

# Medición de la competitividad de tejidos planos de algodón tratados con nanotecnología en Argentina, que cumplen la función de repeler mosquitos y prevenir sus picaduras.

Lima, Laura Guadalupe\* <sup>(1)</sup>. Amé, Ricardo <sup>(2)</sup>.

<sup>(1)</sup> *Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján.  
Cruce de Rutas 5 y 7, Luján, provincia de Buenos Aires, CP: 6700.*

*Dirección de correo electrónico: lauraglima@yahoo.com.ar*

<sup>(2)</sup> *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.  
Camino de Cintura y Juan XXIII, Lomas de Zamora, provincia de Buenos Aires.*

## RESUMEN

Los mosquitos se acondicionaron a ambientes modificados por el hombre, haciéndose inmunes a químicos y fármacos, y generando pandemias al propagar enfermedades letales. En 1871, Buenos Aires sufrió una epidemia de fiebre amarilla, que se atribuyó a las características personales (color de piel, comportamientos inmorales), pero no al mosquito. También hubo epidemias en la construcción del Canal de Panamá (fiebre amarilla), durante la primera y segunda guerra mundial (malaria), en Brasil (1930 y 1939), en Cuba (1970). Respecto a los mosquitos, existen 41 géneros y más 3.500 especies. En Argentina, los que propagan las enfermedades son los géneros *Aedes* y el *Anopheles*. En el país, la malaria está controlada desde 2015, pero el dengue, la fiebre chikungunya y el virus zika se acrecentaron, especialmente en el litoral y centro del país. Existen métodos básicos para reducir sus picaduras (como ser, el uso de mosquiteros, fumigar, usar repelente en el cuerpo, eliminar el agua estancada), pero durante los últimos años se desarrollaron productos innovadores, como los tejidos textiles que cumplen la función de repeler mosquitos por varios ciclos de lavado, con los que pueden confeccionarse prendas de vestir. Dichas telas logran ser funcionales al utilizar la nanotecnología, que hace que por diferentes procesos, el repelente (natural o sintético) pueda insertarse en sus fibras, y formar parte del tejido; su efecto varía según las fibras, el proceso, la sustancia repelente, el lavado por parte del usuario. Si bien el objetivo de la tesis doctoral que dio forma a este trabajo es la medición de la competitividad de un textil de algodón con estas características, todavía no se ha llegado a alcanzar dichos resultados, pero se mencionará de qué se trata el complejo textil argentino, que es la base para realizar dicha medición.

**Palabras Claves:** Mosquito – Algodón – Nanotecnología – Argentina – Competitividad.

## ABSTRACT

The mosquitoes adapted to modify environment for the man, being immune to chemicals and medicines, and generating pandemic with lethal illness. In 1871, Buenos Aires suffered a pandemic, but the virus was attributable to person characteristic (skin, immoral behaviour), but not to mosquito. Also were epidemics in the Canal of Panamá construction (yellow fever), the first and second World War (malaria), in Brazil (1930 and 1939), and Cuba (1970). With regard to mosquitoes, exist 41 types and more of 3.500 species. In Argentina, the *Aedes* and *Anopheles* propagate the illness. In the country, the malaria is control since 2015, but the dengue, the chikungunya fever and the zika virus to increase. The basic methods exist to reduce their bite (mosquitoes nets, fumigations, use of repellents on the body, elimination the water dam), but the last year the innovative development invent the functional textiles, which repel the mosquitoes for some wash cycles. This textiles use de nano technology, for introduce the repellent in the material. The report explain the argentine textil complex, but not the competency level of the functional textiles repel the mosquitoes.

**Keywords:** Mosquito - Cotton - Nanotechnology - Argentina - Competitiveness.

## 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo describe una porción de la tesis doctoral propia que se está desarrollando en la actualidad, y que tiene como principal objetivo examinar la competitividad en Argentina de tejidos planos de algodón tratados con nanotecnología, que cumplen la función de repeler mosquitos.

Aquí sólo se expondrán:

- Las enfermedades propagadas por el vector mosquito en Argentina, y una breve reseña de las especies que las generan.
- El mapa de riesgo ambiental para 2016, respecto a los vectores que propagan el dengue.
- Las invenciones y desarrollos textiles para repeler mosquitos y prevenir sus picaduras.
- El complejo textil algodonero argentino.

El análisis de competitividad mencionado se está llevando a cabo, en consecuencia, aún no se podrá definir si los tejidos mencionados son competitivos en Argentina.

## 2. PROCEDIMIENTOS, EQUIPOS y MÉTODOS

Para desarrollar los temas que se describirán en este trabajo, se utilizaron datos secundarios, que fueron obtenidos de fuentes bibliográficas, trabajos de autores reconocidos e instituciones relevantes, como ser, la Organización Mundial de la Salud, la Organización de Naciones Unidas, el INTA, el INTI, el INPI, la Oficina española de marcas y patentes, el Ministerio de economía y finanzas públicas de Argentina, empresas nacionales y españolas que desarrollan y comercializan los productos en cuestión, la Universidad Politécnica de Valencia sede Alcoy (España), cámaras textiles nacionales, entre otros.

### 2.1. El mosquito

Los mosquitos lograron adaptarse al ambiente antrópico<sup>1</sup>, criándose en medios naturales y urbanos. Existen 41 géneros, que agrupan aproximadamente a 3.500 especies, y su nombre científico se compone de 2 partes, las cuales se escriben en cursiva o subrayada:

# Parte 1: describe el género, y comienza con mayúscula, por ejemplo: *Aedes*.

# Parte 2: especifica la especie, y se expresa con minúscula, por ejemplo: *egypti*.

Estos insectos son vectores hematófagos<sup>2</sup> que ingieren los microorganismos patógenos<sup>3</sup> junto con la sangre de un portador infectado (persona o animal), y posteriormente los inoculan a un nuevo portador al ingerir su sangre [1- 2].

A continuación, en la figura n° 1, se observa el circuito de transmisión de virus causados por mosquitos.

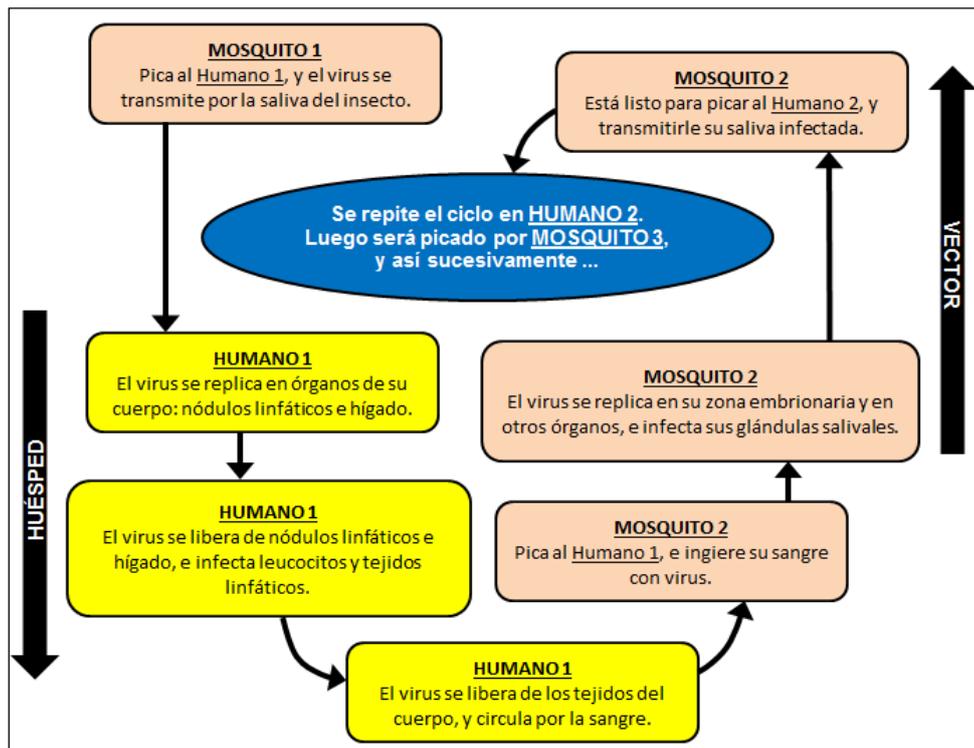


Figura 1. Circuito de transmisión de virus causados por mosquitos; [3].

<sup>1</sup> Antrópico: producido o modificado por la actividad humana [4].

<sup>2</sup> Hematófago: animal que se alimenta de sangre [4].

<sup>3</sup> Patógeno: microorganismo que origina y desarrolla una enfermedad [4].

Los mosquitos pasan por cuatro estados durante su ciclo biológico: comienza con la deposición de huevos en agua, se transforman en larvas, más tarde en pupas, y terminan convirtiéndose en mosquitos. En la figura n° 2, se observa el ciclo biológico del mosquito.

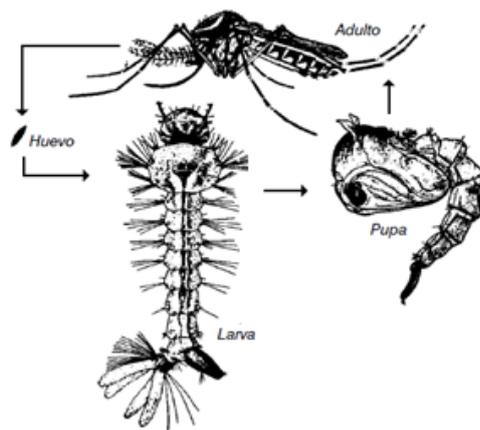


Figura 2. Ciclo biológico del mosquito; [2].

Respecto a los mosquitos de género *Anopheles*, *Aedes* y *Culex*, se detallan a continuación las características más relevantes de cada uno.

Los *Anopheles* tienen manchas en las nervaduras de las alas, habitan en climas cálidos y es el principal responsable de la malaria. Existen 400 especies aproximadamente, siendo unas 60 las que transmiten el virus.

El *Aedes* tiene más de 500 especies, distribuidas entre los polos y el trópico. En Occidente prevalecen más de 60, siendo el más importante el *Aedes aegypti* [3], debido a que es el transmisor de la fiebre amarilla, el dengue y la encefalitis. En relación al *Aedes albopictus* es originario de Asia, y se conoce como el "tigre asiático", y está asociado a la transmisión endémica del dengue.

El *Culex* incluye unas 300 especies, y su distribución en el mundo es más extensa que la de los *Aedes* y *Anopheles*. Es el más común en el Hemisferio Norte, y el que menos probabilidades tiene de transmitir patógenos<sup>4</sup> peligrosos, aunque puede propagar la *encefalitis* y la *filariasis (elefantiasis)* en regiones tropicales y subtropicales [2, 5, 6, 7].

## 2.2. Epidemias causadas por el mosquito en la historia

Desde la antigüedad, el mosquito ha sido el vector de enfermedades letales en todo el mundo, algunas de las cuales se mencionan a continuación.

# Entre enero y junio de 1871, la ciudad de Buenos Aires sufrió una epidemia de fiebre amarilla, producida por el *Aedes aegypti* (dato que se desconocía en la época), y donde hubo más de 14 mil muertos. Es importante señalar que, hasta 1890, el mosquito no se identificaba como vector de enfermedades, y se atribuían a ciertos tipos de personas (color de su piel, zona donde vivían), al aire y al agua contaminada [7, 8, 9].

# En 1910, Italia llevó a cabo campañas anti-paludismo, donde se suministraba quinina<sup>5</sup> a los habitantes de ciertas regiones, lo que hizo disminuir los casos en un 80%. En la actualidad, la quinina sigue siendo una forma económica de alivio para los enfermos pobres de malaria.

# Si bien en 1865, el médico cubano Carlos Finlay fue el primero que relacionó al mosquito como vector de la fiebre amarilla, sus trabajos fueron reconocidos recién en 1920.

# En la época del colonialismo, los colonizadores blancos y los esclavos contrajeron enfermedades transmitidas por mosquitos, ya que los insectos se subían a los navíos y desembarcaban en distintos puertos.

# Los pobladores de las zonas aledañas al *Canal de Panamá* sufrieron las consecuencias de la fiebre amarilla desde la época de su construcción, que comenzó en 1534, cuando *Carlos V de España* ordenó el primer estudio para construir dicha ruta a través del *Istmo de Panamá*. A partir de 1880, los franceses trabajaron por 20 años, pero las enfermedades y los problemas financieros los vencieron. En 1903, Estados Unidos continuó con la construcción del Canal, y murieron miles de personas de malaria y fiebre amarilla. No se sabía de dónde venía la enfermedad, sino que, como se mencionó antes, se consideraba un defecto del carácter de la persona, o un castigo por su comportamiento inmoral.

<sup>4</sup> Patógeno: microorganismo que origina y desarrolla una enfermedad [4].

<sup>5</sup> Quinina: alcaloide con propiedades antimaláricas [4].

# Entre 1920 y 1930, Mussolini estableció políticas de drenaje de los pantanos, para prevenir los casos. Pero en 1940, la guerra se extendió por las tierras drenadas, y la enfermedad regresó. Más tarde, los nazis se retiraron entre 1943 y 1944, provocando enorme epidemia de malaria en el Lacio al romper diques e inundar los pantanos pontinos, con la idea de frenar a las tropas aliadas

# Brasil atravesó dos epidemias a causa del *Anopheles*: la primera fue en 1930 a causa del amarre de un destructor francés procedente de África, la cual afectó a 10 mil personas. La segunda fue en 1939 y dejó 100 mil enfermos y 20 mil muertos.

# En 1970. el *Aedes aegypti* fue responsable del primer brote de *dengue* en Cuba, el cual se expandió en toda Latinoamérica.

# Respecto al Sida, los mosquitos no desarrollan el virus en los seres humanos. Si un mosquito se alimenta de sangre infectada, el virus es tratado como comida y digerido con la ingesta de sangre. Si el mosquito succiona la sangre de una persona seropositiva y después se alimenta de una persona no infectada, no se transmiten las partículas suficientes como para que se inicie una nueva infección [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14].

### **2.3. Enfermedades causadas por los mosquitos en la actualidad**

Si bien la ciencia ha creado químicos y fármacos para combatir los virus transmitidos por mosquitos, la globalización y la evolución de dichos virus siguen generando pandemias<sup>6</sup>. A continuación, se detallan las enfermedades contemporáneas más relevantes en el mundo.

#### **2.3.1. Malaria (paludismo)**

El término *malaria* deriva de las palabras *mal aria*, que en italiano significa *aire malo*, ya que se creía que la enfermedad era causada por el aire envenenado.

Es la afección tropical más mortal generada por el mosquito *Anopheles*, y mata a los más vulnerables: enfermos, lactantes, niños menores de 5 años, embarazadas, pacientes con sida, emigrantes no inmunes de zonas endémicas, viajeros, entre otros.

África subsahariana continúa soportando la carga mundial de la enfermedad, registrando en 2015 el 88% de los casos y el 90% de los fallecimientos [1, 6, 7, 15, 16, 17].

#### **2.3.2. Dengue**

Es conocido como *fiebre rompe-huesos* por el dolor óseo agudo que se asocia a la enfermedad, y es transmitido por el *Aedes aegypti*, y en menor medida por el *Aedes albopictus*. Hay cuatro tipos de dengue, pero sólo el hemorrágico (combina 2 de los tipos) puede llegar a ser mortal. Se ha propagado rápido en los últimos años, y en 2005 tenía una distribución mundial comparable a la malaria.

La enfermedad está extendida en los trópicos con distintos niveles de riesgo, ya que dependen de las precipitaciones, la temperatura y la urbanización rápida sin planificar.

Hoy en día, el dengue grave (hemorrágico) afecta a la mayor parte de los países de Asia y América Latina, y se ha convertido en una de las causas principales de hospitalización y muerte en los niños de dichas regiones. Cuando una persona se recupera de la infección adquiere inmunidad de por vida contra el serotipo en particular [7, 18].

#### **2.3.3. Fiebre amarilla**

Es una enfermedad hemorrágica, transmitida por el mosquito *Aedes*, que puede causar una muerte muy dolorosa. El término *amarilla* alude a la ictericia<sup>7</sup> que afecta a algunos pacientes. El periodo de incubación es de 3 a 6 días, y muchos casos son asintomáticos, pero puede surgir fiebre, dolores musculares, cefaleas, pérdida de apetito y vómitos. En esta fase son frecuentes la ictericia, el color oscuro de la orina y el dolor abdominal con vómitos; las hemorragias son orales, nasales, oculares o gástricas.

El virus es endémico en las zonas tropicales de África, América Central y Sudamérica. La fiebre amarilla puede prevenirse con una vacuna eficaz, segura y asequible. Una sola dosis es suficiente para conferir inmunidad y protección de por vida (con una efectividad del 99%), y sin necesidad de dosis de refuerzo.

Las personas excluidas de la vacunación son los menores de 9 meses (excepto durante las epidemias, donde se deben vacunar a los niños de 6 a 9 meses), las embarazadas (excepto durante los brotes de fiebre amarilla), las individuos con alergia grave a las proteínas del huevo, y los que padezcan Sida [7, 19, 20].

#### **2.3.4. Fiebre chikungunya**

<sup>6</sup> Pandemia: epidemia extendida en muchos países, que ataca a individuos de una región [4].

<sup>7</sup> Ictericia: coloración amarilla de la piel y mucosas, por incremento de pigmentos biliares en la sangre [4].

Chikungunya significa “doblarse”, en alusión al aspecto encorvado de los pacientes debido a los dolores articulares. Se caracteriza por la aparición súbita de fiebre, dolores articulares, musculares y de cabeza, náuseas, cansancio y erupciones cutáneas. No existe ningún antivírico específico para tratarla, y el tratamiento consiste en aliviar los síntomas con antipiréticos, analgésicos y líquidos. Hasta el momento, no se comercializa ninguna vacuna. La enfermedad está presente en África, Asia, India, Italia y las Américas por la acción del *Aedes aegypti* y el *Aedes albopictus* [21].

### 2.3.5. Virus zika

Es causado por un virus transmitido por el mosquito *Aedes*, y los síntomas consisten en fiebre no muy elevada, erupciones cutáneas, exantema<sup>8</sup>, conjuntivitis, malestar, cefaleas, y dolores musculares y articulares. El período de incubación<sup>9</sup> no está claro, pero probablemente sea de pocos días, en cambio los síntomas (similares a los del dengue) suelen durar entre 2 y 7 días. Por el momento no hay vacunas ni procedimientos específicos para tratar el virus. Durante los brotes de 2013 en la Polinesia francesa, y en 2015 en Brasil, las autoridades sanitarias notificaron potenciales complicaciones neurológicas y autoinmunes de la enfermedad por este virus. Entre el 2015 y el 2016, las autoridades sanitarias de Brasil observaron un aumento de las infecciones por dicho virus en la población en general, así como también un aumento de microcefalia en los recién nacidos y casos del síndrome de Guillain-Barré en el nordeste del país. La microcefalia es una malformación neonatal caracterizada por una cabeza de tamaño muy inferior a la de otros niños de la misma edad y sexo. Cuando se acompaña de un escaso crecimiento del cerebro, los niños pueden tener problemas de desarrollo discapacitantes, habiendo casos leves y graves [22].

### 2.3.6. Encefalitis japonesa

Se transmite por el mosquito *Culex*, ataca principalmente a los niños, y se caracteriza por ser asintomática o tener síntomas leves, como fiebre y cefaleas. Según estadísticas, una de cada 250 infecciones se vuelve grave, caracterizándose por fiebre elevada, cefalea, rigidez de nuca, desorientación, coma, ataques, parálisis espástica<sup>10</sup> y defunción; la tasa de letalidad puede llegar al 30% de las personas con síntomas de la enfermedad. Entre el 20% y el 30% de los que sobreviven a la enfermedad, quedan con problemas mentales o neurológicos, tales como parálisis, ataques recurrentes o pérdida del habla [24].

### 2.3.7. Filiasis linfática (elefantiasis)

Se transmite a través de mosquitos que depositan parásitos filiformes en el ser humano. El *gusano adulto* se encuentra en los vasos y ganglios linfáticos de las personas infectadas (pueden vivir de 6 a 8 años), donde se reproducen y engendran *las microfilarias*, que llegan a la *sangre* en un tiempo que va de 6 a 12 meses tras la infección. Estas son ingeridas por el *mosquito*, que las transmite a otra persona. Es generada por el *Culex* en las zonas urbanas y semiurbanas, el *Anopheles* en zonas rurales, y el *Aedes* mayormente en las islas del Pacífico y partes de Filipinas. Esta enfermedad rara vez causa la muerte, pero provoca desfiguramientos drásticos en cualquier parte del cuerpo (desde los genitales a las extremidades). El tratamiento recomendado para eliminar los parásitos del torrente sanguíneo es una dosis única de un fármaco, pero todavía no existe ninguna vacuna [7, 25, 26, 27, 28]. En la figura n° 3 se observan los efectos de la filiasis linfática en seres humanos.



Figura 3. Efectos de la filiasis linfática en humanos; [29].

<sup>8</sup> Exantema: erupción de la piel, de color rojo, desaparece momentáneamente con la presión del dedo, puede ir acompañada o precedida de calentura, y termina por la descamación [4].

<sup>9</sup> Período de incubación: tiempo transcurrido entre la exposición y la aparición de los síntomas [23].

<sup>10</sup> Espasticidad: hipertonía muscular de origen cerebral que se manifiesta por espasmos [4].

Hipertonía: tono muscular exagerado [4].

#### **2.4. Argentina – Enfermedades contemporáneas propagadas por mosquitos**

El mosquito *Anopheles* es el que propaga la malaria (paludismo). Los brotes ocurridos en Argentina, se han dado en el norte de la provincia de Salta, en especial en el área rural de los Departamentos de San Martín y Orán, pasos fronterizos con Bolivia. Durante el 2010, se registraron los últimos casos autóctonos notificados, en la frontera entre Bolivia y Argentina.

En 2011, 2012 y 2013, se comprobaron 18, 4 y 2 casos respectivamente, todos importados. Como consecuencia de no haberse registrado ningún caso durante 3 años (al mismo tiempo se llevaron a cabo protocolos de vigilancia para impedir que la enfermedad vuelva a instalarse en el país), en el primer semestre de 2015 se recibió a expertos de la Organización Mundial de la Salud para certificar que el país estaba libre de malaria

Actualmente, no hay ninguna vacuna autorizada contra el paludismo, aunque en 2015 se estuvo llevando a cabo una investigación en 7 países africanos para evaluar posibles medicamentos [1, 6, 7, 15, 16, 17].

La fiebre amarilla es transmitida por el *Aedes aegypti*. Entre 2008 y 2009, en Argentina se detectó la selvática (transmisión de primates a mosquitos, y luego al hombre), con la conformación de 9 casos humanos en la provincia de Misiones; también se confirmaron casos en el sur de Brasil y Paraguay en 2008. Actualmente se realiza vigilancia en las provincias de Misiones, Formosa, Chaco, Salta, Tucumán y Jujuy.

En relación a la fiebre chikungunya, el virus zika y el dengue, los brotes se dan en las mismas regiones argentinas, ya que los propaga el *Aedes aegypti*, presente en el norte y centro del país, hasta las provincias de Buenos Aires, La pampa y Mendoza. Hay que destacar que se han encontrado mosquitos *Aedes albopictus* en Misiones, que también generan estas 3 enfermedades. Respecto a la encefalitis japonesa y la filiasis linfática, son generadas por el mosquito *Culex*, pero no hay indicios en Argentina de su propagación en el territorio [30, 31, 32, 33].

Durante el 2015, y en lo que va de 2016, Argentina ha estado siendo amenazada por algunas de las enfermedades mencionadas en el párrafo anterior. En consecuencia, la CONAE<sup>11</sup> está llevando a cabo, junto con el Ministerio de salud de la Nación, un mapa de riesgo ambiental de dengue para todo el territorio argentino. Esto se considera una herramienta única, ya que sabiendo el riesgo de aparición y dispersión del dengue, se pueden estimar los posibles brotes de fiebre chikungunya, virus zika y fiebre amarilla, ya que son generadas por el mismo mosquito (*Aedes*). Dicho mapa puede actualizarse con el correr del tiempo, ya que se combina la información ambiental (aportada por los satélites desde el espacio) con los datos de campo. Luego, a través del desarrollo de modelos estadísticos, y del uso de herramientas SIG<sup>12</sup> y de geoservicios, los datos iniciales se transforman en un mapa operativo, muy útil como herramienta de control y vigilancia en las zonas afectadas por el vector [34].

En la figura n° 4 se observa el mapa de riesgo ambiental de dengue para febrero de 2016.

---

<sup>11</sup> CONAE: Comisión nacional de actividades espaciales [34].

<sup>12</sup> SIG: sistema de información geográfica [34].

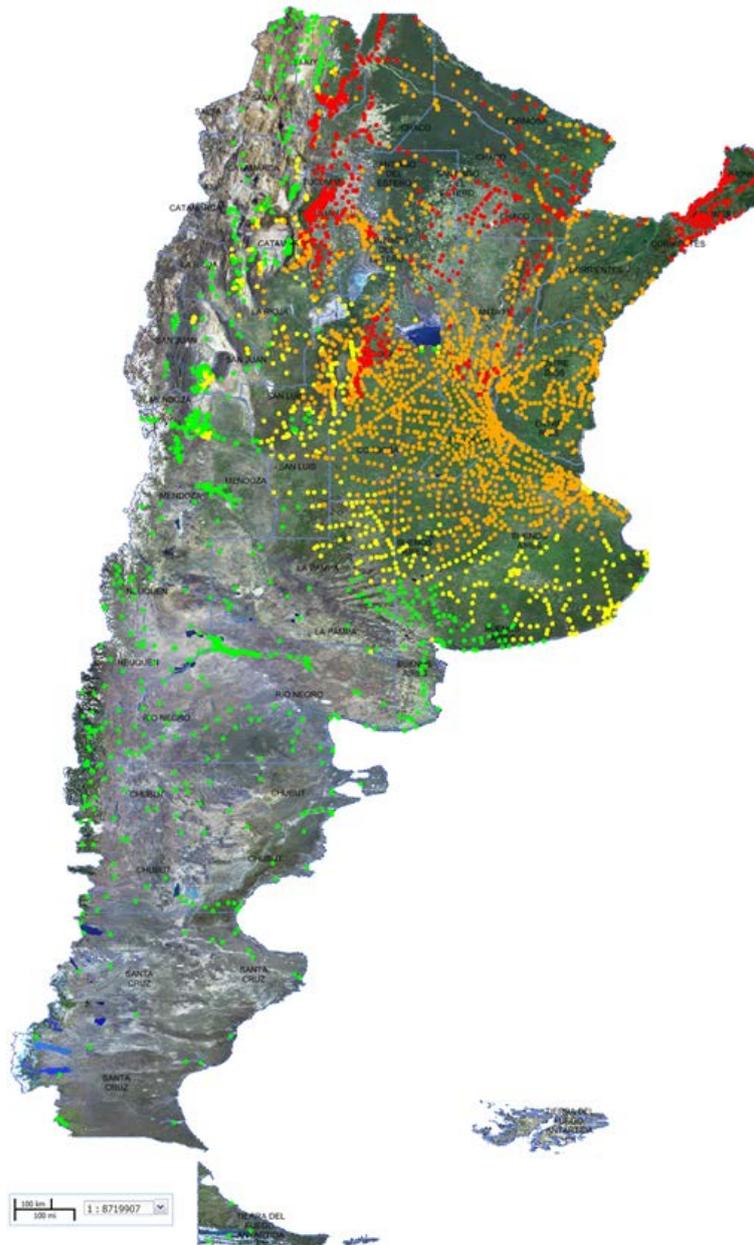


Figura 4. Argentina - Mapa de riesgo ambiental de dengue para 2016; [34].

Observando la figura n° 4, los puntos rojos indican el área de mayor riesgo del mosquito *Aedes*, y le siguen en orden decreciente los puntos de color naranja, amarillo y verde.

## 2.5. Métodos básicos para repeler a los mosquitos y reducir sus picaduras

Los métodos básicos utilizados para repeler a los mosquitos y reducir sus picaduras, son los siguientes: utilización de mosquiteros tratados con insecticidas de acción prolongada; fumigación del interior de las viviendas con insecticidas de acción residual; eliminar los posibles lugares de cría de dichos insectos; aplicar larvicidas a contenedores de agua y en lugares donde haya agua estancada; en caso de exponerse al aire libre, vestir ropas que reduzcan al mínimo la exposición de la piel a los vectores (pantalones largos y camisas/ remeras de manga larga); aplicarse repelentes a la piel o a la ropa, respetando estrictamente las instrucciones de uso del producto, los cuales contienen DEET<sup>13</sup> e IR3535<sup>14</sup> [20, 21].

<sup>13</sup> **DEET (dietiltoluamida)**: repelente químico de insectos multiuso, registrado para la aplicación directa sobre la piel humana, ropa, mascotas, mosquiteros, con el fin de repeler insectos, pero no para matarlos. Se recomienda utilizarlo en las concentraciones recomendadas (hasta un 25%), según la edad y las características del usuario, ya que se han registrado efectos alérgicos, irritación de la piel y las mucosas, quemazón en los labios, efectos neurológicos (incluyendo convulsiones y encefalopatías) [21, 39].

<sup>14</sup> **IR3535 (etil butilacetilaminopropionato)**: producto sintético utilizado como repelente ante varios insectos (mosquitos, moscas, piojos de la piel, garrapatas), para los que ofrece una protección estimada de 90

## **2.6. Tejidos textiles innovadores para repeler a los mosquitos y reducir sus picaduras.**

### **2.6.1. La nanotecnología aplicada a los textiles**

El término *nano* es un prefijo empleado en el *Sistema internacional de unidades* para indicar un factor de  $10^{-9}$ , de tal manera que un *nanómetro* equivale a la milmillonésima parte de un metro, o sea, 1 nm es igual a  $10^{-9}$ m. A modo de comparación, una partícula que mide  $10^{-9}$  metros es más diminuta que el diámetro de un cabello humano ( $10^{-4}$  metros), y que una célula roja de la sangre (eritrocito, menor a  $10^{-5}$  metros).

Hace unos años se comenzó a utilizar la nanotecnología para modificar tejidos textiles, con el objetivo de que cumplan la función de repeler mosquitos. El proceso que se aplica consiste en introducir partículas de tamaño nano en el tejido, las cuales poseen en su interior alguna sustancia (natural o artificial), que cumple la función de repeler dichos insectos. El efecto perdura por un tiempo determinado, ya que el repelente se mantiene en el textil hasta una cierta cantidad de lavados; esto dependerá del proceso llevado a cabo, el tejido textil utilizado, el agente repelente que se emplea, y si el usuario respeta las condiciones de limpieza de la tela, por ejemplo, lavado a una determinada temperatura, planchado suave, no usar secarropa, entre otras [35, 36, 37, 38].

### **2.6.2. Desarrollos en el mundo de tejidos textiles tratados con nanotecnología, que cumplen la función de repeler mosquitos.**

Hace varios años que países como España, Portugal, Estados Unidos, India, Brasil, Colombia, Alemania y Bélgica, han desarrollado textiles funcionales para repeler mosquitos, y en algunos casos se están comercializando.

En España se patentaron desarrollos como los que se mencionan a continuación:

# En 2008, la empresa INNOVATEC y la Universidad Politécnica de Valencia (sede Alcoy, España) inventaron una sábana de algodón, que cumple la función de repeler mosquitos al contener microcápsulas con aceites esenciales, que perduran por 40 ciclos de lavado. Dicho tejido se probó en un orfanato de la India, y en la actualidad se comercializa por mayor. En 2009, su precio aproximado era de 20 euros la unidad [40].

# Smart Essences es una empresa española fundada en 2013, que comercializa microcápsulas con repelente, las cuales se aplican al tejido textil que el cliente desee. Dicha compañía asegura una eficiencia de hasta 100 lavados, teniendo en cuenta el tejido y el agente que se inserta en el interior de las cápsulas [41].

# STINGbye es una compañía catalana que fabrica y comercializa desde el 2015, camisetas que repelen mosquitos, con una eficiencia de lavados de 100 lavados, utilizando permetrina<sup>15</sup> en sus microcápsulas [43].

# Se patentaron invenciones españolas, como por ejemplo: una prenda textil con microcápsulas con repelente y biocida, como piretroides<sup>16</sup> y aceites esenciales cítricos [45]; un tejido ignífugo y anti vectores para confeccionar prendas de vestir, que tiene permetrina dentro de sus cápsulas; y un tejido con efecto insecticida, que también utiliza permetrina [46].

Los inventores norteamericanos Samson y McKinney, patentaron, en el año 2000, un método de impregnación para obtener ropa de vestir con insecticida (permetrina) [47].

En 2005, los belgas Gribomont y Casteur patentaron un tejido textil tratado con permetrina, que podía perdurar entre 60 y 100 lavados [48].

Los alemanes Mathis y Sladek, patentaron en 2007 unas fibras y superficies textiles, caracterizadas por tener un acabado a base de repelentes (como sesquiterpeno<sup>17</sup>, DEET, IR3535, bayrepel<sup>18</sup>, y permetrina) microencapsulados [51].

---

minutos, y es útil para aplicar sobre la piel humana y las prendas. Si bien no presenta un peligro agudo en condiciones normales de uso, puede irritar la piel y los ojos, y provocar efectos de hipersensibilidad [21, 39].

<sup>15</sup> **Permetrina:** piretroide sintético con efecto neurotóxico, que se utiliza en solución que va del 1 al 3%. Tiene alta actividad pediculicida, y su prescripción está contraindicada en la gestación y la lactancia natural [42].

**Piretro:** mezcla de sustancias químicas que ocurre naturalmente en ciertas flores de crisantemos. Sus propiedades insecticidas se descubrieron en Asia alrededor de los años 1800s, y se usó para matar garrapatas e insectos como pulgas y mosquitos [44].

**Piretrinas:** sustancias químicas individuales que se encuentran en el extracto del piretro, y que poseen propiedades de insecticida [44].

<sup>16</sup> **Piretroide:** sustancia química manufacturada, de estructura muy similar a las piretrinas. Son más tóxicas a insectos y mamíferos, y permanecen en el ambiente más tiempo que las piretrinas. Se han desarrollado más de mil piretroides sintéticos [44].

<sup>17</sup> **Sesquiterpeno:** componente de los aceites esenciales [49].

<sup>18</sup> **Bayrepel (hidroxietil isobutil piperidina carboxilato):** eficaz para repeler insectos, moscas, mosquitos, tábanos y garrapatas, y presenta buenas propiedades desde el punto de vista cosmético y baja toxicidad. A igual que el DEET, no debe aplicarse a niños menores de 2 años, y se debe tener precaución en menores de 6 años. Lo comercializa Bayer, con la denominación de "autan" [50].

En 2011, la empresa portuguesa NGwear desarrollo y comercializó remeras con repelente de mosquitos (permetrina, DEET y citronella), a un precio promedio de 24 euros en ese año [52].

Fabricato es una empresa colombiana con experiencia en acabados funcionales, que para fines de 2015 incorporó la línea tecnológica *Fabrimax*, dedicada a generar textiles con propiedades modificadas, como los tejidos funcionales que repelen mosquitos [53].

En 2016, la Universidad de Bharathiar (Coimbatore, India) analizó las propiedades repelentes de plantas naturales de ese país, al encapsularlas e insertarlas en tejidos textiles. Las plantas utilizadas se denominan *Amanakku avaram* y *Amman pacharisi*, que fueron recolectadas en los alrededores del Coimbatore, ciudad del estado de Tamil Nadu (India) [54].

En el transcurso de este año, dos empresas brasileñas lanzaron al mercado ropa con permetrina y citronella, que evitaría las picaduras del mosquito *Aedes aegypti*. La empresa *Megadose* (Paraná, Brasil), dice que, dependiendo del tejido y la sustancia repelente (citronella o permetrina), el efecto puede permanecer por 50 lavados en los jeans, 40 en las camisas, y 20 en la ropa para embarazadas. La otra compañía es *Santista* (San Pablo, Brasil), que teje telas de denim (para camisas, pantalones) con repelente y las vende a industrias que deseen confeccionar prendas. Las prendas de estas empresas brasileñas tienen un precio actual aproximado de entre 20 a 50 dólares [55, 56, 57, 58].

### **2.6.3. Desarrollos en Argentina de tejidos textiles tratados con nanotecnología, que cumplen la función de repeler mosquitos.**

En Argentina, las áreas de textiles y química del INTI<sup>19</sup> han desarrollado, durante los últimos años, textiles con sustancias microencapsuladas. Para esto, estudiaron técnicas de microencapsulación de aceites esenciales, con el fin de obtener textiles funcionales de algodón con aroma y que repelen mosquitos.

Los principales métodos de *microencapsulación* son la coacervación, la encapsulación en levaduras, la incorporación de ciclodextrinas, el secado por spray, la polimerización interfacial, la evaporación por solvente, y la gelificación iónica [58, 59, 60, 61, 62, 63].

Las etapas para la obtención y caracterización de textiles funcionales son las siguientes [61]:

1. Definición del tipo de textil funcional.
2. Selección del agente funcional.
3. Selección del sustrato textil.
4. Selección de la técnica de microencapsulación.
5. Aplicación/ fijación al textil.
6. Liberación/ conservación del agente funcional.
7. Durabilidad de la funcionalidad.
8. Solidez de los lavados.
9. Conservación de las propiedades textiles.
10. Prueba de eficacia de la funcionalidad.

En el año 2006, el grupo de Textiles funcionales del INTI comenzó a trabajar en líneas de investigación que incorporaron la tecnología a escala nano a sustratos textiles, con el objetivo de otorgar valor agregado al tejido y brindar competitividad internacional al sector textil nacional.

A modo de reseña, entre los años 1998 y 2007, hubo un total de 4.718 casos sospechosos de dengue reportados en Argentina; y en 2009 hubo un estallido de casos, sumando más de 20 mil casos clínicos [58, 59, 64, 65].

Uno de los trabajos más relevantes realizados por el INTI (centros de Química y Textil), fue el proyecto denominado *Nanotecnología para textiles funcionales*, llevado a cabo entre 2011 y 2014, en el cual la propuesta fue desarrollar productos textiles con nuevas propiedades funcionales mediante el empleo de herramientas nanotecnológicas, buscando la innovación en problemas de interés nacional, como la repelencia del mosquito *Aedes aegypti*, vector del dengue en Argentina. Para esto, se seleccionó agentes repelentes de origen natural o sintético, que fueron incorporados en nano y microsistemas de liberación controlada [58, 59].

La aplicación de microcápsulas de gelatina y goma arábiga con aceite de citronella<sup>20</sup> sobre tejidos de algodón permitió investigar la eficiencia de este sistema como agente repelente; para esto se llevo a cabo un estudio similar al realizado por Miró Specos en el año 2010 [65]., obteniendo los mismos resultados, ya que se concluyó que el número de insectos posados sobre brazos cubiertos

<sup>19</sup> **INTI**: Instituto nacional de tecnología industrial.

<sup>20</sup> **Aceite de citronella**: se obtiene por destilación de las plantas recién cortadas o parcialmente secas de *Cymbopogon nardus* y *Cymbopogon winteruanus*. Es un aceite esencial compuesto por más de 80 sustancias, como hidrocarburos terpénicos, alcoholes y aldehídos. Ha sido usado por más de 50 años como repelente de insectos, y se encuentra en productos como velas, lociones, geles, aerosoles y toallitas de limpieza. Según estudios, su efecto es corto comparado con productos en base a DEET, pero se compensa con una mayor frecuencia de aplicación [66].

con estos textiles funcionales resultó despreciable en los primeros 21 días, demostrando una repelencia mayor al 90% frente a tejidos rociados con citronella (ver figura n° 5).

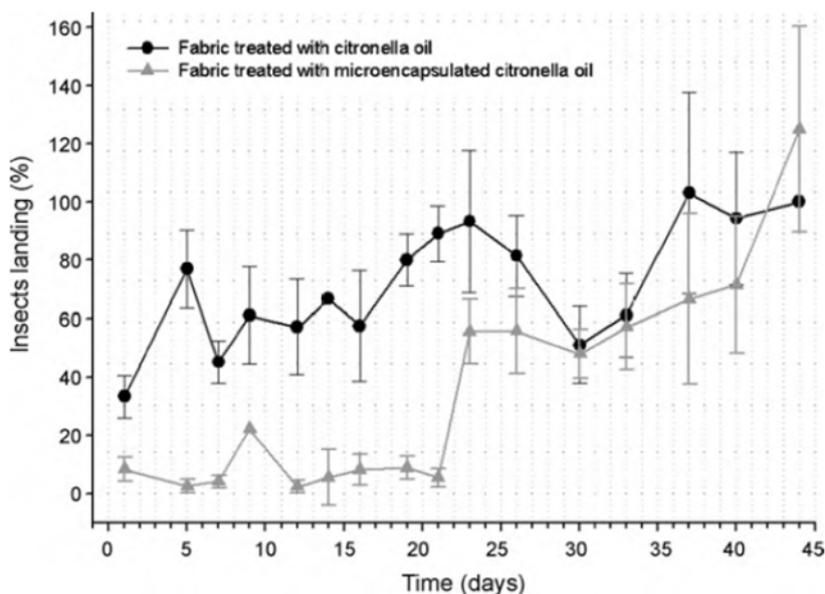


Figura 5. Variación del porcentaje de mosquitos *Aedes aegypti* posados sobre tejidos tratados con solución alcohólica de aceite de citronella y tejidos tratados con citronella microencapsulada; [59].

Tiempo después comenzó a reemplazarse el aceite de *citronela* por *citriodiol*®, un repelente más efectivo, que ha sido autorizado para su uso tópico en Europa y Estados Unidos. Dicho sustancia permitió aumentar significativamente la durabilidad de la repelencia de los materiales textiles obtenidos (figura n° 6).

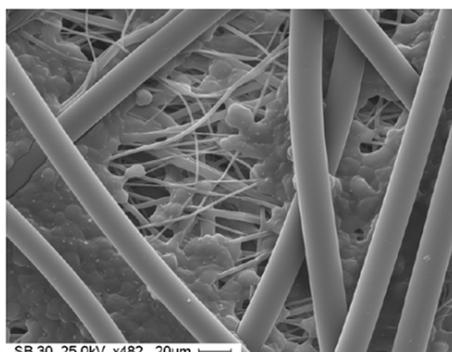


Figura 6. Sistemas no tejidos de polipropileno tratado con microcápsulas de gelatina – goma arábica conteniendo citriodiol. Microfotografía SEM. [59].

## 2.7. Medición de la competitividad

Si bien en Argentina existen desarrollos de tejidos textiles tratados con nanotecnología para que cumplan la función de repeler mosquitos, aún no se han comercializado. El objetivo de esta tesis, es medir que tan competitivo puede ser un producto de estas características, utilizando como sustrato una tela tejida con fibras 100% algodón.

En dicha tesis, todavía no se ha llegado a alcanzar dichos resultados, pero se está trabajando sobre ello.

Las razones por las cuales se eligió trabajar con algodón son su bajo costo, su facilidad de lavado y su comodidad, considerándose la fibra más popular en climas templados y subtropicales.

En Argentina, el algodón desempeña un rol estratégico en las economías regionales del norte del país y en el desarrollo de la industria textil nacional. La importancia de la actividad se debe tanto por el valor que genera, como por la ocupación de mano de obra y su impacto social, ya que históricamente se caracterizó por la presencia de minifundistas y pequeños productores. La cadena de valor del algodón es el conjunto de actividades que una empresa o industria lleva a cabo, con el objetivo de que el producto (o servicio) satisfaga los requisitos del cliente al mínimo costo posible. Para esto es necesario optimizar dichas actividades, llevando a cabo una planificación estratégica adecuada, la cual permita llegar a los resultados definidos. Dentro de la cadena de valor también debe contemplarse la cadena de suministros, la logística, el servicio postventa, entre otros.

El complejo textil del algodón argentino comienza con la siembra de las semillas de algodón, y cuando la planta crece, la fibra natural vegetal se cosecha para poder hilarla. Los hilados son utilizados para tejer las telas, con las cuales se realizan confecciones de algodón. Argentina abastece al mercado externo con fibras, hilados, telas y confecciones de algodón. En cambio, el mercado interno sólo se abastece de hilados, telas y confecciones. Respecto a las telas de algodón, el INTI (sectores Textil y Química) es el que ha generado tejidos con valor agregado al cumplir la función de repeler insectos, con las cuales pueden confeccionarse prendas de vestir, ropa de cama, cortinas, mosquiteros, entre otros [67, 68, 69, 70, 71, 72].

### 3. CONCLUSIONES.

Para lo que resta de 2016, el mapa de riesgo confeccionado por el CONAE y el Ministerio de Salud de la Nación (figura nº 4), expresa que existen riesgos de aparición y dispersión de enfermedades propagadas por el mosquito *Aedes*, tales como el dengue, la fiebre chikungunya, virus zika y fiebre amarilla.

Si bien el Estado argentino lleva a cabo campañas anuales de prevención básica para repeler al mosquito y a sus picaduras, podrían impulsar el desarrollo y comercialización de textiles funcionales, utilizando procesos nanotecnológicos. Probablemente, esto ayudaría a que el complejo textil del algodón alcance un mayor valor agregado.

### 4. REFERENCIAS.

- [1] OMS. *Enfermedades transmitidas por vectores*. Nota descriptiva nº 387. Febrero de 2016, < <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs387/es/> >
- [2] Rossi, Gustavo C. et al. *Clave ilustrada para la identificación de larvas de mosquitos de interés sanitario encontradas en criaderos artificiales en la Argentina*. Publicación monográfica 5, 2004.
- [3] Conde Osorio, A. Tesis: *Estudio de la longevidad y el ciclo gonotrófico del Aedes (Stegomyia) aegypti (Linnaeus, 1762), cepa Girardot (Cundinamarca) en condiciones de laboratorio*, 2003. Carrera de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- [4] RAE. Madrid, 2016, < <http://www.rae.es/biblioteca-y-archivo> >
- [5] García Más, I. et al. *Manual de laboratorio de parasitología. 12. Insectos dípteros*. Depto de zoología y antropología física, Facultad de Ciencias biológicas, Universidad complutense de Madrid, Madrid, 2009.
- [6] Paludismo.org, Unicef. *Los Mosquitos Anopheles*, 2016.
- [7] Swift, R. *Mosquitos, tan pequeños, tan peligrosos*, Barcelona. Intermón Oxfam, 2007.
- [8] Alexander, A. "Empleados del cementerio del Oeste/ Ritos de Buenos Aires", 2015, pág. 74.
- [9] Montesinos, M. *En casa del pájaro tejedor*. Zaragoza, España, 2010.
- [10] Snowden. Extracto crítica, John Foot de *The Conquest of Malaria in Italy, 1900-1962*", 2005.
- [11] Canal de Panamá. *Reseña histórica del Canal de Panamá*, 2016,
- [12] Spielman, A. et al. *Mosquito: the story of Man's deadliest foe*. Hachette Books, 2001.
- [13] Honigsbaum, M. *The Fever Trail: Malaria, the mosquito and the quest for quinine*. Macmillan, 2001.
- [14] Ghosh, A. *El cromosoma Calcuta*. Editorial Anagrama, 1997.
- [15] OMS. Nota descriptiva, abril de 2016.
- [16] INE, INEbase, *Población mundial por indicador y período 2015*, año 2016.
- [17] MINISTERIO DE SALUD, PRESIDENCIA DE LA NACIÓN. *Leptospirosis*, 2016.
- [18] OMS. *Fiebre amarilla*, nota descriptiva nº 100, 2015.
- [19] OMS. *Fiebre amarilla*, nota descriptiva nº 100, 2016.
- [20] OMS. *Fiebre amarilla*, nota descriptiva nº 100, 2015.
- [21] OMS. *Chikungunya*, nota descriptiva abril de 2016.
- [22] OMS. *Microcefalia*, nota descriptiva de 2 marzo, 2016.
- [23] OMS. *Enfermedad por el virus de zika*, nota descriptiva de junio de 2016.
- [24] OMS. *Mapa: países o zonas de riesgo de encefalitis japonesa*, nota descriptiva 386, 2015.
- [25] OMS. *Filariasis linfática*, nota descriptiva nº 102, 2016.
- [26] OMS. *Infección por el virus del Nilo Occidental*, nota descriptiva nº 354, 2011.
- [27] Medlineplus. *Linfedema* [en línea]. NIH, Estados Unidos, 2015.
- [28] AMSE. *Filariasis. Epidemiología y situación mundial*, marzo de 2012.
- [29] Elefantiasis.org. *Elefantiasis*, 2015.
- [30] Ministerio de salud argentino. ANLIS, INEVH, OPS. *Fiebre amarilla*. Año 2011.
- [31] Ministerio de salud argentino. *Fiebre chikungunya*. Guía nº 13, 2da edición, 2016.
- [32] Ministerio de salud argentino. <http://www.msal.gov.ar/dengue/el-ministerio-de-salud-de-la-nacion-reitera-recomendaciones-ante-el-virus-del-zika/>

- [33] MSAL. [http://msal.gob.ar/viajeros/index.php?option=com\\_content&view=article&id=299&Itemid=93](http://msal.gob.ar/viajeros/index.php?option=com_content&view=article&id=299&Itemid=93)
- [34] CONAE. Ministerio de salud de argentino. *Mapa de riesgo ambiental de dengue para todo el territorio argentino*. <http://www.conae.gov.ar/index.php/espanol/publicaciones>.
- [35] Soler Illia, G. *Nanotecnología, el desafío del siglo XXI*. N° 38. Eudeba, 2009.
- [36] Monllor Pérez, P. et al. "Caracterización de micro-encapsulados aplicados sobre materiales textiles". UPV 2007.
- [37] Cembrero Cil, J. et al. *Introducción a la nanotecnología, desarrollo de un proceso teórico práctico mediante la técnica de electrodeposición*, 2013, UPV.
- [38] Fages Santana, E. et al. *Investigación de fibras de polipropileno aditivadas con nanopartículas de plata para la mejora de propiedades bioactivas en el sector textil*. UPV, 2013.
- [39] Sertox. *Repelentes, actualización de información 2009*. MSAL, Argentina, 2009.
- [40] INNOVATEC. *Otro reto más para Scutum!*, España, 2014.
- [41] Smart essences. *Microencapsulación*. España, 2014.
- [42] Rosso, R. et al.. "Pediculus capitis: terapias disponibles", 2003, págs. 111-116.
- [43] STINGbye. *Repelente de vectores (RV)*, 2014.
- [44] ATSDR. *Resúmenes de salud pública – DDT, DDE y DDD* [en línea]. Atlanta, USA, 2016.
- [45] Mateo Herrero, M. *Composición repelente y biocida microencapsulada con acción de doble repelencia, prenda textil que la comprende y uso de dicha prenda*. España, 2015.
- [46] Borja Rodríguez, G. et al. *Procedimiento para la obtención de un tejido con efecto insecticida*. España, 2014.
- [47] Samson, R. et al. *Method of impregnating garments with an insecticide*, 2000.
- [48] Gribomont, H. et al. *Insect repellent treatment of textiles*. Bélgica, 2005.
- [49] Martínez, A. *Aceites esenciales*. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2003.
- [50] Parafarmacia 24. *Repelentes de insectos de tipo orgánico*. España, 2016.
- [51] Mathis, R. et al. *Fibras e superficies texteis com acabamento para repelir insetos*. Alemania, 2007.
- [52] Visao. *Vai-te embora, ó mosquito*. Portugal, 2011.
- [53] Fabricato. *Fabricato te acompaña*. Antioquia, Colombia, 2015.
- [54] Sumithra, M. *Effect of insect repellent property using microencapsulation technique*, Bharathiar University, Department of textiles and apparel design, Coimbatore, India. 2016, págs. 715-719.
- [55] Megadose Megadose, *moda gestante*. Brasil, 2016.
- [56] UNAB. *Ropa anti zika*. Universidad Andrés Bello (UNAB), Campus creativo, Chile, 2016.
- [57] Camargo, I. *La ropa antizika, una nueva "moda" en víspera de los Olímpicos*. EFE, 2016.
- [58] INTI. *Micro y nanotecnologías, Textiles funcionales (MyNTF)*, 2016.
- [59] Abraham, G. et al. "Nanotecnología para textiles funcionales", 2012.
- [60] Miró Specos, M. et al. *Obtención de textiles funcionales mediante técnicas de microencapsulación*, 2007.
- [61] Miró Specos, M. et al. *Obtención de textiles con repelencia a mosquitos mediante acabados con sustancias naturales microencapsuladas*, 2009.
- [62] Montiel Vaquiz, Z. et al. *Textiles funcionales de repelencia contra el Aedes aegypti a partir de la micro-encapsulación de aceites esenciales*. UPV, 2015.
- [63] INTI Textiles. *Proyectos e innovación, Textiles funcionales (PITF)*, 2016.
- [64] Miró Specos, M. et al. *Fijación de ciclodextrinas a textiles para la formación de nanocomplejos con agentes repelentes a mosquitos*, 2013.
- [65] Miró Specos, M. *Microencapsulated citronella oil for mosquito repellent finishing of cotton textiles*, 2010.
- [66] Lascano, V. et al. *Repelentes de mosquitos, parte 2*. Universidad Nacional de Córdoba, 2009.
- [67] MECON, 2011.
- [68] Sánchez, C. et al. *La ruta textil argentina – TN&PLATEX, la moda nace con nuestro hilado*, 2012.
- [69] Hollen, N. et al. *Introducción a los textiles*. Limusa, 1997.
- [70] Red textil argentina. *Fibras vegetales*, 2012.
- [71] Solé Cabanes, A. *Hilatura del algodón, fibras textiles, parámetros de los hilos*, 2012.
- [72] INTI Textiles. *Proyectos e innovación: textiles funcionales*, 2016.