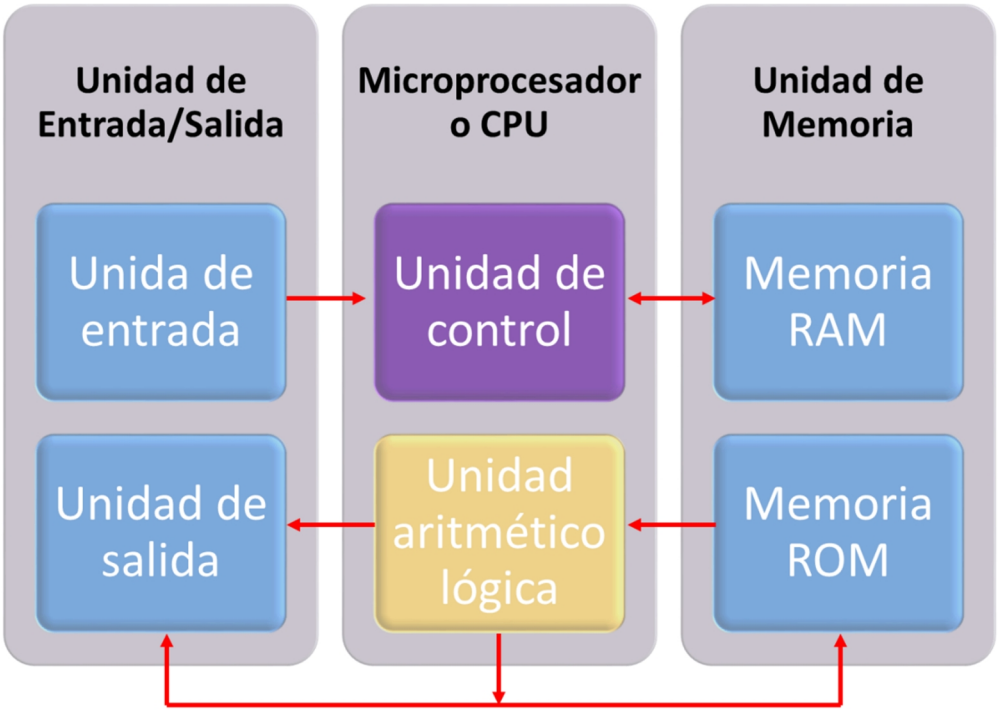


Figura 2.13.- Estructura general de una computadora digital.

En su memoria solo reside un programa destinado a controlar una aplicación determinada; sus líneas de entrada y salida soportan la conexión de sensores y actuadores del dispositivo a controlar y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

Estas características los hacen muy apropiados para desarrollar dispositivos de control o máquinas automáticas, ya que poseen los elementos claves de control encapsulados en un mismo chip, lo que posibilita una inmejorable inmunidad al ruido.

Un microcontrolador posee todos los componentes de una computadora, pero con características fijas que no pueden alterarse, las principales partes de un microcontrolador:

1. Arquitectura básica.
2. Microprocesador.
3. Memoria.

4. Puertas de entrada y salida.
5. Reloj principal.

2.4.3 Arquitectura

Existen dos tipos diferentes arquitecturas de microcontroladores las cuales difieren en el acceso de la memoria de programa y la memoria de datos.

Arquitectura Von Neumann.

La arquitectura tradicional de computadoras y microprocesadores está basada en la arquitectura Von Neumann, en la cual la unidad central de proceso (CPU), está conectada a una memoria única donde se guardan las instrucciones del programa y los datos. El tamaño de la unidad de datos o instrucciones está dado por el ancho del bus que comunica la memoria con la CPU. Así un microprocesador de 8 bits con un bus de 8 bits, tendrá que manejar datos e instrucciones de una o más unidades de 8 bits (bytes) de longitud. Si tiene que acceder a una instrucción o dato de más de un byte de longitud, tendrá que realizar más de un acceso a la memoria (Palacios, 2004).

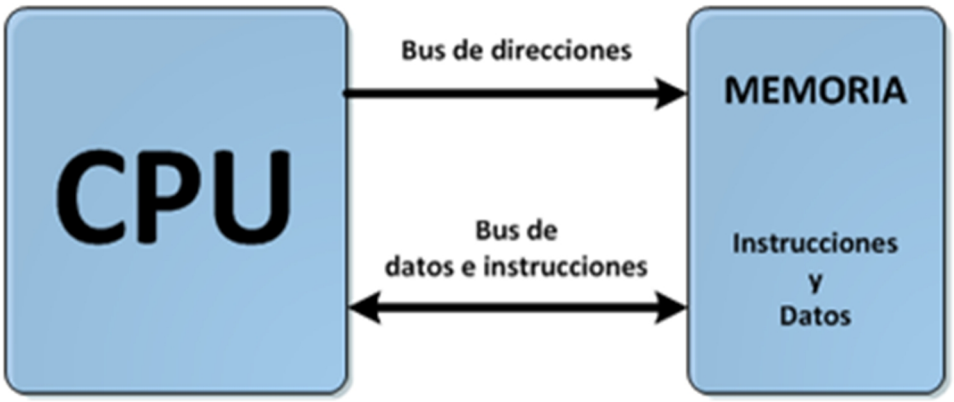


Figura 2.14.- Arquitectura de microcontrolador Von Neumann.

El tener un único bus hace que el microprocesador sea más lento en su respuesta, ya que no puede buscar en memoria una nueva instrucción mientras no finalicen las transferencias de datos de la instrucción anterior.

Arquitectura Harvard.

La arquitectura Harvard tiene la unidad central de proceso (CPU) conectada a dos memorias (instrucciones y datos) por medio de dos buses diferentes. Una de las memorias contiene solamente las instrucciones del programa (Memoria de instrucciones o de programa), y otra donde se almacenan datos del programa (Memoria de Datos). Ambos buses son totalmente independientes y pueden ser de distintos anchos. Para un procesador de Set de Instrucciones Reducido, o RISC (Reduced Instrucción Set Computer), el set de instrucciones y el bus de memoria de programa pueden diseñarse de tal manera que todas las instrucciones tengan una sola posición de memoria de programa de longitud.

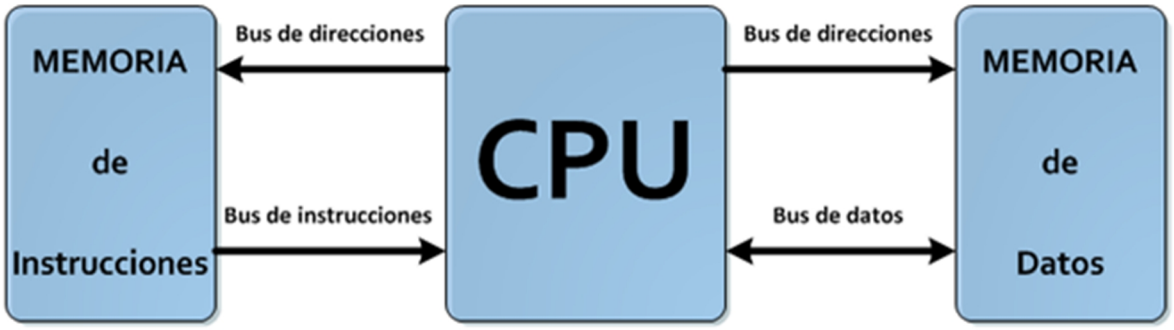


Figura 2.15.- Arquitectura de microcontrolador Harvard.

Al ser los buses independientes, la CPU puede acceder a los datos para completar la ejecución de una instrucción, y al mismo tiempo leer la siguiente instrucción a ejecutar. Una pequeña desventaja de los procesadores con arquitectura Harvard, es que deben poseer instrucciones especiales para acceder a tablas de valores constantes que pueda ser necesario

incluir en los programas, ya que estas tablas se encontraran físicamente en la memoria de programa (Palacios, 2004).

2.4.4 Microprocesador

Constituye el elemento más importante del microcontrolador determina las características a nivel hardware como software, se encarga de direccionar la memoria, así como ejecutar el código de operación.

Existen tres orientaciones en cuanto al lenguaje de operación y funcionalidad de los microprocesadores:

CISC. Cuentan con juego de instrucciones complejo, disponiendo de más de 80 instrucciones de operación. Los procesadores CISC ofrecen al programador instrucciones complejas que actúan como macros.

SCIS. Cuentan con juego de instrucciones reducido destinado a aplicaciones muy concretas, adaptándose a las necesidades de aplicaciones previstas.

RISC. Cuentan con un sistema de instrucciones reducido y simple generalmente ejecutándose en solo ciclo (Angulo-Usategui, 2003).

2.4.5 El microcontrolador PSOC

Los microcontrolador Psoc (Program System on Chip) es una nueva tecnología aplicada al desarrollo de los microcontroladores, la cual nos permite escoger bloques análogos o digitales de diferentes dispositivos electrónicos, ya sean estos análogos u/o digitales para luego programarlos mediante lenguaje C o Asembler (Cypress).

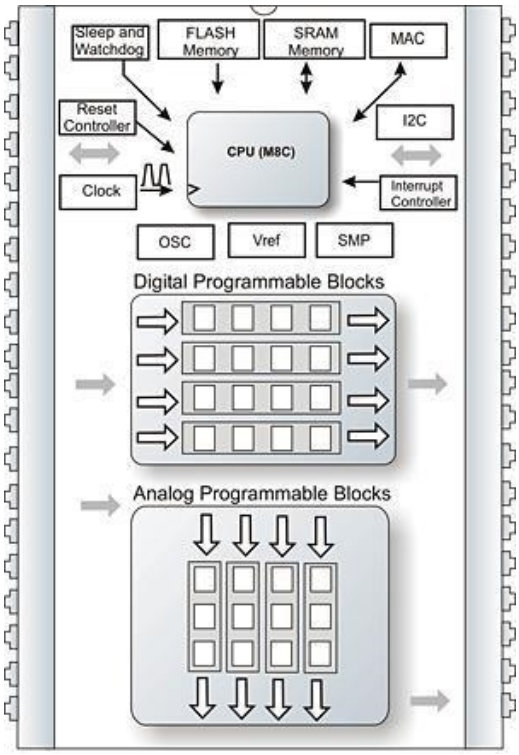


Figura 2.16.- Estructura de bloques del microcontrolador PSOC.

Es una tecnología innovadora, ya que el microprocesador internamente está dividido en bloques analógicos y digitales, lo cual lo hace muy versátil; permite escoger todo tipo de componentes electrónicos lo cual le confiere y gran nivel de integración mejorando considerablemente inmunidad al ruido electroestático (Cypress).

2.4.6 Microcontroladores PSOC 3 y 5

PSOC 3

Sistema embebido programable en chip con integración analógica configurable y funciones periféricas digitales, memoria y un microcontrolador en un solo chip.

Características principales

- Alta precisión analógica integrada resolución de 20 bits.

- De ultra bajo consumo de energía
- Lógica basada en PLD programable.
- Núcleo de hasta 67 MHz.

PSOC 5LP

Ofrece procesamiento en paralelo con una DFB de 24 bits (Digital Filter Block), 24 UDBs y un controlador DMA de alto rendimiento. PSoC 5LPs ayuda a reducir el costo de materiales mediante la integración de la AFE, la lógica digital y circuitos integrados de interfaz de usuario con una CPU ARM Cortex-M3 en un solo chip.

Características principales

- 32-bit ARM Cortex-M3 de la CPU, 32 entradas de interrupción.
- Acceso directo a la memoria de 24 canales (DMA).
- 24-bit de punto fijo procesador de filtro digital (DFB)
- Periféricos analógicos precisión.
- Hasta 62 CapSense, sensores con SmartSense autoajuste.
- Multiplexado AFE con Operacionales programables, 12-bit ADC SAR y 8-bit DAC
- Unidad LCD de 736 segmentos para las pantallas personalizadas

III. Metodología

3.1 Ubicación

El establecimiento de una colonia de mosquita blanca *Bemisi tabaci* se llevó acabo en un invernadero 8 m^2, localizado en el campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro, ubicado en el sector Suroeste del estado, entre los 20° 31' y 20° 58' de latitud Norte. Su longitud se encuentra entre los 100° 09' y los 100° 24' del Oeste a 1850 m sobre el nivel del mar.

Figura 3.1.- Área Experimental campus Amazcala.

3.2 Metodología general

La metodología general que se siguió es la que se muestra en la siguiente figura en la cual se muestra de manera general la sucesión de pasos que se siguió en la experimentación.

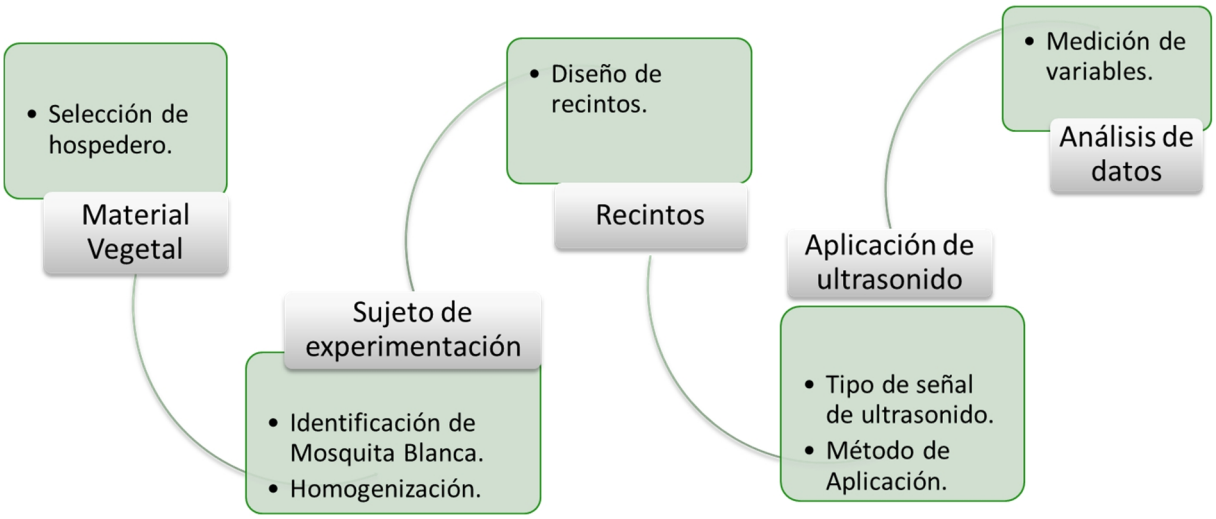


Figura 3.2.- Metodología general.

3.3 Material vegetal

Para el establecimiento de una población de mosquita blancas se utilizaron plantas de pepino (*Cucumis sativus*) debido al tipo de hojas que facilitan la recolección de *B. tabaci* y ser reportado como un buen hospedero para la mosquita blanca, para la experimentación con los diferentes tratamientos por las características de la hoja que facilita la identificación de las ovoposición y de los diferentes instares del insecto, se utilizaron plantas de 35 días de desarrollo de *Capsicum annuum*, las cueles se encontraban en macetas de pvc de 1 litro con

peatmos (70%) y vermiculita (30%) como sustrato el cual fue previamente desinfectado orgánicamente (EcoCitro 10 ^{MR}) .

3.4 Identificación de mosquita blanca

Se recolectaron especímenes de mosquita blanca identificados por su morfología, usando como referencia la posición alar, numero de quetas en el 4° estadio, distribución de ovoposición y forma la forma del huevecillo, llegado a la conclusión de *Bemsia tabaci*.

Figura 3.3.- características morfológicas utilizadas para identificación.

3.5 Homogenización de la muestra

De un cultivo de tomate ubicado en un invernadero comercial 5200 m^2, y de los diversos invernaderos del campus Amazcala se recolectaron entre 150 y 200 mosquitas blancas previamente identificados como *B. tabaci* y se introdujeron en un invernadero 12 m^2 con 12 plantas de pepino para establecer una población para la experimentación, una vez establecida la población corroborando mediante un muestro en las plantas el establecimiento de huevecillos y ninfas, se extrajeron 6 plantas de pepino a las que se les eliminaron todos los adultos de *B. tabaci*, para introducirlos en un segundo invernadero de 3m^2 para obtener una muestra experimental más homogénea.

3.6 Recintos

Se diseñaron recintos entomológicos tipo clip los cuales se colocaron en una hoja cubriéndola totalmente para delimitar el área de ovoposición.

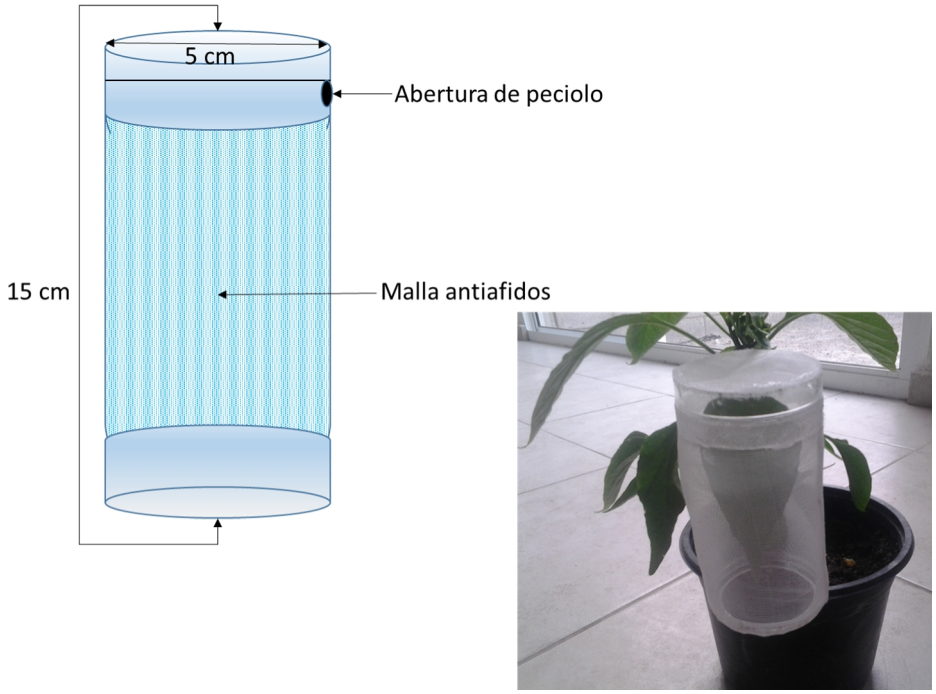


Figura 3.4 - Recintos entomológicos que se utilizaran para la experimentación.

3.7 Adecuación de cuarto de cultivo experimental

Las plantas hospederas con los recitos entomológicos tipo clip se establecieron dentro de una tienda para cultivo en interiores de $3m^2$, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 3.5.- Tienda de crecimiento para cultivo en interiores.

El cual se acondiciono de tal manera que se divido en dos partes iguales mismo que se acondicionaron sus paredes con paneles de absorbente acústico para altas frecuencias como se muestra en la figura 3.6

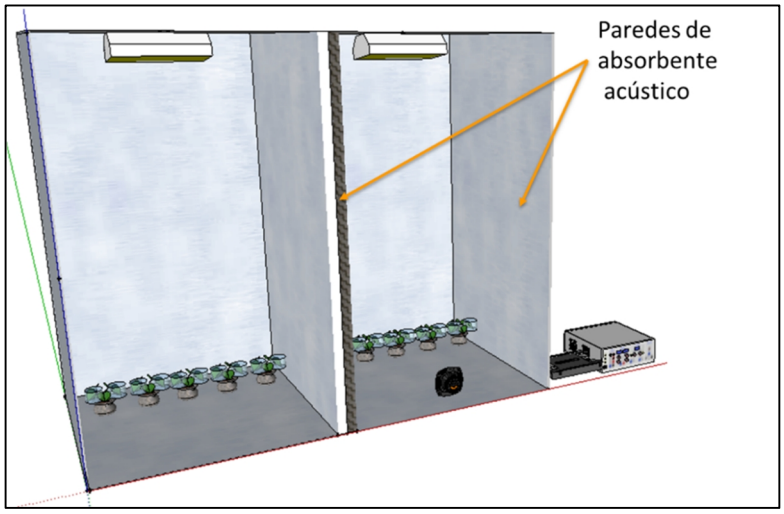


Figura 3.6.- Acondicionamiento del cuarto de cultivo con absorbente acústico.

3.8 Variables climáticas

Se registró la temperatura y la humedad relativa dentro del cuarto de cultivo mediante un datalogger Spectrum Watchdog 1000 serie b, registrando una temperatura promedio de 24.5 °C y 76.6 % HR.

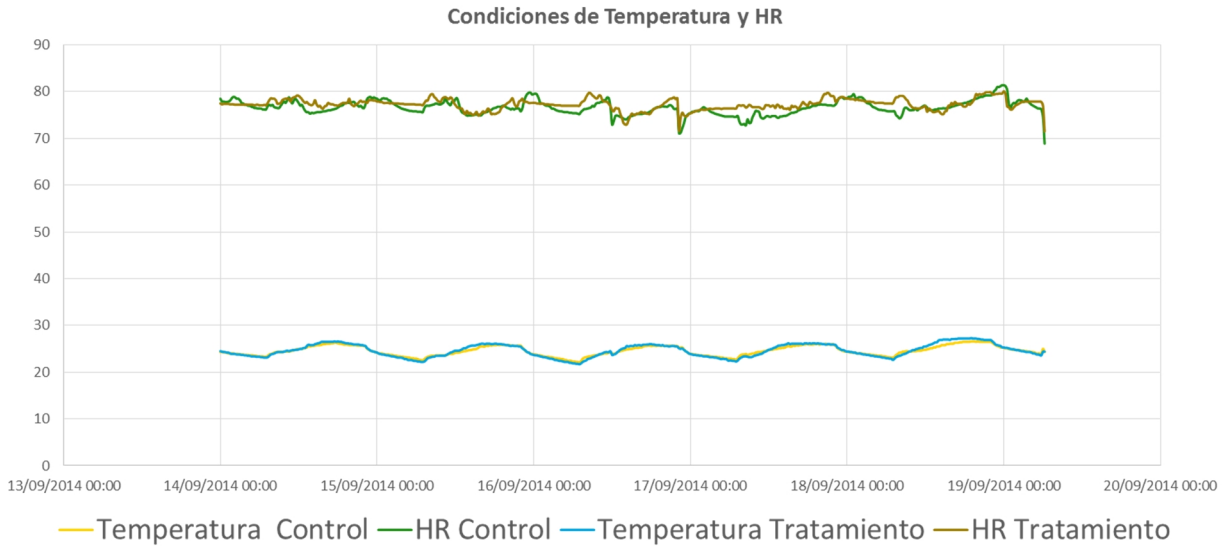


Figura 3.7.- Condiciones de temperatura del experimento.

3.9 Aplicación de la señal ultrasónica

Se aplicó el sonido ultrasónico con una señal sinodal con un barrido de frecuencias de 21-25 kHz y una presión acústica de 95 dB, mediante un transductor ultrasónico HARDEN modelo KTB-285C (3 kHz- 25 kHz) con una impedancia de 4 Ohms y una sensibilidad de 99 dB W/m y un amplificador acondicionado para altas frecuencias conectado a la salida del generador de funcione. La señal de sonido ultrasónico fue calibrada utilizando un osciloscopio digital Tecktronic TDS 2024C (200 MHz, 2GS/s) esto para determinar si se presentaba distorsión de la señal por saturación del amplificador.

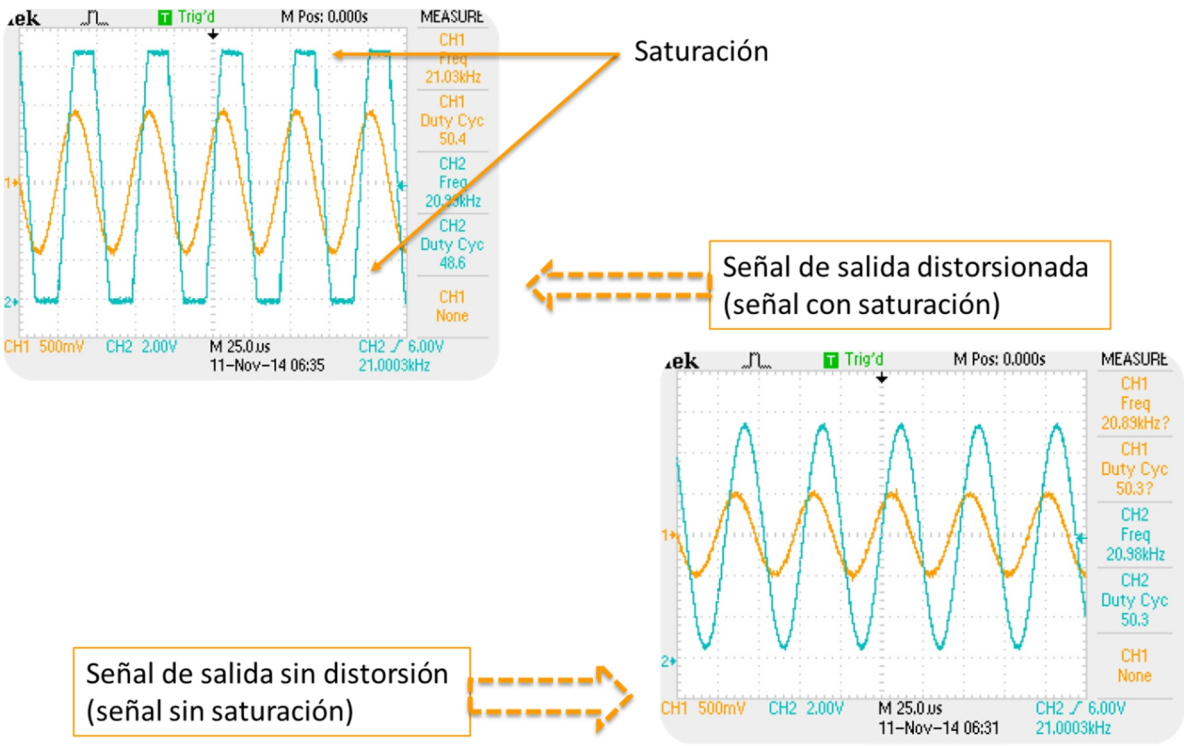


Figura 3.8.- Ejemplo de señal con distorsión por saturación y sin saturación.

3.10 Modelo experimental

Se probó como tratamiento un barrido de frecuencias de 21 kHz-25 kHz con 10 repeticiones y un tratamiento control al cual no se le aplico señal de ultrasonido con 10 repeticiones para evaluar la respuesta de la mosquita blanca *Bemisia tabaci* al ultrasonido, en cada Rencito entomológico tipo clip se introdujeron 20 mosquitas blancas, posterior al barrido de frecuencia se llevó una segunda experimentación para determinar qué frecuencia tenían un mayor efecto, las frecuencias utilizadas fueron de 21 kHz -25 kHz con incrementos de 1 kHz entre frecuencias y un control, durante dicha experimentación se utilizaron 9 repeticiones y en cada recinto entomológico se introdujeron 10 moscas blancas.

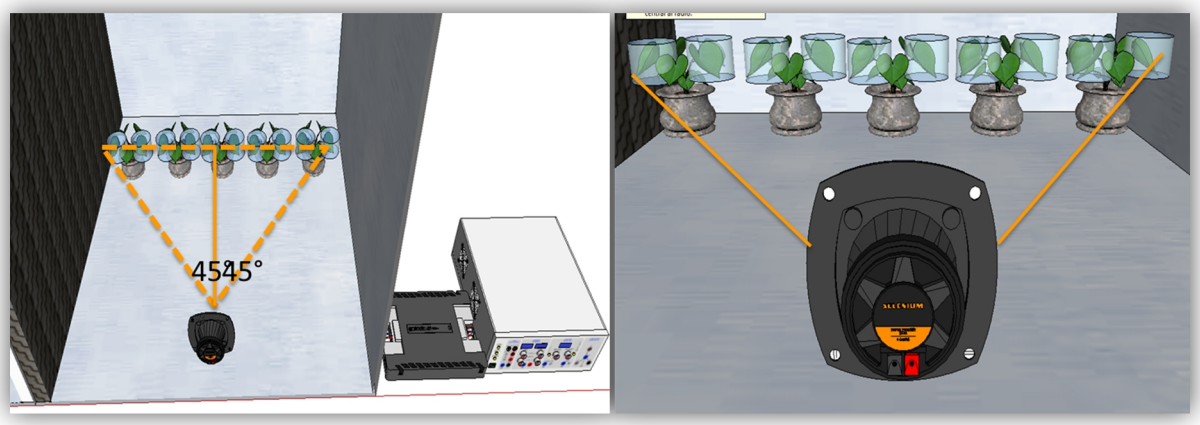


Figura 3.9 - Orientación y posición de la planta y la fuente electroacústica para la experimentación

3.11 Medición de las variables de respuesta

Se cuantificó el efecto de las señales electroacústicas en las frecuencias de 21 kHz-25 kHz, mediante el número de huevos ovopositados 48 h después de haberse confinado los 20 adultos de *B. tabaci*, como se indica previamente, posterior las 48 h se extrajeron las mosquitas blancas y se contabilizo el número de individuos muertos, partir de ese momento se midió el tiempo que tardaron cada uno de los recintos en alcanzar el 90% de eclosión de los huevecillos, en la segunda experimentación se contabilizaron las ovoposiciones y mortalidad 24 h después de haberlos introducidos en los recintos, los datos se analizaron mediante la prueba U de Mann-Whitney para datos no paramétricos con un nivel de significancia de 0.05.

IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Ovoposición

A las 48 h de haber introducido los individuos de *B. tabaci* en los recitos entomológicos se observó diferencia significativa en el número de ovoposiciones en las hojas a las que se les aplico el tratamiento ultrasónico con respecto al control, presentando el control una mayor cantidad de ovoposiciones con una media 50.8 % superior a la del tratamiento ultrasónico, resultados similares a los obtenidos en el uso de ultrasonido en el control de otras plagas agrícolas tal es el caso de *Plodia interpuncella* en la cual se le aplico señales ultrasónicas mediante un dispositivo comercial con frecuencias pico de 21, 25 y 35 kHz en dicho experimento se redujo el número de larvas en un 52.2% (Huang, 2003). Así mismo el barrido de frecuencias utilizados concuerda con resultados Payne y Shorey (1968) los cuales reportan una disminución de la ovoposición de *Trichoplusiani* en 40%, 23% y 30% para las frecuencias de 20, 30 y 40 kHz respectivamente teniendo como resultados que las frecuencias de 20-30 kHz son más efectivas en cuanto a la reducción de la ovoposición.

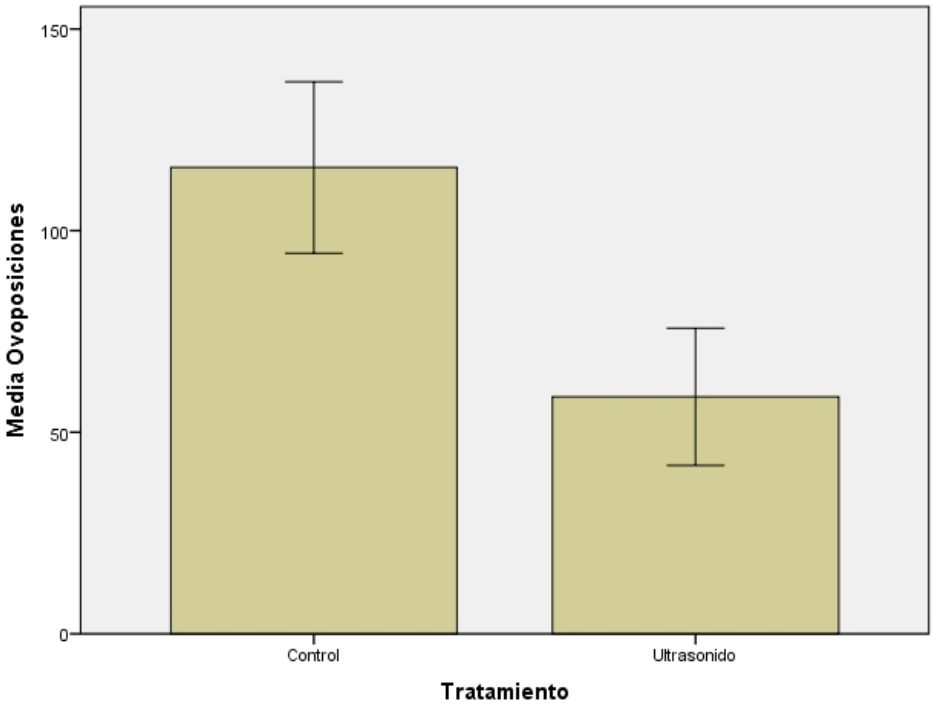


Figura 4.1.- Grafica de la media de ovoposición de los tratamientos.

Cuadro 4.1.- Datos estadísticos de ovoposición con 95% de confianza, utilizando prueba Mann-Whitney.

		estadisticos de Grupo				Prueba de Mann-Whitney				
	Tratamiento	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	Rango promedio	Suma de rangos	u	z	sig
ovoposiciones	Ultrasonido	9	58.7778	22.16291	7.38764	5.17	46.50	1.5	-3.446	0.001
	Control	9	115.6667	27.68122	9.22707	13.83	124.50			

4.2 Distribución de los datos de ovoposición

Con respecto a la gráfica 4.2 del ultrasonido, el primer cuartil, de la caja es mayor que el tercer cuartil; eso quiere decir que el número de ovoposiciones comprendidas entre el 25% y el 50% de la población tuvo una menor dispersión que entre el 50% y el 75% , además de que el segundo cuartil nos dice el lugar central en el conjunto de datos, teniendo esto en consideración los datos indican que en el caso del tratamiento ultrasónico se presentó una tendencia a un bajo número de ovoposiciones, caso contrario en la gráfica que representa al control en la cual indica una tendencia al tener una mayor ovoposición.

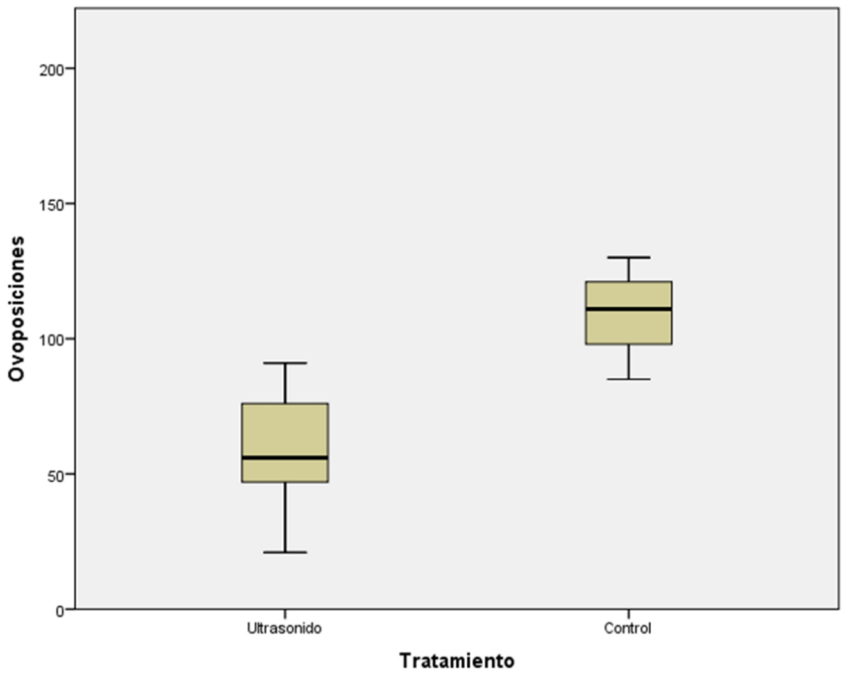


Figura 4.2.- Grafica de caja y bigotes de los datos de ovoposicion.

4.3 Tiempo de eclosión

El tiempo de eclosión para el tratamiento ultrasónico no se vio afectado por un posible efecto de cavitación aumento de temperatura producido por el ultrasonido no se encontró diferencias significativas en el tiempo de eclosión de las ovoposiciones, sin embargo a pesar de que no se encontraron diferencia significativa el tratamiento ultrasónico presento un ligero retraso en la eclosión de los huevecillos puesto que a las 90 horas después de haber obtenido las mediciones de ovoposición para cada una de los tratamientos, el 55.5% de las muestras del tratamiento control habían alcanzado el 90% de eclosión mientras que en el ultrasonido solo el 44.4%, diferencia puede estar relacionada con retrasos en la ovoposición al momento de llegar al nuevo hospederos tratado con ultrasonido debido a que el tiempo de eclosión de los huevecillos está determinada por las horas calor acumuladas.

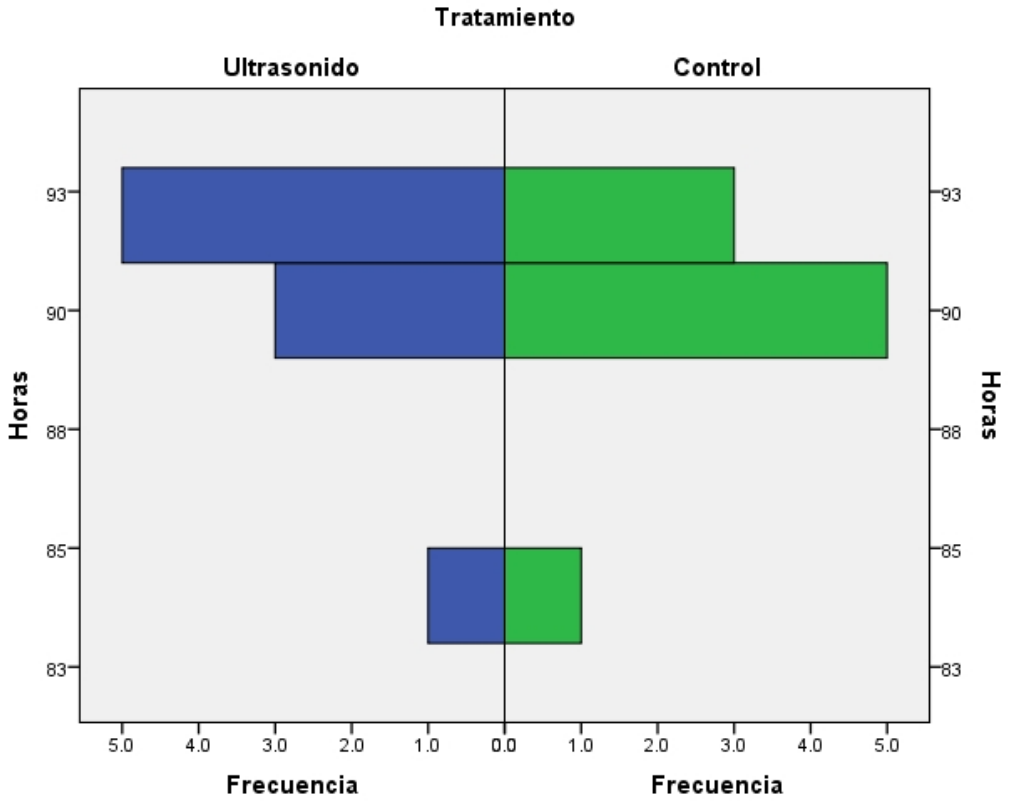


Figura. 4.3.- Tiempo de eclosión.

Cuadro 4.2.- Datos estadísticos de eclosión con 95% de confianza, utilizando prueba Mann-Whitney.

		estadisticos de Grupo				Prueba de Mann-Whitney				
	Tratamiento	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	Rango promedio	Suma de rangos	u	z	sig
Eclosión	Ultrasonido	9	90.4400	2.60300	0.86800	10.39	93.50	32.5	-0.777	0.437
	Control	9	90.0000	2.44900	0.81600	8.61	77.50			

4.4 Mortalidad

En el índice de mortalidad se encontró diferencia significativa en comparación con el control en lo que respecta a la alta incidencia de mortalidad. En el caso del tratamiento ultrasónico con un 40% de incidencia de mortalidad esto puede ser debido a alteraciones en el comportamiento de la alimentación causado por el ultrasonido como se reportado en experimentos con *Plodia interpunctella* al aplicar sonidos ultrasónicos con frecuencias 21 kHz y 25 kHz (Huang et al., 2003) dando como resultado la limitación de la supervivencia al llegar al nuevo hospedero.

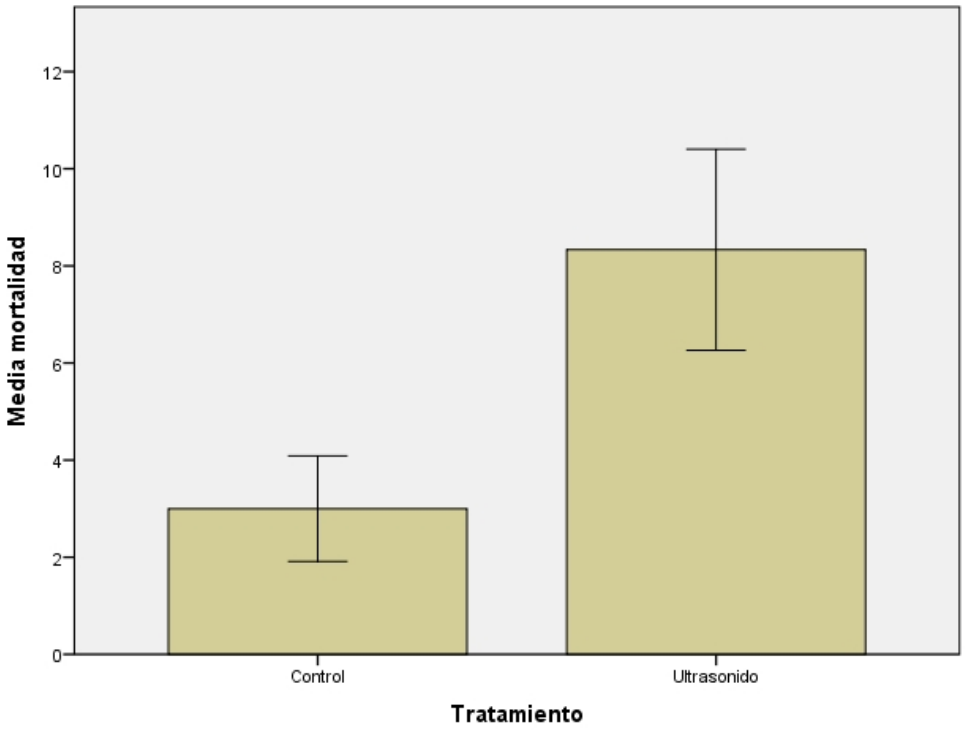


Figura 4.4.- Gráfica de mortalidad.

Cuadro 4.3.- Datos estadísticos de mortalidad con 95% de confianza, utilizando prueba Mann-Whitney.

		estadisticos de Grupo				Prueba de Mann-Whitney				
	Tratamiento	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	Rango promedio	Suma de rangos	u	z	sig
Mortalidad	Ultrasonido	9	8.3000	2.69300	0.89800	13.72	123.50	2.5	-3.373	0.001
	Control	9	3.0000	1.41400	0.47100	5.28	47.50			

4.5 Uso de Frecuencias fijas

Al analizar frecuencias fijas en el intervalo de 21 kHz – 25 kHz con incrementos de 1 kHz contra un control se observó diferencias significativas en las frecuencias de 21 kHz, 23 kHz y 25 kHz mostrando como resultado una mayor reducción de la ovoposición en la frecuencia de 21 kHz, en el caso de las frecuencias de 22 kHz y 24 kHz no se observó diferencia significativa con el control (apéndice A).

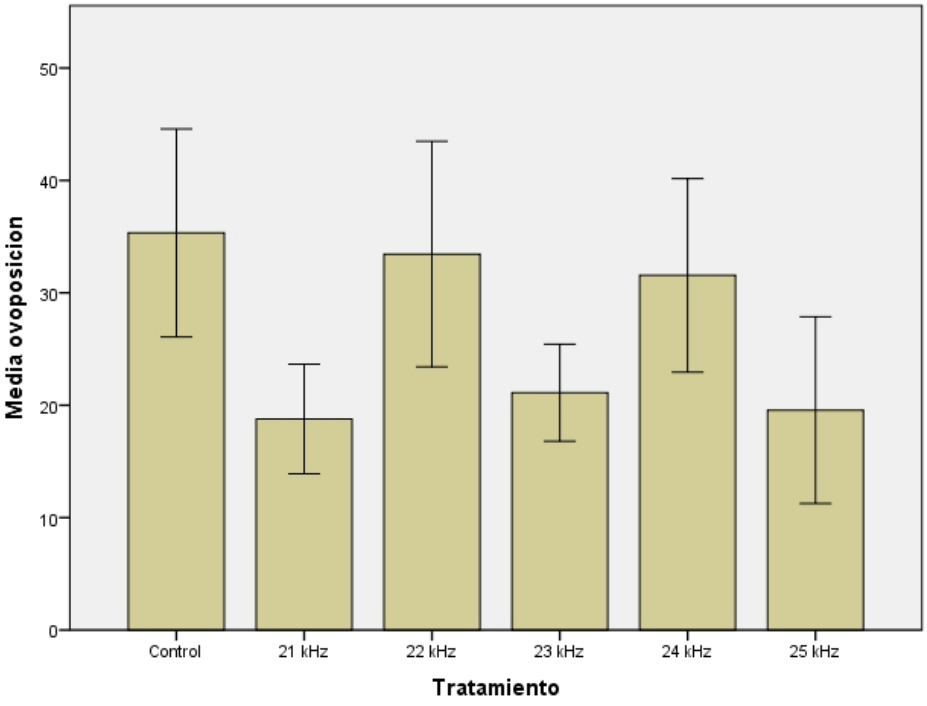


Figura 4.5.- Gráfica de ovoposición con frecuencia fijas.

En el caso de la mortalidad se observó que las frecuencias de 21 kHz, 24 kHz , 25 kHz presentaron una diferencia significativa en el número de individuos muertos con un 21, 20 y 24% de mortalidad respectivamente, en cuanto a la discrepancia de que se puede observar en la frecuencia de 24 kHz que no presento diferencia significativas en cuanto ovoposición sin embargo si en mortalidad puede ser producto de un estímulo producido por un armónico de la frecuencia 245 ± 25 Hz observado durante la reproducción (Kanmiya, 1996) propiciando la reproducción pero disminuyendo la alimentación y su supervivencia.

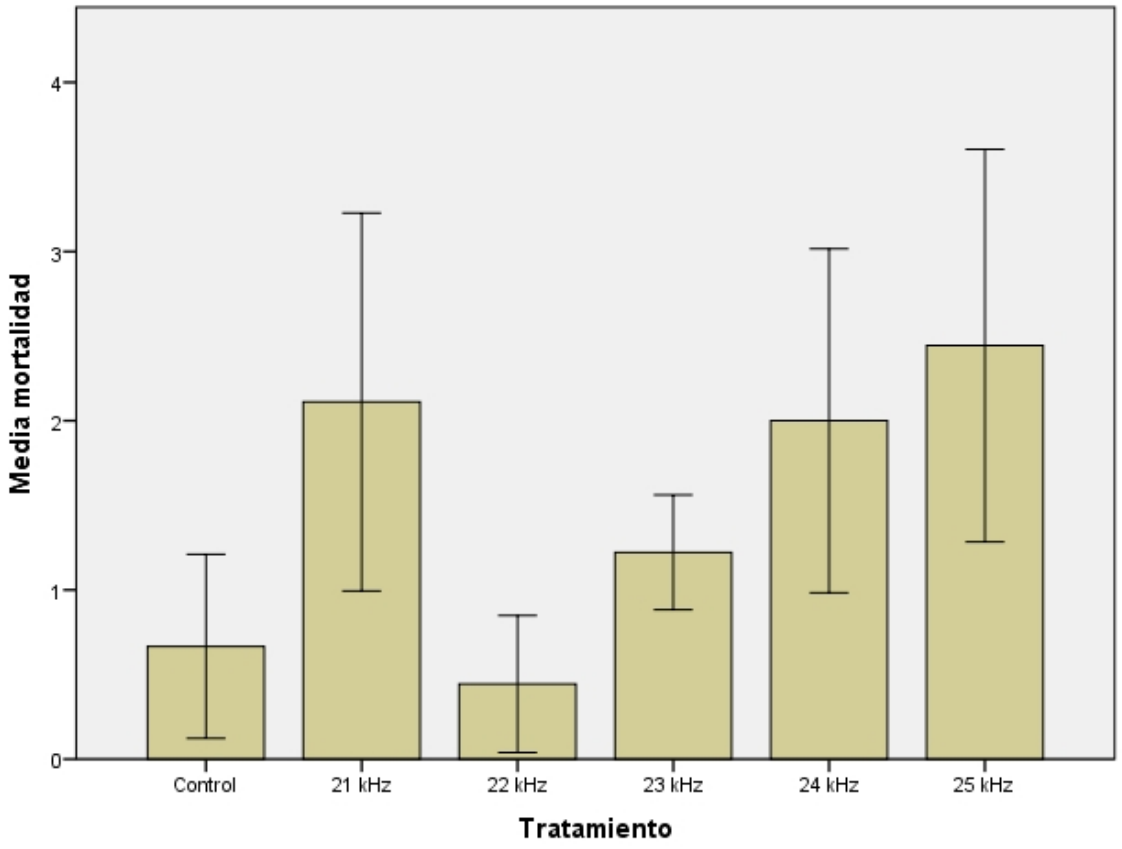


Figura 4.6 Gráfica de mortalidad con frecuencias fijas.

CONCLUSIÓN

Con una reducción significativa de la ovoposición en comparación con el control los datos obtenidos durante la experimentación sugieren que la aplicación de frecuencias ultrasónicas en la mosquita blanca, puede ser una herramienta complementaria en los métodos de control afectando el porcentaje de ovoposición de la mosquita blanca y aumentando la tasa de mortalidad significativamente.

LITERATURA CITADA.

A. Aladjadjiyan.2011. Ultrasonic stimulation of the development of lentils and wheat seedlings Rom. J. Biophys 21 (3): 179-187.

Acharya, L., McNeil, J.N., 1998. Predation risk and mating behavior: the responses of moths to bat-like ultrasound. Behavioral Ecology. 9:552–558.

Acharya, L., Mcneil, J.N., 1998. Predation risk and mating behavior: the responses of moths to bat-like ultrasound. Behavioral Ecology. 9: 552–558.

Aguilar-Medel S., Rodriguéz-Maciel, J.C., Santillán-Ortega C., Lagunes-Tejeda A., Díaz-Gómez O., Martínez-Carrillo J.L. 2007. Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones de Bemicia tabaci (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotipo B colectadas en Baja California y Sinaloa México. Interciencia. 32: 266-269.

Alavanja, M.C., Hoppin, J.A., Kamel F. 2004. Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. Annu Rev Public Health. 25:155-197.

Angulo Usategui J. M., Angulo Martínez I. 2003. Microcontroladores PIC diseño practico de aplicaciones primera parte (3ª ed.), McGraw-Hill, España p.7.

Azadniv, M., Brayman, A.A., Cox, C., Miller, M.W. 1996. Hemolysis of albunex-supplemented, 40% hematocrit human erythrocytes in vitro by 1-MHz pulsed ultrasound: Acoustic pressure and pulse length dependence. Ultrasound in Medicine and Biology. 22:927-938.

Bellows, T.S.JR., Byrne, D.N., Parrella, M.P. 1990. Whiteflies in Agricultural Systems. In: Gerling, D. Whiteflies their Bionomics, Pest Status and Management. Intercept Ltd. Great Britain. 227-261.

Bennet-Clark, H. C. 1971. Acoustics of insect song. Nature. 234: 255 –259.

Brown, J.K., Bird, J. 1992. Whitefly-transmitted geminiviruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean Basin. Plant Disease. 76(3):220-225.

Buxton, J. 2005. Control of whiteflies on protected ornamental crops. Factsheet 14/05. Horticultural Development Council in coop. with DEFRA. Bradbourne House. UK.

Carapia, R.V.E., Castillo, G.A. 2013. Estudio comparativo sobre la morfología de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) y Bemisia tabaci (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). Acta Zoológica Mexicana. 29(1): 178-193.

Chan, A.K., Sigelman, R.A., Guy, A.W. 1974. Acoustic communication in moths. Journal of Experimental Biology 202, 1711–1723.

Coghlan, A. 2004. Good vibrations give plants excitations. New Scientist. 28 May: 10.

Collings, M. E. 2001. The Effect of Sound on the Growth of Plants. Journal of the Acoustucal Association. 29(2):3-8.

Conner, W.E. 1999. Acoustic communication in moths. Journal of Experimental Biology. 202:1711–1723.

Cortez, M. E. 2008. Estrategias para un manejo integrado de mosca blanca y geminivirus en tomate. Resultados de proyecto. Fundación Produce Sinaloa, A.C. Culiacán, Sinaloa, México. 16-17.

Cypress. http://www.cypress.com/ . Página web visitada el 21/2/2014.

Dayan, F.E., Cantrell, C.L., Duke, S.O. 2009. Natural products in crop protection. Bioorganic & Medicinal Chemistry. 17(12):4022-4034.

Desch, E.H., Sproule, D.A., Dawson, W.J. 1946. The detection of cracks in steel by means of supersonic waves. J.Steel Inst. 153: 319.

Duffus, J.E. 1987. Whitefly transmisión of plant viruses. In: Current Topics in Vector Research. Harris K.F. Springer-Verlag. New York. 73-91.

Elbert, A.; Nauen, R. 2000. Resistance of *Benisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides in southern Spain whit special reference to neonicolinoids. Pest Management Science. 56(1): 60-64.

EPPO. 1992. Data sheets on quarantine pests –*Bemisia tabaci*. In: Quarantine Pests for Europe. University Press. Cambridge. 71

Firestone, F.A. 1945. The supersonic reflectoscope for internal inspection. Met. Prog. 48: 505-512.

Fullard, J.H., 1998. The sensory coevolution of moths and bats. In: Hoy. R.E., Popper, A.N., Fay, R.R. (Eds.), Comparative Hearing: Insects. Springer, New York, pp. 279–326.

Fullard, J.H., 1998. The sensory coevolution of moths and bats. In: Hoy, R.E., Popper, A.N., Fay, R.R. (Eds.), Comparative Hearing: Insects. Springer, New York, pp. 279–326.

Fullard, J.H., Barclay, R.M.R. 1980. Audition in spring species of arcti id moths as a possible response to differential levels of insectivorous bat predation. Canadian Journal of Zoology 10:1745–1750.

Fullard, J.H., Barclay, R.M.R. 1980. Audition in spring species of arctiid moths as a possible response to differential levels of insectivorous bat predation. Canadian Journal of Zoology 10, 1745–1750.layers. IEEE Trans. Biomed. Eng., 21: 280-284.

García-Perez .L.V. 2013. Desarrollo de un dispositivo basado en sonido ultrasónico que afecta el comportamiento de la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*).Tesis Universidad Autónoma de Querétaro.

Hoddle, M. 1999. The Biology and Management of Silverleaf Whitefly,Bemisia argentifolii Bellows and Perring (Homoptera: Aleyrodidae) on Greenhouse Grown Ornamentals. http://www.biocontrol.ucr.edu/bemisia.html

SIAP.http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350

Huang F., Subramanya B., Taylor R. 2003. Ultrasound affects spermatophore transfer, ninfalnumbers, andninfal weight of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Stored Products Research. 39: 413-422.

Huang F., Subramanya B., Taylor R. 2003. Ultrasound affects spermatophore transfer, ninfal numbers, and ninfal weight of Plodia interpunctella (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Stored Products Research. 39: 413-422.

IMTA. 2009. Tecnología de ultrasonido para mejorar medición del agua en la agricultura de riego. Gaceta del IMTA Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. .Número 29, septiembre de 2009.

Jones, D. R. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies**.** Europe Journal of Plant Pathology, 109:195–219.

Kanmiya, K. 1996b. Discovery of male acoustic sounds in whitefly genera, Bemisia, Trialeurodes and Pealius (Homoptera:Aleyrodidae). Proc. XX Intern. Congr. Entomol. 1996: 475

Kalmring, K., Sickmann, T., Jatho, M., Zhantiev, R., and Grossbach, M. 1997. The auditory-vibratory sensory system of *Polysarcus denticauda* (Phaneropterinae, Tettigoniidae). III. Physiology of the ventral cord neurons ascending to the head ganglia**,** Journal of Experimental Zoology. 278:9–38.

Kavanach, M. W. 1987. The efficiency of sound production in two cricket species, Journal of Experimental Biology. 130: 107 –119.

Khuder, Sa, Schaub, Ea, Keller-Byrne, Je. 1998. Meta-Analyses of Non- Hodgkin's lymphoma and farming. Scand J Work Environ Health. 24(4):255-261.

Lehmann, J.F. Guy, A.W. 1972. Ultrasound therapy. In: Reid, J.M. & Sikov, M.R., Ed. Interaction of ultrasound and biological tissues, Washington, DC, US DHEW, pp. 141-152. (HEW Publ. (FDA) 73-8008).

Leighton, J. R. B. 1987. Cost of tokking: the energetics of substrate communication in the tok–tok beetle, *Psammodes striatus*, Journal of Comparative Physiology B. 157: 11–20.

Lond B. 1998. Size and scale effects as constraints in insect sound communication. phil. trans. R. Soc.1471-2970.

Lond B.1998. Size and scale effects as contrainsts in insect sound communication. phil. trans. R. Soc. 1471-2970.

López L.G.P. 2009. La inspección y evaluación no destructiva por el método de ultrasonido, en materiales y componentes, para el mantenimiento, la seguridad y la sustentabilidad de la infraestructura industrial. Tesis. Instituto Politécnico Nacional.

Ma, D., Gorman, K., Devine, G., Luo, W. Denholm, I. 2007. The biotype and insecticide resistance status of whitelies, Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae), invading

cropping systems in Xinjiang Uygur Autonomous Region, northwestern China. Crop Protection, 26: 612-617.

Malais, M.H., Ravensberg, W.J. 2003. Knowing and Recognizing –The biology of glasshouse pest and their natural enemies. In Koppert B.V and Reed Business Information. Netherlands p. 57-82.

Mañas F., Peralta L., Raviolo J., García H., Weyers A, Ugnia L. 2009. Genotoxicity and oxidative stress of glyphosate: *in vivo* and in *vitro* testing. Environ Toxicol Pharmacol. 28(1):37-41.

Mario G.A., Mariano M. V. 2008. Manual para la producción de tomate en invernaderos en suelo en el estado de Nuevo León. SAGARPA.

Mason, T.J., Peters, D. 2004. In *Practical Sonochemistry: Power Ultrasound Uses and Applications* 2nd ed.; Harwood Publishing: Chichester, p. 1-21.

Mason, W.P. 1976. Sonics and ultrasonics: early history and applications. In: Ultrasonics Symposium Proceedings, pp. 610-617.

Miller, D.L., Song, J. 2003. Tumor growth reduction and DNA transfer by cavitation-enhanced high-intensity focused ultrasound in vivo. Ultrasound in Medicine and Biology. 29:887-893.

Monira M., Rageh, Ali El-Lakkani, Mohamed H. M., Ali, Ahlam M. M., Abd El-Fattah, A., El-Ghreeb Raafat. 1992. Effect of high power ultrasound on aqueous solution of DNA. International Journal of Physical Sciences. 4(2):063-068.

Morales, F.J. 1994. Mosaico Dorado del Fríjol Avances de Investigación 1994. Palmira, Valle del Cauca, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 193.

Morales, F.J. 2007. Tropical Whitefly IPM Project. *Advances in Virus Research*. 69: 249-311.

Mound L.A., Halsey S.H. 1978 - Whitefly of the World. A systematic catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemy data. 340 pp.

Mullen, M.A., Tsao, C.H. 1971. Tympanic organ of Indian meal moth, *Plodia* interpunctella (H.ubner), almond moth, Cadracautella (Walker) and tobacco moth, Ephestiaelutella (H.ubner) (Lepidoptera: Pyralidae). International Journal of Insect Morphology and Embryology. 1:3–10.

Mullen, M.A., Tsao, C.H. 1971. Tympanic organ of Indian meal moth, Plodia interpunctella (H.ubner), almond moth, Cadracautella (Walker) and tobacco moth, Ephestiaelutella (H.ubner) (Lepidoptera: Pyralidae) of therapeutic heat generated by ultrasound in fat-muscle-bone. International Journal of Insect Morphology and Embryology 1, 3–10.

Noldus, L.P.J.J., Van Lenteren, J.C. 1990. Whitefly-Plant relationships: Behavioral and Ecological Aspects, In: Gerling, D (ed.), Whiteflies their Bionomics, Pest Status and Management., Intercept Ltd, Great Britain. 47-89.

Oliveira, M.R.V., Henneberry, T.J., Anderson, P. 2001. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. Crop Protection. 20(9):709-723.

Osuna, E. 1995. Morfología del exoesqueleto del insecto, universidad central de Venezuela, Consejo de desarrollo Científico y Humanístico.

Palacios E., Remiro F., López L. J. 2004. Microcontrolador PIC16F84 Desarrollo de proyectos. Alfaomega. México. p. 49.

Palumbo, J., Horowitz, A., Prabahaker, N. 2001. Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. Crop Proteccion. 20(9):739-765.

Paz H., Rodríguez M., González D., Galarza C., Torrado E. 2008. Control de *Copitarsia decolora* en cultivos de flores mediante la emisión de frecuencias. Revista de Ingeniería. 27:17-26.

Perring, T.M., Farrar, C.A., Bellows, T.S., Cooper, A.D., Rodriguez, R.J. 1993. Evidence for a new especies of whithefly: URC finding and implications. California Agriculture 47:7.

Pézier, A., Blagburn, J.M. 2013. Structure Drosophila Johnston's Organ (JO). Figure_1.tif. PLOS ONE.10.1371/journal.pone.0071419.g001.

Pilli, S., Bhunia, P., Yan, S., Leblanc, R.J., Tyagi, R.D. Surampalli. R.Y. 2009. Ultrasonic pretreatment of sludge: A review. Ultrasonics Sonochemistry. 18:1–18.

Pilli, S., P. Bhunia, S., Yan, R.J., LeBlanc, R.D., Tyagi, R.Y., Surampalli. 2011. Ultrasonic pretreatment of sludge: A review. Ultrasonics Sonochemistry. 18:1–18.

Pumphrey, R. J. 1940. Hearing in insects, Biological Reviews 15:107–132.

Roeder, K. 1965. Moths and ultrasound, Scientific American 232: 94 –102.

Ruíz T. A. 2004. Modelado y evaluación en régimen transitorio de respuestas piezoeléctricas y electrónicas en sistemas de visualización ultrasónica. Universidad Complutense de Madrid.

Sarvazyan, A.P., Belousov, L.V., Petropavlovskaya, M.N., & Ostroumova, T.V. 1980. The interaction of low intensity ultrasound with developing embryos. In: Ultrasound

Interaction in Biology and Medicine. International Symposium, Nov. 10-14, Castle-Reinhardsbrunn GDR. 18.

Sharma, V.P., Kumar, N.R. 2010. Changes in honeybee behaviour and biology under the influence of cellphone radiations. Current Science. 98(10):1376–1378.

Siap-sagarpa, producción agrícola Ciclo: 2011.

Smith, W. J. 1979. The study of ultrasonic communication, American Zoologist 19: 531 – 538.

Spangler, H.G. 1988. Moth hearing, defense, and communication. Annual Review of Entomology. 33: 59–81.

Spangler, H.G., 1988. Moth hearing, defense, and communication. Annual Review of Entomology. 33:59–81.

Sueur, J. and Aubin, T. 2004. Acoustic signals in cicada courtship behaviour (order Hemiptera, genus Tibicina), Journal of Zoology London. 262: 217 –224.

Suhr, D., Brümmer F., Hülser D.F, 1991. Cavitation-generated free radicals during shock wave exposure: Investigations with cell-free solutions and suspended cells. Ultrasound in medicine and biology. 17:761-768.

Van Maele-Fabry G, Willems Jl. 2003. Occupation related pesticide exposure and cancer of the prostate: a meta-analysis. Occup Environ Med. 60:634-642.

Van Maele-Fabry, G., Willems J. 2004. Prostate cancer among pesticide appli- cators: a meta-analysis. Int Arch Occup Environ Health. 77(8):559-570.

Virant-Doberlet, M., Cokl. A. 2004. Vibrational Communication in Insects. Dept. Entomology, National Institute of Biology, Neotropical Entomology 33(2):121.

Virant-Doberlet, M., Cokl. A. 2004. Vibrational Communication in Insects. Dept. Entomology, National Institute of Biology, Neotropical Entomology. 33(2):121.

Wien, D.D., Harder, D. 1982. Characteristics of the pulsed ultrasound field. Br. J. Cancer, 45:59-63.

Yost, W. A. and Nielsen, D. W. 1985. Fundamentals of Hearing: An Introduction, 2nd ed., Holt, Rinehart and Winston, New York.

Zemanek, J. 1971. Beam behaviour within the near field of vibrating piston. J. Acoust. Soc. Am. 49(1):181-191.

APÉNDICE

Datos experimentales

Cuadro A.1.-Datos estadísticos de control y frecuencia de 21 kHz con 95% de confianza, utilizando prueba Mann-Whitney.

		Estadisticos de grupo				Prueba de Mann-Whitney				
Datos	Tratamiento	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	Rango promedio	Suma de rangos	u	z	sig
ovoposiciones	Control	9	35.3300	12.42000	4.01400	13.33	120.00	6	-3.048	0.002
	Ultrasonido 21 kHZ	9	18.7800	6.34000	2.11300	5.67	51.00			
Mortalidad	Control	9	0.6700	0.70700	0.23600	6.61	59.50	14.5	-2.378	0.017
	Ultrasonido 21 kHZ	9	2.1100	1.45300	0.48400	12.39	111.50			

Cuadro A.2.-Datos estadísticos de control y frecuencia de 22 Hz con 95% de confianza, utilizando prueba Mann-Whitney.

		Estadisticos de grupo				Prueba de Mann-Whitney				
Datos	Tratamiento	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	Rango promedio	Suma de rangos	u	z	sig
ovoposiciones	Control	9	35.3300	12.42000	4.01400	9.22	83.00	38	-0.221	0.825
	Ultrasonido 22 kHZ	9	33.4400	13.04900	4.35000	9.78	88.00			
Mortalidad	Control	9	0.6700	0.70700	0.23600	10.22	92.00	34	-0.646	0.518
	Ultrasonido 22 kHZ	9	0.4400	0.52700	0.17600	8.78	79.00			

Cuadro A.3.-Datos estadísticos de control y frecuencia de 23 kHz con 95% de confianza, utilizando prueba Mann-Whitney.

		Estadisticos de grupo				Prueba de Mann-Whitney				
Datos	Tratamiento	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	Rango promedio	Suma de rangos	u	z	sig
ovoposiciones	Control	9	35.3300	12.42000	4.01400	12.94	116.50	9.5	-2.74	0.006
	Ultrasonido 23 kHZ	9	21.1100	5.62200	1.87400	6.06	54.50			
Mortalidad	Control	9	0.6700	0.70700	0.23600	7.44	67.00	22	-1.876	0.061
	Ultrasonido 23 kHZ	9	1.2200	0.44100	0.14700	11.56	104.00			

Cuadro A.4.-Datos estadísticos de control y frecuencia de 24 kHz con 95% de confianza, utilizando prueba Mann-Whitney.

		Estadisticos de grupo				Prueba de Mann-Whitney				
Datos	Tratamiento	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	Rango promedio	Suma de rangos	u	z	sig
ovoposiciones	Control	9	35.3300	12.42000	4.01400	10.39	93.50	32.5	-0.707	0.48
	Ultrasonido 24 kHZ	9	31.5600	11.20400	2.11300	8.61	77.50			
Mortalidad	Control	9	0.6700	0.70700	0.23600	6.83	61.50	16.5	-2.214	0.027
	Ultrasonido 24 kHZ	9	2.0000	1.32300	0.44100	12.17	109.50			

Cuadro A.5.-Datos estadísticos de control y frecuencia de 25 kHz con 95% de confianza, utilizando prueba Mann-Whitney.

		Estadisticos de grupo				Prueba de Mann-Whitney				
Datos	Tratamiento	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	Rango promedio	Suma de rangos	u	z	sig
ovoposiciones	Control	9	35.3300	12.42000	4.01400	12.56	113.00	13	-2.428	0.015
	Ultrasonido 25 kHZ	9	19.5600	10.80600	3.60200	6.44	58.00			
Mortalidad	Control	9	0.6700	0.70700	0.23600	6.50	58.50	13.5	-2.463	0.014
	Ultrasonido 25 kHZ	9	2.4400	1.50900	0.50300	12.50	112.50			

Cuadro A.6.-Datos de control duración 48 h.

Control 48 h								
No de Repetición.	Vivos	Muertos	Ovoposiciones 48 h	No. Huevos Maduros 48 h	No. De Ninfas 72 h después	No. De Ninfas 84 h después	No. De Ninfas 90 h después	No. De Ninfas 92 h después
1	18	2	114	65	33	75	93	101
2	19	1	180	99	34	120	145	172
4	15	5	106	77	41	72	97	97
5	17	3	130	81	56	96	119	128
6	18	2	96	72	61	71	85	92
7	17	3	85	70	58	73	78	78
8	15	5	98	83	53	89	96	98
9	18	2	111	78	33	76	111	111
10	16	4	121	95	47	93	115	121

Cuadro A.7.-Datos de Barrido de frecuencias 21 kHz – 25 kHz.

Barrido de frecuencias 21k-25k Hz								
No de Repetición.	Vivos	Muertos	Ovoposiciones 48h	No. Huevos Maduros 48h	No. de Ninfas 72 h después	No. De Ninfas 84 h después	No. De Ninfas 90 h después	No. De Ninfas 92 h después
2	14	6	85	49	38	75	77	81
3	12	8	91	45	33	58	71	89
4	12	8	76	51	37	57	74	68
5	9	11	21	12	12	19	21	21
6	8	12	55	32	15	33	49	52
7	9	11	56	23	22	47	52	52
8	14	6	47	23	8	24	40	44
9	11	9	41	22	13	24	34	35
10	16	4	57	33	15	33	43	52

Cuadro A.8.-Numero de ovoposiciones con frecuencias fijas.

No. deRepetición	Control	21 kHz	22 kHz	23 kHz	24 kHz	25 kHz
1	34	17	15	24	25	12
2	42	13	8	17	32	7
3	59	27	40	17	22	8
4	29	14	33	30	31	18
5	23	26	39	27	41	15
6	28	21	45	18	18	38
7	24	17	37	26	21	33
8	31	25	44	15	45	28
9	48	9	40	16	49	19

Cuadro A.9.-Datos de mortalidad con frecuencias fijas.

No. de Repetición	Control	21 kHz	22 kHz	23 kHz	24 kHz	25 kHz
1	2	2	1	1	3	4
2	1	3	1	1	0	4
3	0	2	0	1	1	3
4	1	1	1	1	2	4
5	1	1	0	2	1	3
6	0	0	0	1	4	2
7	1	3	0	1	3	0
8	0	2	1	2	3	1
9	0	5	0	1	1	1

Apéndice

Patentes y Modelos de utilidad

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL
Dirección Divisional de Patentes
OFICINA REGIONAL DEL BAJIO

Solicitud
Expediente: MX/u/2014/000559
Fecha: 7/NOV/2014 Hora: 15:08:07
Folio: MX/E/2014/080452 74729

MX/E/2014/080452

- [ ] Solicitud de Patente
- [X] Solicitud de Registro de Modelo de Utilidad
- [ ] Solicitud de Registro de Diseño Industrial, especifique cuál: [ ] Modelo Industrial [ ] Dibujo Industrial

Uso exclusivo Delegaciones y Subdelegaciones de la Secretaría de Economía y Oficinas Regionales del IMPI.

Sello

Folio de entrada

Fecha y hora de recepción

Antes de llenar la forma lea las consideraciones generales al reverso

I DATOS DEL (DE LOS) SOLICITANTE(S)

El solicitante es el inventor [ ] El solicitante es el causahabiente [X]

1) Nombre (s): UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

2) Nacionalidad (es): MEXICANA

3) Domicilio; calle, número, colonia y código postal:
CERRO DE LAS CAMPANAS, S/N, COL. LAS CAMPANAS. C.P. 76010

Población, Estado y País: QUERÉTARO. QUERÉTARO, MÉXICO.

4) Teléfono (clave): 442 1 92 12 00 5) Fax (clave):

II DATOS DEL (DE LOS) INVENTOR(ES)

6) Nombre (s): GONZALO MACIAS BOBADILLA, ISRAEL MACIAS BOBADILLA, MARCELA VARGAS HERNANDEZ

7) Nacionalidad (es): MEXICANA

8) Domicilio; calle, número, colonia y código postal: AV. MALBEC No. 1850 CONDOMINIO CEDROS INTERIOR 72 FRACCIONAMIENTO SONTERRA.
Población, Estado y País: QUERETARO, QRO., MEXICO

9) Teléfono (clave): 442 2 52 29 12 10) Fax (clave):

III DATOS DEL (DE LOS) APODERADO (S)

11) Nombre (s):JESUS ANDRES RAMIREZ POZAS 12) R G P:

13) Domicilio; calle, número, colonia y código postal: CERRO DE LAS CAMPANAS S/N, COL. LAS CAMPANAS C.P. 76010

Población, Estado y País: QUERETARO, QRO., MEXICO 14) Teléfono (clave): 442 1921200 EXT. 3110 15) Fax (clave):

16) Personas Autorizadas para oír y recibir notificaciones: ARTURO GARCÍA RAMÍREZ, HILARIO BENAVIDEZ MENDOZA, LUIS ALEJANDRO PACHECO MEJIA

17) Denominación o Título de la Invención:

DISPOSITIVO PARA CAPTURAR INSECTOS CON CONTENEDOR Y BOMBAS PARA SUCCIÓN Y EXPULSIÓN

18) Fecha de divulgación previa
Día Mes Año

19) Clasificación Internacional **uso exclusivo del IMPI**

20) Divisional de la solicitud
Número Figura jurídica

21) Fecha de presentación
Día Mes Año

22) Prioridad Reclamada:

País	Fecha de presentación Día	Mes	Año	No. de serie

Lista de verificación (uso interno)

No. Hojas			No. Hojas		
		Comprobante de pago de la tarifa			Documento de cesión de derechos
		Descripción y reivindicación (es) de la invención			Constancia de depósito de material biológico
		Dibujo (s) en su caso			Documento (s) comprobatorio(s) de divulgación previa
		Resumen de la descripción de la invención			Documento (s) de prioridad
		Documento que acredita la personalidad del apoderado			Traducción
					TOTAL DE HOJAS

Observaciones:

Bajo protesta de decir verdad, manifiesto que los datos asentados en esta solicitud son ciertos.

JESUS ANDRES RAMIREZ POZAS
Nombre y firma del solicitante o su apoderado

QUERÉTARO, QRO., A 6 DE NOVIEMBRE DE 2014
Lugar y fecha

IMPI-00-009

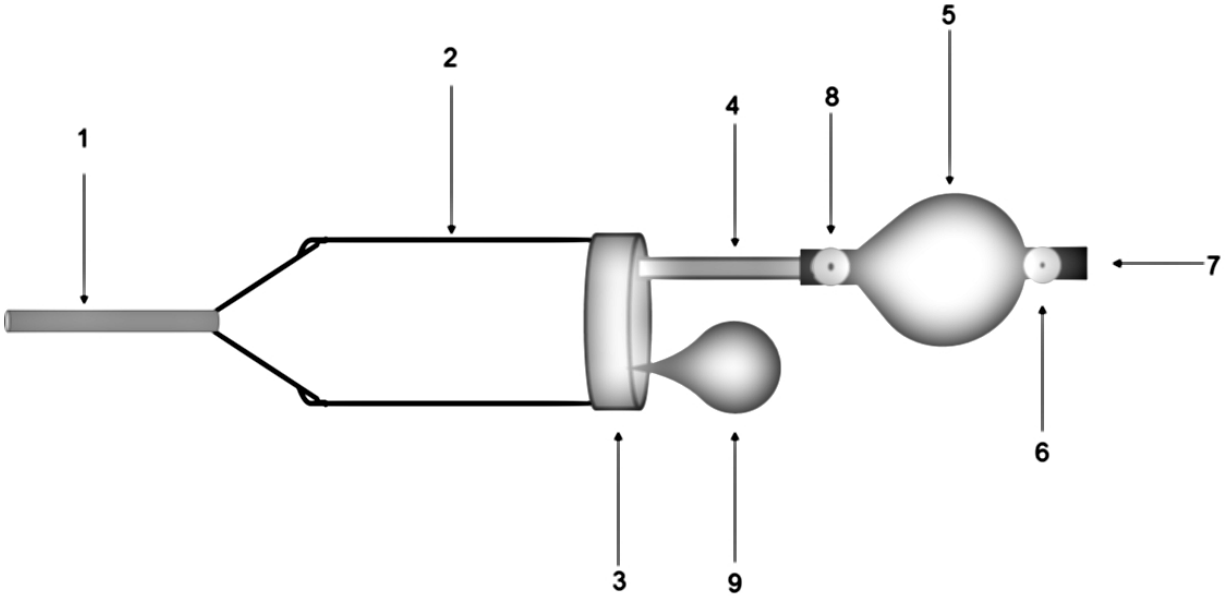


FIGURA 1

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL
Dirección Divisional de Patentes
OFICINA REGIONAL DEL BAJIO

Solicitud
Expediente: MX/u/2014/000607
Fecha: 28/NOV/2014 Hora: 15:39:34
Folio: MX/E/2014/085976 563922

MX/E/2014/085976

[ ] Solicitud de Patente
[x] Solicitud de Registro de Modelo de Utilidad

[ ] Solicitud de Registro de Diseño Industrial, especifique cuál:
[ ] Modelo Industrial [ ] Dibujo Industrial

Uso exclusivo Delegaciones y Subdelegaciones de la Secretaría de Economía y Oficinas Regionales del IMPI.
Sello
Folio de entrada
Fecha y hora de recepción

Antes de llenar la forma lea las consideraciones generales al reverso

I DATOS DEL (DE LOS) SOLICITANTE(S)

El solicitante es el inventor [ ] El solicitante es el causahabiente [X]

1) Nombre (s): UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

2) Nacionalidad (es): MEXICANA

3) Domicilio; calle, número, colonia y código postal:
CERRO DE LAS CAMPANAS, S/N, COL. LAS CAMPANAS. C.P. 76010

Población, Estado y País: QUERÉTARO. QUERÉTARO, MÉXICO.
4) Teléfono (clave): 442 1 92 12 00 5) Fax (clave):

II DATOS DEL (DE LOS) INVENTOR(ES)

6) Nombre (s): GONZALO MACIAS BOBADILLA, ISRAEL MACIAS BOBADILLA, MARCELA VARGAS HERNANDEZ

7) Nacionalidad (es): MEXICANA

8) Domicilio; calle, número, colonia y código postal: AV. MALBEC No. 1850 CONDOMINIO CEDROS INTERIOR 72 FRACCIONAMIENTO SONTERRA.
Población, Estado y País: QUERETARO, QRO., MEXICO
9) Teléfono (clave): 442 2 52 29 12 10) Fax (clave):

III DATOS DEL (DE LOS) APODERADO (S)

11) Nombre (s):JESUS ANDRES RAMIREZ POZAS 12) R G P:

13) Domicilio; calle, número, colonia y código postal: CERRO DE LAS CAMPANAS S/N. COL. LAS CAMPANAS C.P. 76010

Población, Estado y País: QUERETARO, QRO., MEXICO 14) Teléfono (clave): 442 1921200 EXT. 3110 15) Fax (clave):
16) Personas Autorizadas para oír y recibir notificaciones: ARTURO GARCÍA RAMÍREZ, HILARIO BENAVIDEZ MENDOZA, LUIS ALEJANDRO PACHECO MEJIA

17) Denominación o Título de la Invención:

RECINTO ENTOMOLÓGICO EXPERIMENTAL PARA MONTAJE EN HOJAS DE PLANTAS VIVAS

18) Fecha de divulgación previa
Día Mes Año

19) Clasificación Internacional

uso exclusivo del IMPI

20) Divisional de la solicitud
Número Figura jurídica

21) Fecha de presentación
Día Mes Año

22) Prioridad Reclamada:

País	Fecha de presentación Día Mes Año	No. de serie

Lista de verificación (uso interno)

No. Hojas		No. Hojas	
	Comprobante de pago de la tarifa		Documento de cesión de derechos
	Descripción y reivindicación (es) de la invención		Constancia de depósito de material biológico
	Dibujo (s) en su caso		Documento (s) comprobatorio(s) de divulgación previa
	Resumen de la descripción de la invención		Documento (s) de prioridad
	Documento que acredita la personalidad del apoderado		Traducción
			TOTAL DE HOJAS

Observaciones:

Bajo protesta de decir verdad, manifiesto que los datos asentados en esta solicitud son ciertos.

JESUS ANDRES RAMIREZ POZAS
Nombre y firma del solicitante o su apoderado

QUERÉTARO, QRO., A 26 DE NOVIEMBRE DE 2014
Lugar y fecha

IMPI-00-009

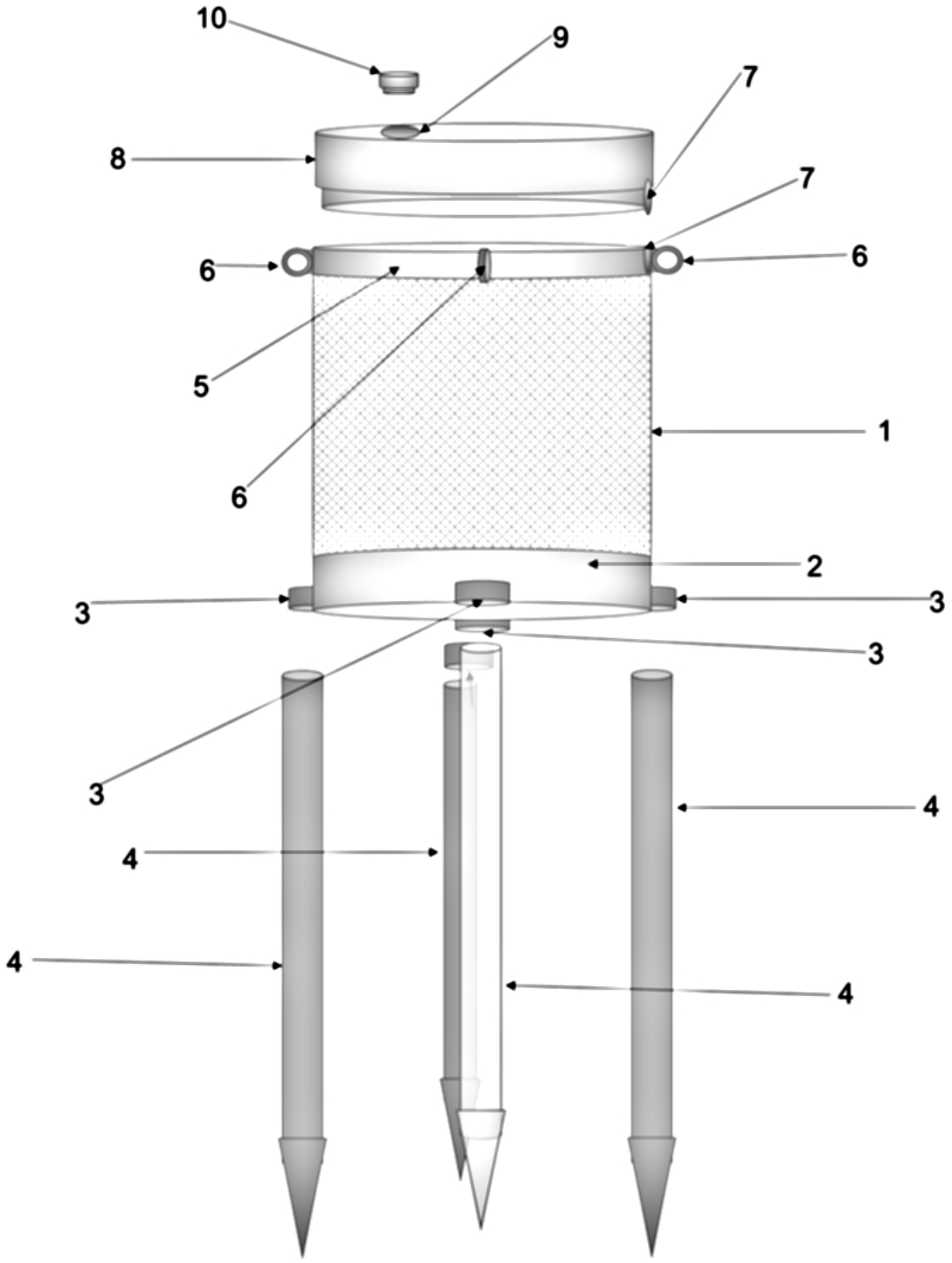


FIGURA 1

APÉNDICE

Articulo

El efecto de la aplicación de sonidos ultrasónicos sobre la mosquita blanca "*Bemisia tabaci*"

The effect of ultrasonic sounds application on whitefly "*Bemisia tabaci*"

I. Macías Bobadilla [1], Maestría en Biosistemas. Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ingeniería Campus Amazcala. IE.TI.ISRAEL@GMAIL.COM

A. Mercado Luna [2]**,** Maestría en Biosistemas. Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ingeniería Campus Amazcala. MERLUNA15@YAHOO.COM.MX

M. Vargas Hernández [3], Maestría en Biosistemas. Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ingeniería Campus Amazcala. VARHER_87@GMAIL.COM

E. Rico García [4], Coordinador Maestría en Biosistemas. Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ingeniería Campus Amazcala. RICOG@UAQ.MX

RESUMEN. La especie *Bemisia tabaci*, es considerada el miembro más importante de la familia de mosquitas blancas, debido a la alta tasa de crecimiento de la población, polifagia, movilidad y capacidad para transmitir varios virus importantes. Investigaciones sobre el uso de ultrasonidos sugieren que pueden ser una estrategia para el manejo de insectos plagas en los cultivos. El estudio realizado en este trabajo de investigación registró la actividad de la mosquita blanca *Bemisia tabaci* al ser sometido a señales ultrasónicas. Se utilizaron un par de recintos entomológicos, con 100 individuos no sexados, al Recinto A se le aplico sonido ultrasónico con una frecuencias de 24 KHz mediante un transductor para altas frecuencias, como control se utilizó otro recinto al cual no se le aplicó señal alguna de ultrasonido (Recinto B). Se registró la actividad de la mosquita blanca mediante la videograbación del número de vuelos que presentaron durante las horas de la mañana de mayor actividad entre las 11:00 am y las 12:00 pm. Los videos se analizaron de manera visual con ayuda del software de edición de video Camtasia para poder manipular la línea de tiempo del video con el fin de hacer un análisis cuadro por cuadro, por otro lado se siguió un tratamiento entrecruzado para comprobar la homogeneidad de la población. El tratamiento ultrasónico redujo considerablemente el número de vuelos de la mosquita blanca en un 418% para el primer ensayo, mientras que en el segundo ensayo se redujo en 226%, lo anterior demuestra que la aplicación de ultrasonido a poblaciones de *Bemisia tabaci* reduce el número de vuelos los cuales están asociados con la búsqueda de pareja para la cópula, alimentación y sitios de ovoposición.

Palabras clave: Mosquita Blanca, *Bemisia tabaci,* Ultrasonido.

ABSTRACT. The *Bemisia tabaci* specie, is considered the most important member of the family of whiteflies, due to the high rate of population growth, polyphagia, mobility and ability to transmit several important viruses. Studies suggest that the use of ultrasound may be a strategy for the management of insect pests in crops. The study in this research recorded the whitefly activity of *Bemisia tabaci* when subjected to ultrasonic signals. A pair of Entomological enclosures were used with 100 unsexed individuals, at enclosure A ultrasonic sound is applied with a frequency of 24 KHz through a high frequency transducer, as a control an enclosure to which no ultrasonic sound was applied was used (Enclosure B). The whitefly activity was recorded by videotaping counting the number of flights that occurred during the morning hours when high activity was found between 11:00 am and 12:00 pm. The videos were analyzed visually using the video editing software Camtasia to manipulate the video timeline in order to make a frame-by-frame analysis, on the other hand a crosslinked treatment was carried out to check homogeneity of population. Ultrasonic treatment significantly reduced the number of whitefly flights in 418% for the first test, while in the second trial was reduced by 226 %, this shows that the application of ultrasound to *Bemisia tabaci* populations reduces the number flights which are associated with matchmaking for copulation, feeding and oviposition sites.

Keywords: Whitefly, *Bemisia tabaci,* Ultrasound.

1. INTRODUCCIÓN

Los invernaderos o cultivos protegidos son un interesante reto para el manejo de las plagas potenciales, pues en estos sitios se presentan condiciones climatológicas y ambientales propicias para el establecimiento y desarrollo de insectos, así como de enfermedades, malezas, vertebrados, nematodos y otros organismos que pueden mermar la producción y comercialización (Oliveira et al., 2001).

La mosquita blanca (*Bemisia tabaci Gennadius)* (Hemiptera: *Aleyrodidae*) es una plaga mundial que ha causado enormes pérdidas en la producción agrícola, sobre todo en Cucurbitáceas, Fabáceas y Solanáceas (Oliveira et al., 2001). Esta especie de plaga es nativa del sur de Asia, pero actualmente se distribuye en todo el mundo, especialmente en las regiones tropicales (Brown et al., 1992). Altas poblaciones de *Bemisia tabaci* (*B. tabaci*) inducen por la alimentación, el crecimiento de hongos asociados por contaminación al excretar mielecilla, reduciendo la productividad de las plantas y causando trastornos fisiológicos. Las pérdidas también se producen a partir de *B. tabaci* debido a la transmisión eficiente de Begomovirus, un género de la familia taxonómica *Geminiviridae* que causa mosaico hoja amarilla y moteado, deformación de hojas y retraso en el crecimiento (Oliveira et al., 2001; Morales, 2007).

B. tabaci es sumamente eficaz en la transmisión de virus, puede llegar a infestar el 100% de las plantas cultivadas, es considerada el miembro más importante de la familia de mosquitas blancas desde un punto de vista económico, debido a la alta tasa de crecimiento de la población, polifagia, movilidad y capacidad para transmitir varios virus importantes (Bellows et al., 1990).

El control de *B. tabaci* se ha llevado a cabo típicamente mediante el uso de insecticidas químicos, que están asociados con la contaminación del medio ambiente, los altos niveles de resistencia y daño a los organismos no objetivo (Elbert et al., 2000).

Además del alto costo la alternativa de control químico se ha relacionado con problemas de contaminación del aire, agua y alimentos que pueden causar graves daños a la salud (Khuder et al., 1998; Van Maele-Fabry et al., 2004). En estudios reportados a exposición de agroquímicos han encontrado relación del cáncer de mama (Alavanja *et al.*, 2004) y alteraciones en el material genético (Mañas, 2009).

Por otra parte las poblaciones de *B. tabaci* han demostrado altos niveles de resistencia a agroquímicos, como los compuestos organofosforados, carbamatos y piretroides (Elbert et al., 2000; Palumbo et al., 2001).

Ante tal escenario surge la necesidad de explorar nuevas alternativas en el control de insectos plaga en la agricultura tal es el caso de la tecnología electroacústica que ha sido aplicada por algunos años en el estudio de la comunicación de insectos y de este modo modificar su comportamiento. Actualmente se encuentran en el mercado dispositivos electrónicos enfocados al control de plagas (roedores, insectos rastreros, mosquitos, aves, etc.) por medio de señales electroacústicas en las que sus características de operación son rangos de frecuencia infrasónicos y ultrasónicos. Investigaciones sobre el uso de ultrasonidos sugieren que pueden ser una estrategia para el manejo de insectos plagas en los cultivos (Huang, 2003).

Con el objetivo de explorar nuevas alternativas en el control de la mosquita blanca se llevó a cabo una evaluación del efecto de sonidos ultrasónicos en especímenes de mosquita blanca de *B. tabaci*, mediante la cuantificación del tipo de vuelo el cual define parámetros como la búsqueda de alimento, pareja y ovoposición.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Comportamiento de B. tabaci respecto al vuelo

El comportamiento de la mosquita blanca con respecto al vuelo ha sido clasificado en dos categorías, vuelos a larga distancia que ocurre cuando el adulto deja la planta hospedera y un vuelo común a corta distancia dentro y ligeramente arriba del dosel del hospedero, asociado con la búsqueda de pareja para la copula, alimentación y sitios de ovoposición (Berlinger 1986, Blakmer y Birne 1993b)

2.2 Identificación visual de B. tabaci

B. tabaci se puede identificar por sus características morfológicas de otra especie como la *Trialeurodes vaporariorum* que se puede encontrar en la región de Amazcala (El Marqués, Querétaro), por la posición de las alas y las características de la larva. Para tal caso *Trialeurodes vaporariorum* tiene las alas horizontales, mientras que *B. tabaci* las tiene inclinadas sobre el cuerpo. Las larvas son igualmente diferenciables, la larva de *T. vaporariorum* tiene todo el perímetro lleno de pelo o quetas, mientras que la larva de *B. tabaci* contiene como máximo 7 pares de quetas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Biología de Bemisia tabaci y planta hospedera

Los adultos de la especie de *B. tabaci*, fueron obtenidos de una colonia establecida sobre un cultivo de tomate ubicado en un invernadero comercial con rangos de temperatura de

32 ± 2°C y 60 ± 5% de humedad relativa, así como 12 horas de fotoperiodo, la planta hospedera utilizada para la experimentación fue una planta de tomate (*Solanum lycopersicumde*) de la variedad saladet. Las plantas hospederas se ubicaron en recintos entomológicos establecidos en un invernadero de 108m^2 en el campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro, ubicada en el municipio del Marqués Querétaro.

3.2 Recintos entomológicos

Los recintos entomológicos para la experimentación fueron de dimensiones 0.5m x 0.5m x 0.5m, a seis lados del recinto se les puso malla antiafidos, mientras que a la base y la parte trasera de la cámara entomológica se le coloco vidrio transparente (Figura 1) para facilitar la grabación de la actividad de *B. tabaci.*

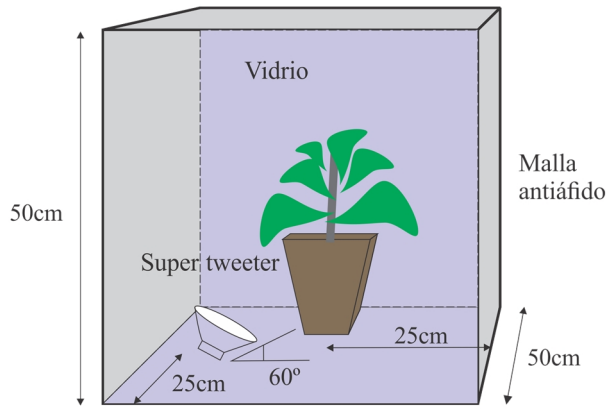


Figura 1. Diseño de la cámara entomológica, se muestra la fuente electroacústica y posición de la planta.

3.3 Variables climáticas

Al inicio de la experimentación, se registró la temperatura (T) y la humedad relativa (HR) mediante un dataloger Spectrum Watchdog 1000 serie b, registrando una temperatura promedio de 36.7°C y 27.3 HR.

3.4 Medición de la salida de sonido

Los datos de la señal de sonido ultrasónico fueron recolectados utilizando un osciloscopio digital Tecktronic TDS 2024C (200 MHz, 2GS/s) dispositivo de medición con el que determinamos la frecuencia y forma de la señal generada. Las Mediciones se calibraron utilizando un generador de funciones Simpson 420d, dispositivo para generar señales de con diferentes frecuencias y forma de onda (Figura 2).

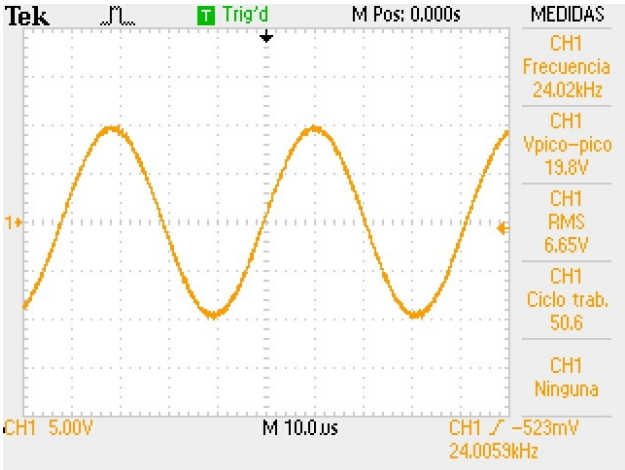


Figura 2. Imagen obtenida con el osciloscopio Tecktronic TDS 2024C de la forma de la señal aplicada al transductor ultrasónico con frecuencias de 24 KHz.

3.5 Diseño experimental

Dos repeticiones en pares se llevaron a cabo para evaluar la respuesta de la mosquita blanca *Bemisia tabaci* al ultrasonido. Para cada prueba, se utilizó un par de recintos, con 100 individuos no sexados, en el primer día de la experimentación en uno de los recitos (Recinto A) se le aplico sonido ultrasónico (Figura 1) con una señal senoidal con frecuencia de 24 KHz (Pérez García, 2013), mediante un transductor ultrasónico HARDEN modelo KTB-285C (3 KHz- 25 KHz) con una impedancia de 4 Ohms y una sensibilidad de 99 dB W/M y un amplificador acondicionado para altas frecuencias conectado a la salida del generador de funciones Simpson 420d, como control se utilizó un recinto al cual no se le aplico señal alguna de ultrasonido (Recinto B), se registró la actividad de la población de mosquita blanca mediante la videograbación del número de vuelos, a corta distancia dentro y ligeramente arriba del dosel del hospedero (Berlinger 1986, Blakmer y Birne 1993b) que presentaron durante las horas de 11:00 am a 12:00 pm (Ortiz-Catón, 2010), con una resolución de 1024x768, se cuantifico el número de vuelos realizados con la ayuda del software de edición de video Camtasia el cual permite disponer de la línea de tiempo de los videos grabados y poder controlar cuadro por cuadro el video para poder identificar de manera visual la actividad de la población de mosquita blanca en los recintos entomológicos, posteriormente se intercambiaron los tratamientos para comprobar la homogeneidad de la población.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la figura 3 se observa la respuesta de *B. Tabaci* ante la aplicación del ultrasonido, en el primer ensayo hay una reducción de 418% en la cantidad de movimiento, mientras que durante el segundo ensayo se observó una reducción de 226%, se puede observar una diferencia significativa entre el tratamiento al cual se le aplico el ultrasonido y el control, esto puede ser debido a que los individuos muestran sensibilidad a las ondas ultrasónicas y por lo tanto se afecta de manera negativa su comportamiento en cuanto al número de vuelos asociado con la búsqueda de pareja para la cúpula, alimentación y sitios de ovoposición (Berlinger 1986, Blakmer y Birne 1993b). Por otro lado los tratamientos del ensayo 1 y 2 muestran una diferencia, esto se puede explicar por una diferencia entre número de hembras y de machos en los recintos ya que no se sexaron y las hembras pueden presentar mayor actividad porque buscan lugares para ovopositar.

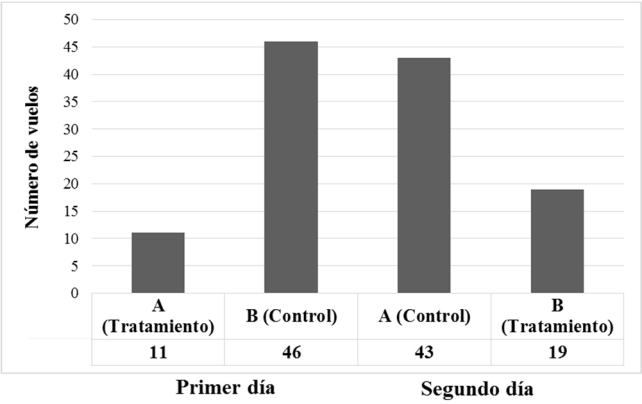


Figura 3. Gráfica de barras en la cual se muestra la actividad de la mosquita blanca en los recintos entomológicos.

5. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos durante la experimentación, reflejados en la figura 3 sugieren que la aplicación de frecuencias ultrasónicas a la mosquita blanca *B. tabaci,* reduce considerablemente la actividad de la mosquita blanca en el número de vuelos, esto sugiere que puede ser una alternativa como método de control, estos datos son el punto de partida para la futuras investigación en cuanto al efecto del ultrasonido sobre la ovoposición, presión acústica necesaria en invernaderos o a campo abierto para que sea efectivo como una alternativa a los métodos de control químico.

6. BIBLIOGRAFÍA

Alavanja M. C., Hoppin J. A., Kamel F., 2004, Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity, Annu. Rev. Public Health, 25:155-197

Bellows T. S.JR., Byrne D. N., Parrella M. P., 1990, Whiteflies in Agricultural Systems, In: Gerling, D (ed.), Whiteflies their Bionomics, Pest Status and Management. Intercept Ltd, Great Britain. 227-261

Berlinger M. J., 1986, Host plant resistance to *Bemisia tabaci*. Agriculture, Ecosystems and Environment 17:69-82.

Blackmer J. L., Byrne D. N., 1993b, Environmental and physiological factors influencing phototactic flight of Bemisia tabaci, Physiol. Entomol., 18(3):336-342.

Brown J.K. And Bird J., 1992. Whitefly-transmitted geminiviruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean Basin. *Plant Disease*, 76(3):220-225.

Elbert A., Nauen R., 2000, Resistance of *Benisia tabaci* (Homoptera: *Aleyrodidae*) to insecticides in southern Spain whit special reference to neonicolinoids, Pest Management Science, 56 (1): 60-64.

Pérez García. L.V., 2013, Desarrollo de un dispositivo basado en sonido ultrasónico que afecta el comportamiento de la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*).

Huang F., Subramanya B., Taylor R., 2003, Ultrasound affects spermatophore transfer, ninfalnumbers, andninfal weight of *Plodia interpunctella* (Hübner) (*Lepidoptera: Pyralidae*). Journal of Stored Products Research, 39: 413-422.

KhuderSa, SchaubEa, Keller-Byrne Je., 1998, Meta-Analyses of Non-Hodgkin's lymphoma and farming. Scand J Work Environ Health, 24(4):255-261.

Mañas F., Peralta L., Raviolo J., García H., Weyers A, Ugnia L, et al., 2009,Genotoxicity and oxidative stress of glyphosate: *in vivo* and *in vitro* testing. Environ Toxicol Pharmacol, 28(1):37-41.

Morales F. J., 1994, Mosaico Dorado del Fríjol Avances de Investigación 1994, Palmira, Valle del Cauca, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 193.

Morales F. J., 2007, Tropical Whitefly IPM Project, *Advances in Virus Research*, 69:249-311.

Oliveira M. R. V., Henneberry T. J., And Anderson P., 2001, History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection*, 20(9):709-723.

Ortiz-Catón, M., R. Medina-Tórres, R. Valdivia-Bernal, A. Ortiz-Catón, S. Alvarado-Casillas, J.R Rodríguez Blanco., 2010, Mosquitas blancas plaga primaria de hortalizas en Nayarit. Revista Fuente. 2:31-40.

Palumbo J., Horowitz A., Prabahaker N., 2001, Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*, Crop Proteccion 20 (9), 739-765.

Van Maele-Fabry G, Willems Jl., 2003, Occupation related pesticide exposure and cancer of the prostate: a meta-analysis, Occup. Environ. Med., 60:634-642.

Van Maele-Fabry G, Willems Jl., 2004, Prostate cancer among pesticide applicators: a meta-analysis, Int. Arch. Occup. Environ Health, 77(8):559-570.

Virant-Doberlet M., Cokl A., 2004, Vibrational Communication in Insects, Dept. Entomology, National Institute of Biology Neotropical Entomology, 33(2):121.

PSoC® Creator™
Project Datasheet for ultrasonido

Project: ultrasonido
Tool: PSoC Creator 3.2

Cypress Semiconductor
198 Champion Court
San Jose, CA 95134-1709
Phone (USA): 800.858.1810
Phone (Intl): 408.943.2600
http://www.cypress.com

1 Overview

The Cypress PSoC 5 is a family of 32-bit devices with the following characteristics:

- High-performance 32-bit ARM Cortex-M3 core with a nested vectored interrupt controller (NVIC) and a high-performance DMA controller
- Digital system that includes configurable Universal Digital Blocks (UDBs) and specific function peripherals, such as USB, I2C and SPI
- Analog subsystem that includes 20-bit Delta Sigma converters (ADC), SAR ADCs, 8-bit DACs that can be configured for 12-bit operation, comparators, op amps and configurable switched capacitor (SC) and continuous time (CT) blocks to create PGAs, TIAs, mixers, and more
- Several types of memory elements, including SRAM, flash, and EEPROM
- Programming and debug system through JTAG, serial wire debug (SWD), and single wire viewer (SWV)
- Flexible routing to all pins

Figure 1 shows the major components of a typical CY8C56LP family member PSoC 5 device. For details on all the systems listed above, please refer to the PSoC 5 Technical Reference Manual .

Figure. CY8C56LP Device Family Block Diagram

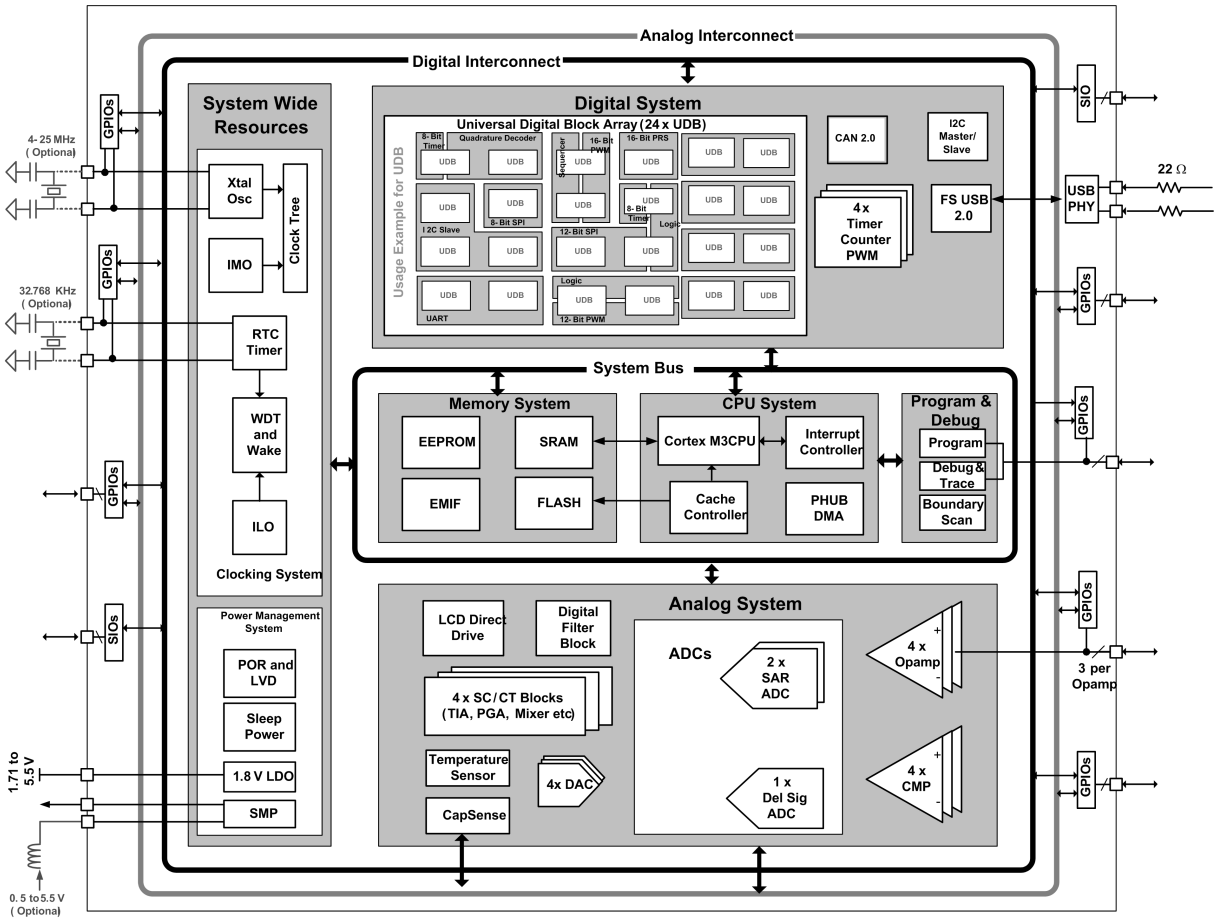


Table 1 lists the key characteristics of this device.

Table 1. Device Characteristics

Name	Value
Part Number	CY8C5667AXI-LP006
Package Name	100-TQFP
Architecture	PSoC 5
Family	CY8C56LP
CPU speed (MHz)	67
Flash size (kBytes)	128
SRAM size (kBytes)	32
EEPROM size (Bytes)	2048
Vdd range (V)	1.71 to 5.5
Automotive qualified	No (Industrial Grade Only)
Temp range (Celcius)	-40 to 85
JTAG ID	0x2E106069

NOTE: The CPU speed noted above is the maximum available speed. The CPU is clocked by Bus Clock, listed in the System Clocks section below.

Lists the device resources that this design uses:

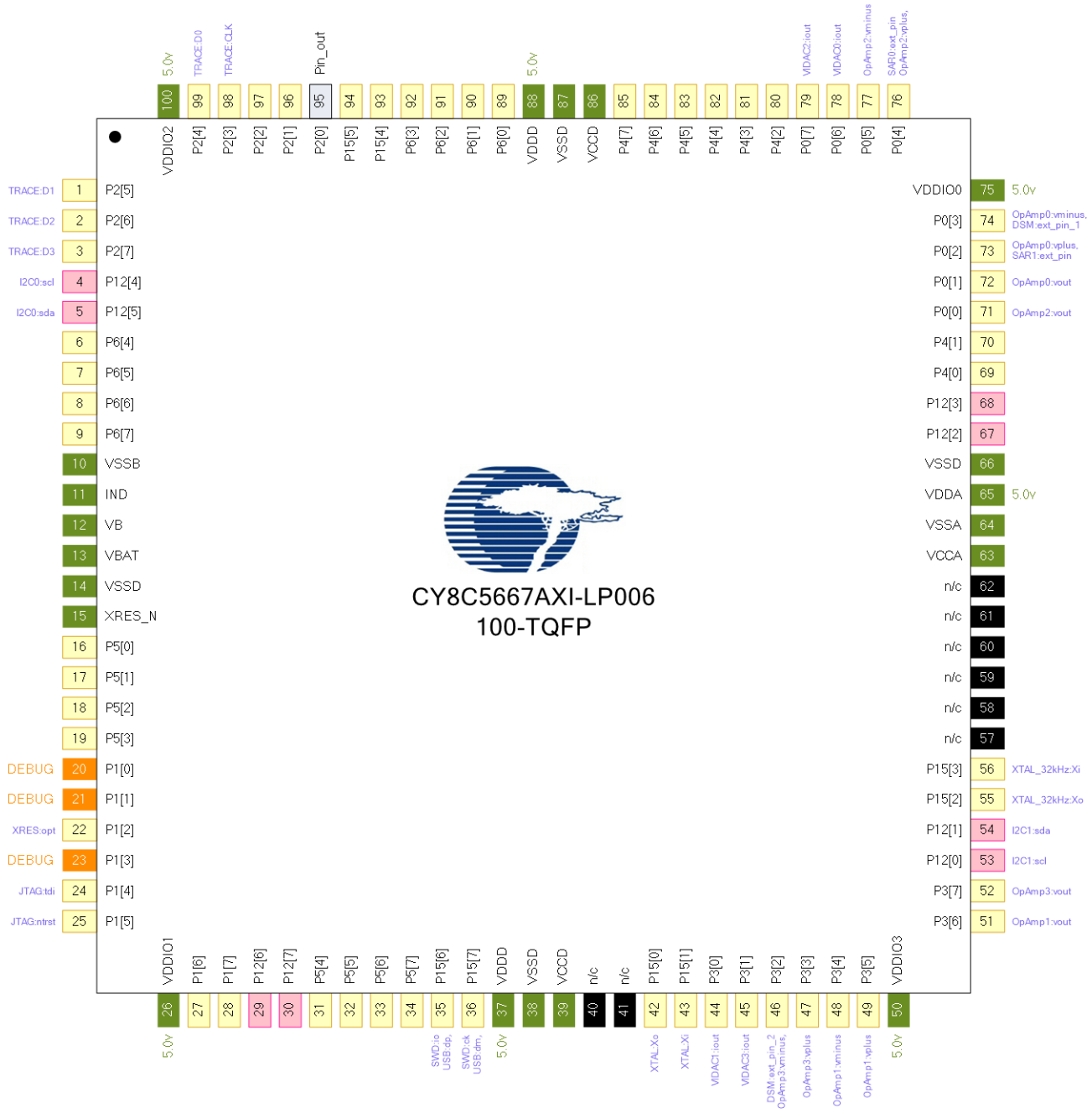
Table Device Resources

Name	In Use	Free	Total Resources Available	% in Use
Digital clock dividers	1	7	8	12.5%
Analog clock dividers	0	4	4	0.0%
Pins	4	68	72	5.6%
UDB Macrocells	0	192	192	0.0%
UDB Unique Pterms	0	384	384	0.0%
UDB Datapath Cells	0	24	24	0.0%
UDB Status Cells	0	24	24	0.0%
UDB Control Cells	0	24	24	0.0%
DMA Channels	2	22	24	8.3%
Interrupts	0	32	32	0.0%
VIDAC Fixed Blocks	1	3	4	25.0%
SC Fixed Blocks	0	4	4	0.0%
Comparator Fixed Blocks	0	4	4	0.0%
Opamp Fixed Blocks	0	4	4	0.0%
CapSense Buffers	0	2	2	0.0%
I2C Fixed Blocks	0	1	1	0.0%
Timer Fixed Blocks	0	4	4	0.0%
DFB Fixed Blocks	0	1	1	0.0%
USB Fixed Blocks	0	1	1	0.0%
LCD Fixed Blocks	0	1	1	0.0%
EMIF Fixed Blocks	0	1	1	0.0%
LPF Fixed Blocks	0	2	2	0.0%
SAR Fixed Blocks	0	2	2	0.0%

Pins

Figure 2 shows the pin layout of this device.

Figure. Device Pin Layout



Software Pins

Table 5 contains information about the software pins on this device in alphabetical order. (Only software-accessible pins are shown.)

Table Software Pins

Name	Port	Type	Reset State
Debug:SWD_CK	P1[1]	Reserved	
Debug:SWD_IO	P1[0]	Reserved	
Debug:SWV	P1[3]	Reserved	
Pin_out	P2[0]	Analog	HiZ Analog Unb

Abbreviations used in Table have the following meanings: •
HiZ Analog Unb = Hi-Z Analog Unbuffered

System Operating Conditions

Table . System Operating Conditions

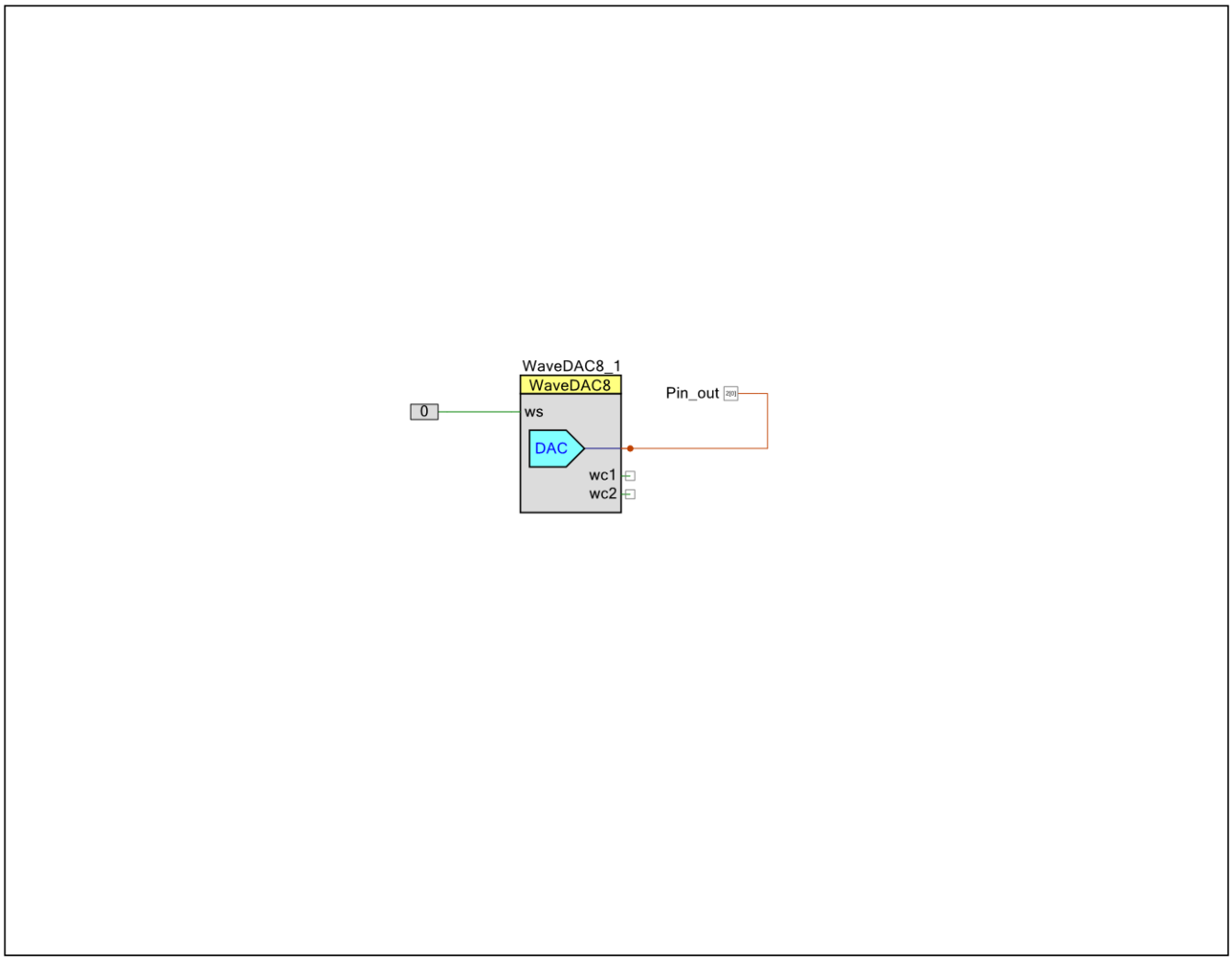
Name	
VDDA (V)	5.0
Variable VDDA	False
VDDD (V)	5.0
VDDIO0 (V)	5.0
VDDIO1 (V)	5.0
VDDIO2 (V)	5.0
VDDIO3 (V)	5.0
Temperature Range	-40C - 85/125C

Design Contents

This design's schematic content consists of the following schematic sheet:

Schematic Sheet: Page 1

Figure. Schematic Sheet: Page 1



This schematic sheet contains the following component instances:

- Instance WaveDAC8_1 (type: WaveDAC8_v2_0)

Components

Component type: WaveDAC8 [v2.0]

Instance WaveDAC8_1

Description: 8-Bit Waveform DAC
Instance type: WaveDAC8 [v2.0]
Datasheet: online component datasheet for WaveDAC8

Table 13. Component Parameters for WaveDAC8_1

Parameter Name	Value	Description
Clock_SRC	Internal	Select either internal or external clock source
DAC_Range	VDAC 0 - 1.020V	Define the type and range of the DAC
Sample_Clock_Freq	800000	Define the sample rate
Wave1_Amplitude	1	Defines the peak-to-peak amplitude of the non-arbitrary waveform
Wave1_Data	128u,148u,168u,187u,-204u,219u,232u,242u,-249u,252u,252u,249u,-242u,232u,219u,204u,-187u,168u,148u,128u,-107u,87u,68u,51u,36u-,23u,13u,6u,3u,3u,6u-,13u,23u,36u,51u,68u,87u,107u	This is the storage data array for the content of the waveform
Wave1_DCOffset	0.51	Defines the non-arbitrary DC offset (relative to GND) of the waveform
Wave1_Length	38	Defines the number of data points in the waveform
Wave1_PhaseShift	0	Defines the Phase Shift relative to the beginning of the waveform
Wave1_Type	Sine	Defines the waveform Type
Wave2_Amplitude	1	Defines the peak-to-peak amplitude of the non-arbitrary waveform

Parameter Name	Value	Description
Wave2_Data	128u,133u,138u,143u,-148u,153u,158u,163u,-168u,173u,178u,184u,-189u,194u,199u,204u,-209u,214u,219u,224u,-230u,235u,240u,245u,-250u,255u,250u,245u,-240u,235u,230u,224u,-219u,214u,209u,204u,-199u,194u,189u,184u,-178u,173u,168u,163u,-158u,153u,148u,143u,-138u,133u,128u,122u,-117u,112u,107u,102u,-97u,92u,87u,82u,76u,-71u,66u,61u,56u,51u,-46u,41u,36u,31u,25u,-20u,15u,10u,5u,0u,5u-,10u,15u,20u,25u,31u-,36u,41u,46u,51u,56u-,61u,66u,71u,77u,82u-,87u,92u,97u,102u,10-7u,112u,117u,122u	This is the storage data array for the content of the waveform
Wave2_DCOffset	0.51	Defines the non-arbitrary DC offset (relative to GND) of the waveform
Wave2_Length	100	Defines the number of data points in the waveform
Wave2_PhaseShift	0	Defines the Phase Shift relative to the beginning of the waveform
Wave2_Type	Triangle	Defines the waveform Type