

**Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Biología**



**Comparación de la tasa de biodegradación en campo
entre guantes de látex, nitrilo y nitrilo biodegradable.**

Trabajo de graduación presentado por
Abraham Juan Ramón Hernández Orellana
para optar al grado académico de Licenciado en Biología

Guatemala

2016

**Comparación de la tasa de biodegradación en campo
entre guantes de látex, nitrilo y nitrilo biodegradable.**

**Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Biología**



**Comparación de la tasa de biodegradación en campo
entre guantes de látex, nitrilo y nitrilo biodegradable.**

Trabajo de graduación presentado por
Abraham Juan Ramón Hernández Orellana
para optar al grado académico de Licenciado en Biología

**Guatemala
2016**

Vo.Bo.

(f)

Lic. En Bioquímica y Microbiología Jose Miguel Morales Santiago

Tribunal Examinador:

(f)

Lic. En Bioquímica y Microbiología Jose Miguel Morales Santiago

(f)

M.Sc. Michael Rafael Morales Marroquín

(f)

M.Sc. Gabriela Alfaro Marroquín

Fecha de aprobación: Guatemala, 26 de octubre, 2016.

Prefacio

Estudiar una carrera tan amplia como Biología permite explorar diferentes cromos de conocimiento, permitiendo así trabajar en diferentes ramas.

Durante la carrera siempre quise abordar ramas de conocimiento que sirvan para solucionar problemas de la época, a lo que un día gracias a que el Lic. Miguel Morales y la M.Sc. Claire Dallies me propusieron diseñar un método para comprobar si los guantes GREEN-DEX de *Showa* eran en realidad biodegradables, lo cual fue un gran reto dado que no tenía idea de por dónde empezar y tampoco se había realizado un estudio de guantes en campo. En esta laguna mental recurrí a dividir el problema en: biodegradación (métodos) y estudios en látex, este punto de partida me llevó a crear mi propio método y recurrir a consultar a muchos profesionales.

Durante la realización de esta investigación encontré que el campo de la biodegradación está aún en fase embrionaria, muchos de los materiales que empleé para el estudio no eran biodegradables (balanzas, bolsas, tamizadores, etc...), esto me hizo ver mi trabajo de investigación no como un simple requisito para obtener un título, sino más bien como una oportunidad para impactar en la actualidad y motivar a personas a realizar más trabajos de esta índole.

Este trabajo no hubiera sido posible sin todo el apoyo que recibí, por lo que primeramente quiero darle gracias a Dios por ser un pilar muy importante en mi vida y ser un respaldo para las oportunidades tan grandes que se me han dado.

Quiero agradecer a todas las personas que me brindaron su apoyo, empezando por mi mamá y hermana, quienes fueron clave en mi formación como profesional y persona, por ser las personas que más han impactado mi vida. A mi papá quiero darle gracias por el apoyo brindado para lograr llegar hasta el fin de esta.

A mis amigos Daniela Aparicio, Antonio Sánchez, Daniel Juárez y Jorge Chang, por ser parte importante en mi crecimiento y por todo ese apoyo y paciencia para culminar mis estudios universitarios en esta profesión.

A José Carlos Chiquín por ayudarme a diseñar mi metodología y por ser un maestro de química espectacular.

A Byron Campo por estar pendiente que terminará la carrera para después continuar mi vida con la música, además de ser un amigo y maestro inigualables.

A Carlos Carrera por darme la ayuda científica necesaria para poder terminar la carrera.

A Cynthia de Recinos por ser una increíble maestra y persona, de quien aprendí mucho sobre la docencia.

A los M. Sc. Michael Morales, Gabriela Alfaro y Claire Dallies por todo el apoyo incondicional y la atención a mis avances, lo cual fue de suma importancia para seguir avanzando y disfrutar este trabajo.

Al Ingeniero Edgar Meléndez y a *SHOWA* por confiarme la oportunidad de realizar este estudio con los guantes de *Showa*, además por brindarme la posibilidad de presentar mi protocolo de investigación en el congreso nacional de Salud Ocupacional y Seguridad Industrial.

Al Ingeniero Anibal Esquivel por permitirme su finca para poder sembrar mis guantes.

Al Licenciado José Miguel Morales por apoyarme en toda la investigación, siendo el principal asesor de este trabajo, además agradecer su apoyo en la revisión constante del mismo.

A la doctora Krisztina Ríos por su interés en la investigación y asesoramiento en cada una de las fases realizadas.

Índice

| | |
|----------------------------------|-----|
| Prefacio..... | v |
| Lista de cuadros | ix |
| Lista de figuras..... | xi |
| Resumen | xiv |
| I. Introducción..... | 1 |
| II. Antecedentes..... | 2 |
| III. Justificación | 12 |
| IV. Objetivos..... | 14 |
| V. Hipótesis | 15 |
| VI. Metodología..... | 16 |
| VII. Resultados y discusión..... | 20 |
| VIII. Conclusiones | 29 |
| IX. Recomendaciones..... | 30 |
| X. Bibliografía | 33 |
| XI. Anexos..... | 36 |

Lista de cuadros

| | |
|--|----|
| Cuadro 1: Distribución de los guantes de estudio..... | 17 |
| Cuadro 2: Distribución de controles | 17 |
| Cuadro 3: Controles para análisis de nitrógeno | 19 |
| Cuadro 4: Cambio porcentual en nitrógeno para los guantes en los tres sitios de estudio | 27 |
| Cuadro 5: Cambio en masa de guantes GREEN-DEX con hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala antes y después de cosecha..... | 36 |
| Cuadro 6: Cambio en masa de guantes GREEN-DEX sin hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala antes y después de cosecha..... | 36 |
| Cuadro 7: Cambio en masa de guante GREEN-DEX con doble bolsa en ciudad de Guatemala antes y después de cosecha..... | 37 |
| Cuadro 8: Cambio en masa de guantes GREEN-DEX con hojarasca y tierra en Chimaltenango antes y después de cosecha..... | 37 |
| Cuadro 9: Cambio en masa de guantes GREEN-DEX con hojarasca y tierra en Chimaltenango antes y después de cosecha..... | 37 |
| Cuadro 10: Cambio en masa de guante GREEN-DEX doble bolsa en Chimaltenango antes y después de cosecha..... | 38 |
| Cuadro 11: Cambio en masa de guantes GREEN-DEX con hojarasca y tierra en El Progreso antes y después de cosecha | 38 |
| Cuadro 12: Cambio en masa de guantes GREEN-DEX sin hojarasca y tierra en El Progreso antes y después de cosecha | 38 |
| Cuadro 13: Cambio en masa de guante GREEN-DEX doble bolsa en El Progreso antes y después de cosecha | 39 |
| Cuadro 14: Cambio en masa en guantes de Nitrilo con hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala antes y después de cosecha..... | 39 |
| Cuadro 15: Cambio en masa en guantes de Nitrilo sin hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala antes y después de cosecha..... | 39 |
| Cuadro 16: Cambio en masa en guante de Nitrilo doble bolsa en ciudad de Guatemala antes y después de cosecha..... | 40 |
| Cuadro 17: Cambio en masa en guantes de Nitrilo con hojarasca y tierra en Chimaltenango antes y después de cosecha..... | 40 |
| Cuadro 18: Cambio en masa en guantes de Nitrilo sin hojarasca y tierra en Chimaltenango antes y después de cosecha..... | 40 |
| Cuadro 19: Cambio en masa en guante de Nitrilo doble bolsa en Chimaltenango antes y después de cosecha..... | 41 |

| | |
|--|----|
| Cuadro 20: Cambio en masa en guantes de Nitrilo con hojarasca y tierra en El Progreso antes y después de cosecha | 41 |
| Cuadro 21: Cambio en masa en guantes de Nitrilo sin hojarasca y tierra en El Progreso antes y después de cosecha | 41 |
| Cuadro 22: Cambio en masa en guante de Nitrilo doble bolsa en El Progreso antes y después de cosecha | 42 |
| Cuadro 23: Cambio en masa en guantes de látex con hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala antes y después de cosecha | 42 |
| Cuadro 24: Cambio en masa en guantes de látex sin hojarasca y tierra en Ciudad de Guatemala antes y después de cosecha | 42 |
| Cuadro 25: Cambio en masa en guante de látex doble bolsa en Ciudad de Guatemala antes y después de cosecha | 43 |
| Cuadro 26: Cambio en masa en guantes de látex con hojarasca y tierra en Chimaltenango antes y después de cosecha | 43 |
| Cuadro 27: Cambio en masa en guantes de látex sin hojarasca y tierra en Chimaltenango antes y después de cosecha | 43 |
| Cuadro 28: Cambio en masa en guante de látex doble bolsa en Chimaltenango antes y después de cosecha | 44 |
| Cuadro 29: Cambio en masa en guantes de látex con hojarasca y tierra en El Progreso antes y después de cosecha | 44 |
| Cuadro 30: Cambio en masa en guantes de látex sin hojarasca y tierra en El Progreso antes y después de cosecha | 44 |
| Cuadro 31: Cambio en masa en guante de látex doble bolsa en El Progreso antes y después de cosecha | 45 |
| Cuadro 32: Tiempo para biodegradación total estimado para guantes en ciudad de Guatemala | 45 |
| Cuadro 33: Tiempo para biodegradación total estimado para guantes en Chimaltenango | 45 |
| Cuadro 34: Tiempo para biodegradación total estimado para guantes en El Progreso | 46 |
| Cuadro 35: Resistencia mecánica de guantes con hojarasca y tierra sembrados en ciudad de Guatemala | 58 |
| Cuadro 36: Resistencia mecánica de guantes con hojarasca y tierra sembrados en Chimaltenango | 58 |
| Cuadro 37: Resistencia mecánica de guantes con hojarasca y tierra sembrados en El Progreso | 59 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Estructura básica de un polímero | 2 |
| Figura 2: Guante de Látex | 3 |
| Figura 3: Polímero de látex en guantes | 3 |
| Figura 4: Guante de nitrilo | 4 |
| Figura 5: Estructura de los guantes de nitrilo | 4 |
| Figura 6: Guante de vinilo | 5 |
| Figura 7: Ruptura homolítica de polímeros..... | 6 |
| Figura 8: GREEN-DEX..... | 8 |
| Figura 9: Porcentaje promedio de pérdida de masa en guante GREEN-DEX en ciudad de Guatemala | 21 |
| Figura 10: Porcentaje promedio en pérdida de peso de guante GREEN-DEX en El Progreso..... | 22 |
| Figura 11: Porcentaje promedio en pérdida de peso de guante Nitrilo en Chimaltenango | 23 |
| Figura 12: Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes GREEN-DEX sin hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala..... | 23 |
| Figura 13: Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes GREEN-DEX sin hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala..... | 24 |
| Figura 14: Cambio promedio en tensión de guantes GREEN-DEX en ciudad de Guatemala | 25 |
| Figura 15: Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes GREEN-DEX en ciudad de Guatemala | 26 |
| Figura 16: Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes GREEN-DEX doble bolsa en ciudad de Guatemala..... | 46 |
| Figura 17: Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes de Nitrilo con hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala..... | 47 |
| Figura 18: Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes de Nitrilo sin hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala..... | 47 |
| Figura 19: Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes de Nitrilo doble bolsa en ciudad de Guatemala | 48 |
| Figura 20: Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes de Látex con hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala | 48 |
| Figura 21: Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes de Látex sin hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala. | 49 |

| | |
|---|----|
| Figura 22: Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes de látex doble bolsa en ciudad de Guatemala | 49 |
| Figura 23: Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes GREEN-DEX con hojarasca y tierra en Chimaltenango | 50 |
| Figura 24: Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes GREEN-DEX sin hojarasca y tierra en Chimaltenango..... | 50 |
| Figura 25: Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes GREEN-DEX doble bolsa en Chimaltenango | 51 |
| Figura 26: Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes de Nitrilo sin hojarasca y tierra en Chimaltenango..... | 51 |
| Figura 27: Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de Nitrilo doble bolsa en Chimaltenango | 52 |
| Figura 28: Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de látex con hojarasca y tierra en Chimaltenango | 52 |
| Figura 29: Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de Látex sin hojarasca y tierra en Chimaltenango | 53 |
| Figura 30: Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de Látex doble bolsa en Chimaltenango | 53 |
| Figura 31: Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes GREEN-DEX sin hojarasca y tierra en El Progreso..... | 54 |
| Figura 32: Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes GREEN-DEX doble bolsa en El Progreso | 54 |
| Figura 33: Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de Nitrilo con hojarasca y tierra en El Progreso | 55 |
| Figura 34: E Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de Nitrilo sin hojarasca y tierra en El Progreso | 55 |
| Figura 35: Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de Nitrilo doble bolsa en El Progreso | 56 |
| Figura 36: Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de Látex con hojarasca y tierra en El Progreso..... | 56 |
| Figura 37: Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de Látex sin hojarasca y tierra en El Progreso..... | 57 |
| Figura 38: Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de Látex doble bolsa en El Progreso..... | 57 |
| Figura 39: Cambio promedio en tensión de guantes de Nitrilo en ciudad de Guatemala | 59 |
| Figura 40: Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes Nitrilo en ciudad de Guatemala..... | 60 |

| | |
|--|----|
| Figura 41: Cambio promedio en tensión de guantes de látex en ciudad de Guatemala | 60 |
| Figura 42: Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes látex en ciudad de Guatemala | 61 |
| Figura 43: Cambio promedio en tensión de guantes de GREEN-DEX en Chimaltenango | 61 |
| Figura 44: Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes GREEN-DEX en Chimaltenango | 62 |
| Figura 45: Cambio promedio en tensión de guantes de Nitrilo en Chimaltenango..... | 62 |
| Figura 46: Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes Nitrilo en Chimaltenango | 63 |
| Figura 47: Cambio promedio en tensión de guantes de Látex en Chimaltenango | 63 |
| Figura 48: Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes de Látex en Chimaltenango | 64 |
| Figura 49: Cambio promedio en tensión de guantes GREEN-DEX en El Progreso..... | 64 |
| Figura 50: Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes GREEN-DEX en El Progreso..... | 65 |
| Figura 51: Cambio promedio en tensión de guantes de Nitrilo en El Progreso | 65 |
| Figura 52: Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes de Nitrilo en El Progreso | 66 |
| Figura 53: Cambio promedio en tensión de guantes de Látex en El Progreso..... | 66 |
| Figura 54: Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes de Látex en El Progreso | 67 |

Resumen

La problemática de contaminación mundial actual comprende: contaminación de ríos, epidemias recurrentes y un déficit en la calidad de vida humana (MEA 2015). Algunos contaminantes son esenciales para desempeñar de manera segura los roles profesionales, incluidos dentro de este grupo los guantes, que constituyen un elemento esencial de bioseguridad en los laboratorios (Pickover, 2013). En el año 2014 la empresa *SHOWA* diseñó el primer guante biodegradable llamado “GREEN-DEX”, el cual fue aprobado por la American Society for Testing Materiales (ASTM), en condiciones de laboratorio. El trabajo consistió en evaluar el comportamiento degradativo del guante GREEN-DEX en campo y evaluar su consistencia con las pruebas de laboratorio, además de verificar si estos guantes eran atractores de microorganismos y evaluar si los guantes no tenían propiedades autodegradativas (dado que no hay información reportada para esto), comparado en relación con guantes de nitrilo y látex. En este estudio se evaluaron tres parámetros los cuales fueron: pérdida de masa, cambio en la tensión y porcentaje de nitrógeno. Para lograr dichos análisis, se sembraron los guantes en tres sitios diferentes en Guatemala: Ciudad de Guatemala, Chimaltenango y El Progreso.

Al concluir la investigación se encontró que el comportamiento de los tres parámetros varían entre los tres tipos de guantes, pero en el guante GREEN-DEX muestran consistencia. Por otro lado, no se encontró evidencia alguna de que los guantes evaluados en el estudio fueran autodegradables, además que no hay evidencia que ninguno de los tipos de guantes se degrade sin presencia de sustrato.

Se encontró que las pruebas de laboratorio a las que fue sometido el guante GREEN-DEX no se contradicen con los resultados encontrados en campo, por lo cual son extrapolables a las condiciones de campo evaluadas en Chimaltenango y El Progreso, pero para ciudad de Guatemala la tasa de biodegradación es mayor. Además se encontró que la resistencia mecánica aumenta, durante el proceso de biodegradación del guante GREEN-DEX. Por otro lado, existe evidencia que el EBT tiene un rol en la actividad metabólica del microbioma que degrada al guante GREEN-DEX.

Palabras clave: Biodegradación, guantes, GREEN-DEX, condiciones de campo.

I. Introducción

La contaminación es una de las problemáticas actuales con alto impacto en temas sociales y económicos. Los guantes constituyen un componente esencial de bioseguridad en los laboratorios dado que protegen al operador (Pickover, 2013), comúnmente fabricados de látex, se descartan 19 millones de pares al mes en el mundo. En el año 2014 la empresa *SHOWA* diseñó el primer guante llamado GREEN-DEX, el cual fue aprobado por la American Society for Testing Materiales (ASTM), en condiciones de laboratorio.

El presente trabajo de graduación tuvo por objetivo evaluar el comportamiento degradativo de los guantes biodegradables desarrollados por *SHOWA*, en comparación con los guantes de nitrilo y látex diseñados por la misma empresa. La evaluación se hizo en condiciones de campo enterrando los guantes en bolsas con hojarasca y tierra, en los departamentos de El Progreso, Chimaltenango y ciudad de Guatemala, durante un período de cinco meses.

Como parámetros de biodegradación se emplearon: peso del guante, resistencia mecánica (tensión) y porcentaje orgánico de nitrógeno en la hojarasca por medio de un cromatógrafo de gases y analizador de Nitrógeno y Carbono. Con los datos obtenidos de masa y tensión se realizaron modelos para cada uno de los tres tipos de guantes en los tres sitios de estudio. El guante GREEN-DEX presentó el menor tiempo de biodegradación de acuerdo a los modelos de cambio de masa propuestos (9 meses ciudad de Guatemala), se encontró además que gana tensión hasta el cuarto mes y junto con el guante de nitrilo presentaron los mayores cambios de porcentaje de nitrógeno (lo que confirma que hay proceso de biodegradación. Por lo tanto, las pruebas de laboratorio a las que fue sometido el guante GREEN-DEX no se contradicen con los resultados encontrados en campo, por lo cual son extrapolables a las condiciones de campo evaluadas en Chimaltenango y El Progreso, pero para ciudad de Guatemala la tasa de biodegradación es mayor.

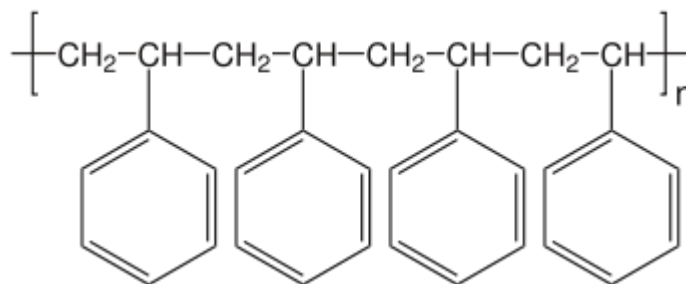
II. Antecedentes

A. Generalidades de los guantes

1. Origen. En el siglo XVIII, resultaba muy común que dentro del área médica los doctores no utilizaran guantes, la única manera de medir el prestigio y la calidad de un médico era por la cantidad de líquidos y fluidos que este poseía en su bata (Pickover 2013). Los primeros intentos de guantes fabricados fueron a base de intestinos de cordero, no fue hasta 1944 que la empresa *Goodyear* generó los primeros guantes de látex, por medio del proceso de vulcanización, que consiste en la transformación de compuestos químicos, posterior a ello se agregaron polvos a los guantes para que la colocación de estos fuera más fácil (Pickover 2013).

2. Polímeros e implicaciones ecológicas. Los polímeros se definen como cadenas de carbono, generadas a partir de monómeros que se atraen entre sí y forman grandes cadenas carbonadas, la forma base de un polímero se observa en la Figura 1. Estos le dan consistencia a los materiales, pueden ser sintéticos o encontrarse de forma natural en plantas de la familia Euphorbiaceae (Billmeyer 1975). El problema biodegradativo con los polímeros es su alta permanencia en un ecosistema y se desconoce en gran parte que componentes químicos que liberan durante el proceso de biodegradación. Esto puede permitir que componentes como aluminio sean desprendidos al sustrato y dañen la capacidad germinativa y regenerativa del suelo (Polinter, 2012). Afectando con ello la vegetación y por lo tanto a la fauna del ecosistema.

FIGURA 1. Estructura básica de un polímero



(Fernández, 2007)

3. Tipos de guantes y usos. La función principal de los guantes es la protección ante abrasiones, quemaduras y punzones. Los guantes se clasifican de acuerdo a su material, siendo los más comunes: Látex, Nitrilo y Vinilo.

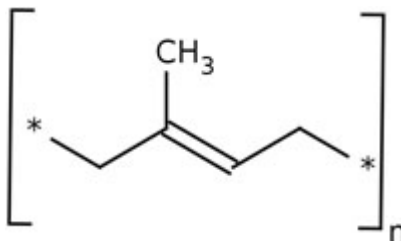
a. Látex. La Figura 2 muestra un guante de látex y en la Figura 3 se observa la estructura química que compone dicho guante. No existe actualmente una composición general que defina el compuesto del que provienen todos los guantes de látex, pero se conoce que estos se forman principalmente de un polímero como el que se muestra en la Figura 2, proveniente del caucho de plantas de la familia Euphorbiaceae, su uso principal es para la manipulación de componentes biológicos y algunos químicos (Pickover 2013).

FIGURA 2. Guante de látex



Modificada de (Lidera, 2013).

FIGURA 3. Polímero de látex en guantes



Modificada de (González, 2011).

b. Nitrilo. La estructura de este guante se observa en la Figura 4. Este tipo de guante se genera a partir de un polímero sintético basado en nitrógeno (Figura

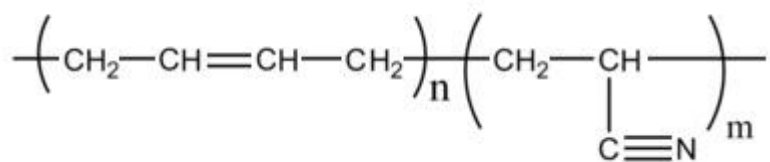
5), es un guante más resistente a punzones y una alternativa al guante de látex cuando este produce irritación en el operador, su uso principal es químico debido a su amplia resistencia a agentes químicos peligrosos como algunos sulfatos y nitratos (Montes *et al* 2009).

FIGURA 4. Guante de nitrilo



Modificada de (TotClinic, 2013).

FIGURA 5. Estructura de los guantes de nitrilo



Modificada de (Gómez, 2012).

c. **Vinilo:** La representación del guante se observa en la Figura 5. Este guante se compone principalmente de un polímero sintético, se usa principalmente en procesos que no requieren contacto directo con solventes, su ventaja respecto al látex es que es inerte dermatológicamente, lo que significa que no produce alergia al operador (Dominguez y Ferrer 2010).

FIGURA 6. Guante de vinilo



Modificada de (USAC-MEDICA, 2013).

d. *GREEN-DEX*. El guante 6105PF GREEN DEX, se desarrolló por la empresa *SHOWA* 2014, se lanzó al mercado como el primer guante biodegradable, de acuerdo con la American Society for Testing Materiales (ASTM), el guante puede degradarse en un 15% en un período de 157 días de acuerdo a la prueba ASTM D5511 (Showa 2014).

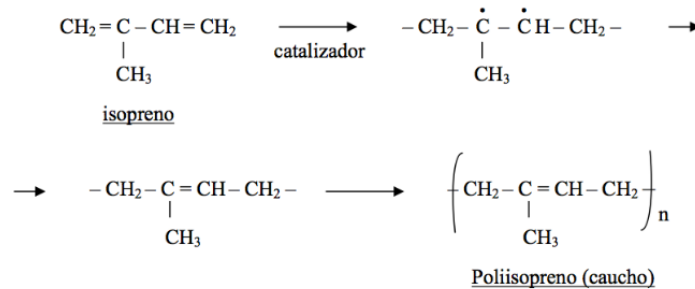
B. Biodegradación

1. Definición e implicaciones. Es el proceso de descomposición que ocurre en un material de manera natural por la acción de bacterias y hongos y que al finalizarse devuelve al ecosistema gran parte de los nutrientes que se utilizaron para su fabricación (Rodríguez, 2005). Por lo tanto, lo no biodegradable corresponde a productos que no son degradados por erosión y actividad microbiana, estos más bien necesitan de actividad humana como por ejemplo el reciclaje para reducirse y eliminarse (Red Española de Compostaje, 2014). En la fase primaria de la degradación ocurre pérdida de la resistencia mecánica del material y en la fase final hay una liberación de minerales y gases como: N_2 y CH_4 (Polinter 2012). El rol de la microbiota en el proceso de biodegradación es desintegrar el material en moléculas simples y que estas entren de nuevo a los procesos biogeoquímicos. Un ejemplo de ello es el nitrógeno ya que al ser liberado por biodegradación, entra en contacto con el ambiente en forma gaseosa (Polinter, 2012).

2. Tipos de degradación en polímeros

a. Degradación química. Los mecanismos de degradación de polímeros consisten en el uso de reacciones de ruptura homolítica (Figura 7), esta consiste en la ruptura de polímeros por medio de la liberación de radicales libres y acepción de protones (Seymour y Carrahaer 1995).

FIGURA 7. Ruptura homolítica de polímeros.



Modificada de (Lomelí, 2014).

b. Foto degradación. Este proceso consiste en la oxidación de los polímeros por exposición a la luz, lo cual genera degradación en la resistencia mecánica de los mismos (Rodríguez 2008).

c. Degradación biológica: Comprende todo proceso de descomposición generado de manera natural por la acción enzimática del metabolismo de microorganismos, esta puede darse de una manera anaeróbica o aeróbica (Polinter 2012).

3. Importancia de biodegradación en guantes. Los productos biodegradables representan una oportunidad para la reducción de la contaminación mundial, se estima que al mes se descartan 19 millones de pares de guantes en el mundo, la gran mayoría proveniente de la industria médica.

El descarte excesivo de guantes representa un peligro dado que los guantes más utilizados son de látex, estos al no ser biodegradables representan un vector para la transmisión de

enfermedades, dado que quedan expuestos al ambiente donde las personas pueden llegar a enfermarse por contacto con fluidos que contengan dichos guantes (Hughes *et al* 2013).

4. Entes responsables de evaluar la biodegradación. A continuación se enumeran las empresas que realizan evaluaciones de biodegradación y los métodos que utilizan.
 - a. *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Emplean pruebas en recipientes herméticos, con inóculos de materia para medir la biodegradación de los materiales, estas pruebas duran un promedio de 4-6 meses, se considera un material biodegradable si este presenta degradación por actividad microbiana (Polinter 2012).
 - b. *International Standard Organization* (ISO) Emplean métodos estándar para observar el cambio en la estructura de un polímero, bajo condiciones ambientales específicas (controladas por laboratorio) e igualmente se considera biodegradable a todo material que sea susceptible a la actividad microbiana (Polinter 2012).
 - c. *German Institute for Standardization*. En este método se emplean modelos que miden la tasa de biodegradación de los materiales, pero se considera biodegradable únicamente el producto en el cual todos sus componentes químicos se degraden por actividad microbiana, esto basado en la idea de que un material es considerado biodegradable, si y solo si todos los compuestos químicos que lo conforman son biodegradables por separado (Polinter 2012).
 - d. *European Committee for Normalization*. Emplean criterios muy similares al ASTM, con la diferencia que hay un enfoque más profundo hacia el proceso de mineralización, por lo que las pruebas toman un período de tiempo mayor (Polinter 2012).
 - e. Ventajas y desventajas de las entidades que evalúan los procesos de biodegradación. Una de las ventajas de las pruebas de biodegradación es que permiten obtener un modelo del comportamiento del material en poco tiempo, además de modelos matemáticos que podrían apegarse a la situación real.

Actualmente no se conoce qué microorganismos específicamente son empleados para las pruebas de biodegradación, ni su distribución geográfica, lo que puede representar un problema al momento que el área de descarte del material, no contenga la microbiota necesaria para la degradación de dicho material.

5. Parámetros químicos para medición de biodegradación. La mayoría de pruebas miden la concentración de Metano (CH_4), Dióxido de Carbono (CO_2), Nitrógeno (N_2) y el peso del polímero, esto se realiza a través de recipientes herméticos y bioreactores controlados, cada sistema es controlado de manera computarizada por medio de sensores y electrodos que detectan la producción de gases y permiten calcular el peso del polímero en las diferentes etapas de la degradación (Polinter 2012).

a. Tecnología empleada en guante *GREEN-DEX*. El guante 6105PF GREEN DEX (Figura 8), desarrollado por la empresa *SHOWA* 2014, se lanzó al mercado como el primer guante biodegradable de nitrilo, al ser el primer guante fabricado con EBT (Eco Best Technology) la cual es una molécula en proceso de patente. De acuerdo con la American Society for Testing Materials (ASTM), el guante puede degradarse en un 100% en un promedio de 2.2 años, de acuerdo a la prueba ASTM5511 (Showa 2015).

FIGURA 8. *GREEN-DEX*



(*SHOWA*, 2014).

b. Bacterias importantes en biodegradación de guantes

1) Microorganismos biodegradantes de látex. Entre los microorganismos que degradan el latex se encuentra *Bacillus sp. SBS25*, bacterias gram-negativo, la cual fue descubierta por Cherian y Jayachandran en el año 2010. Por otro lado, se descubrió que muchos microorganismos pertenecientes al grupo Actinomycetes (*Streptomyces*, *Mycromonospora*, *Nocardia* y *Actinomadura*) fueron identificados como agentes descomponedores de caucho y en los cuales se pueden encontrar bacterias Gram-positivo, aunque falta el estudio de especies específicas (Jendrosseck et al 1997).

2) Microorganismos degradantes de nitrilo. En cuanto al estudio de hongos que degradan nitrilo se ha encontrado que los géneros *Penicillium*, *Aspergillus*, *Pseudomonas* y *Fusarium*, poseen enzimas responsables para la degradación de nitrilo, siendo identificadas la nitril-hidrolasa, amidasa y nitrilasa, el producto de estas es N_2 , que proviene de la degradación directa del nitrilo, CH_4 y CO_2 provenientes de la energía gastada en dicho proceso o como desechos del polímero (Bode et al 2002).

3) Ruta de degradación del nitrilo: Las bacterias y hongos que utilizan la hojarasca como fuente de carbono pueden utilizar la nitrilasa, la cual es una enzima que permite la ruptura de las cadenas de carbono sin intermediarios libres y genera a partir de ello, amonio, fosfato, dióxido de carbono y agua, los cuales son componentes vitales para los microorganismos. Un reducido grupo de microorganismos es capaz de fijar el nitrógeno (familias como Rhodospirillaceae, Clorobiaceae y Cianobacteriae pueden realizar este proceso), además que la tasa de degradación difiere de la especie de microorganismos, este proceso además es esencial para el ambiente debido a que el nitrógeno fijado puede ser utilizado por las raíces de las plantas como nutriente. El nitrógeno generado a partir de la descomposición también puede metabolizarse y convertirse en proteínas, aminoácidos, metabolitos secundarios o ser liberado como gas (Bode et al 2002).

c. Estudios de biodegradación de guantes. No se han realizado previamente estudios que evalúen la biodegradación de guantes, así como no hay estudios

publicados en relación al GREEN-DEX. Únicamente se ha estudiado la degradación del látex natural y la degradación en agentes biológicos como hojarasca y compost (Lusk *et al* 2001), (Villavicencio 2012).

1) Biodegradación en hojarasca y compost. Para este tipo de estudios se entierra hojarasca y tierra en bolsas de polietileno con o sin malla de 1mm, para permitir el paso de microorganismos. Después de cierto tiempo se mide el peso de estos y la cantidad de nitrógeno, con ello se realizan correlaciones entre: peso y concentración de nitrógeno con el tiempo de siembra, considerando que las bacterias se alimentan de la hojarasca se espera que la tasa de descomposición se relacione con una disminución en el nivel de nitrógeno (Lusk *et al* 2001), (Villavicencio 2012).

2) Primera fase de la biodegradación en hojarasca. El primer indicador de descomposición en hojarasca es la fragmentación física y química de dicha materia, al estar fragmentada esta puede generar componentes como fosforo, que se mezclan con el suelo, a esta fase se le conoce como humificación y mineralización. Esta fase está influenciada principalmente por el clima, disponibilidad de nutrientes y concentración de carbohidratos.

3) Segunda fase de la biodegradación en hojarasca. La segunda fase de degradación de la hojarasca ocurre cuando se degradan componentes como: lignina, fenoles y taninos, que actúan como factores que desaceleran el proceso de descomposición

d. Nitrógeno en plantas. Los únicos estudios de biodegradación que se han realizado, han estado enfocados principalmente en la biodegradación de la hojarasca. La función principal del nitrógeno es generar componentes proteicos, enzimáticos y metabolitos secundarios (Kass 1998). La metodología más utilizada para la medición de nitrógeno es el método Kjeldahl, que se basa en un proceso de captura química de amonio por medio de compuestos sulfurados, para su posterior medición y cálculo bioquímico (Lusk *et al* 2001), (Villavicencio 2012).

1) Método Kjeldahl: Este método se desarrolló en 1883, sirve para cuantificar la cantidad de nitrógeno y proteínas dentro de una muestra, se basa en el principio que el nitrógeno se oxida en presencia de ácido sulfúrico concentrado, con ello se logra convertir el nitrógeno anímico en sal amoníaca y esta es destilada sobre un volumen base para determinar el porcentaje del nitrógeno como un valor excedente del valor base (Brown y Salle 1967).

2) Cromatografía de Gases: Utilizando un cromatógrafo de gases se puede determinar el porcentaje de nitrógeno orgánico en una muestra. Este método se basa en la combustión de una muestra pulverizada, la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte.

6. Resistencia mecánica. La resistencia mecánica es el producto de dos fuerzas en dirección opuesta que actúan sobre algún cuerpo físico, y permiten que este resista a estas sin romperse, estas se ven influenciadas por el material y la unidad de medida de esta variable es psi o MPa (Callister 2002).

7. *SHOWA*. Es una empresa Europea que actualmente trabaja junto a la empresa Best, desarrollando tecnologías amigables con el ambiente, dentro de sus inventos más comercializados se encuentran los guantes desechables, para ello la empresa fabrica guantes de nitrilo, látex y actualmente son acreedores de la patente Eco-Best-Technology que es el componente principal del GREEN-DEX.

III. Justificación

La problemática de contaminación mundial actual comprende: contaminación de ríos, pérdida de fauna, epidemias recurrentes y un déficit en la calidad de vida humana (MEA 2015). Dentro de este contexto, es permitido inferir que el crecimiento de la industria genera cada día más productos, muchos de ellos son esenciales como protección para desempeñar roles profesionales, pero muchos de ellos pueden tomar cientos de años en degradarse de manera natural (biodegradación) a su expresión más mínima, esto representa una amenaza social dado que se degradan servicios ecosistémicos básicos como: polinización, aguas limpias, entre otros. Además de representar una pérdida económica, para entidades gubernamentales encargadas de purificar y reciclar todos los materiales no biodegradables tanto esenciales como no esenciales. (MEA 2015).

Los guantes, constituyen un elemento indispensable desde 1844, su uso principal es de laboratorio, su función es proteger al portador del mismo de punzones, abrasiones y contacto con fluidos y químicos peligrosos para el mismo (Pickover 2013).

Un guante es en esencia un polímero y estos pueden provenir de un origen natural (látex, no biodegradable) o un origen sintético (nitrilo, biodegradable en un tiempo prudencial). En cuanto a la temática de contaminación por guantes, en el mundo se generan cerca de 19 millones de pares de guantes desechados por mes, dentro de los cuales la mayoría son guantes de látex (Hughes *et al* 2013). *SHOWA* diseñó el primer guante biodegradable en el año 2014 llamado GREEN-DEX y fue puesto a prueba por la American Society for Testing Materials en condiciones de laboratorio y concluyó que se alcanza una biodegradación total del guante en 2.2 años.

Por otro lado, las pruebas de biodegradación son realizadas con temperaturas constantes e inóculos de bacterias, por ello no es válido extrapolar la información para regiones tropicales como Guatemala, dado que existe variación en las condiciones climáticas (temperatura, humedad, pH del suelo), así como en la composición vegetal y microbiológica, los cuales afectan la velocidad de degradación. Existe además un vacío de información en la distribución de microorganismos, por lo tanto es necesario realizar las pruebas de biodegradación en condiciones de campo, con diferentes factores abióticos .

Tomando en cuenta además que muchas comunidades no poseen acceso a servicios de descarte óptimos y que existe un alto índice de descarte, es necesario evaluar estas tecnologías amigables con el ambiente.

El presente trabajo evaluó la tasa de biodegradación del GREEN-DEX, en comparación con los guantes de nitrilo y látex, para poder determinar si es un producto amigable con el ambiente, estos resultados generaran impacto en cuanto a que es la primera prueba de este material, en condiciones reales de campo para una región tropical.

IV. Objetivos

A. General

- Comparar la tasa de biodegradación en campo entre guantes de nitrilo biodegradable, nitrilo y látex en un periodo de cinco meses.

B. Específicos

- Medir de los cambios en la cantidad de nitrógeno y carbono en hojarasca utilizada en ensayos de degradación en campo, entre los distintos sitios de estudio y tipos de guantes.
- Medir el cambio de masa de los tres tipos de guante durante cinco meses de siembra en campo, entre los distintos sitios de estudio y tipos de guantes.
- Medir el cambio de tensión de los tres tipos de guante durante cinco meses de siembra en campo, en los distintos sitios de estudio y tipos de guantes

V. Hipótesis

HI: Existirá diferencia entre los parámetros de tensión, masa, nitrógeno y carbono para los tres tipos de guantes.

HO: No existirá diferencia entre los parámetros de tensión, masa, nitrógeno y carbono para los tres tipos de guantes.

VI. Metodología

A. Procedimiento

El estudio se realizó durante los meses de octubre de 2015 a febrero de 2016.

1. Sitios de estudio.

a. Finca la Vega. Se encuentra en el Km 137.5, el Progreso, Aldea el tablón, Guatemala, a 400msnm, con una temperatura promedio de 33°C, una precipitación promedio anual de 970.4mm y una humedad relativa de 37% (Accuweather 2015).

b. Finca la Colina. Ubicado en Chimaltenango, Guatemala, con una altitud de 1753msnm, una precipitación promedio anual de 1639.3mm una temperatura promedio de 20°C (Accuweather 2015).

c. Colonia San Carlos, casa particular. Ubicada en la primera calle, casa 16, colonia San Carlos, zona 16, a una altitud de 1500msnm, con una precipitación promedio anual de 580.5mm y con una temperatura promedio de 25°C (Accuweather 2015).

2. Siembra de guantes

1. Distribución de muestras de estudio. La distribución de los guantes puede observarse en el CUADRO 1. Se utilizaron tres tipos de guantes para el estudio: Látex, Nitrilo y GREEN-DEX. Estos guantes fueron distribuidos en: guantes con hojarasca y tierra, guantes sin hojarasca ni tierra (solos) y guantes con doble bolsa. Los guantes con hojarasca y tierra sirvieron para determinar el cambio en: masa, tensión y porcentaje de nitrógeno y carbono. Los guantes solos sirvieron para evaluar si los guantes se degradaban aún sin tener un sustrato que contuviera microorganismos. Por último, los guantes de doble bolsa sirvieron para evaluar si el guante era autodegradable. Se utilizó doble bolsa con el fin de aislar lo más posible la interacción de microorganismos del ambiente con los guantes.

Se usaron 255 guantes de cada tipo de guante. Los 255 guantes se distribuyeron en 60 bolsas de polietileno con cuatro guantes del mismo tipo (cada bolsa con 10g de hojarasca y 10g de tierra proveniente de cada sitio de estudio, debidamente homogenizada) y 15 bolsas con

un solo guante con doble bolsa de polietileno (sin hojarasca ni tierra). Se enterrarán en agujeros de 50x50x50cm de profundidad para acercarse a la capa biodegradativa (Villavicencio, 2012), para cada lugar habrá cinco agujeros a una distancia aproximada de 50cm entre cada agujero y cada de uno con 45 bolsas

CUADRO 1. Distribución de los guantes de estudio en cada sitio de estudio y sus respectivos contenidos

| Tipo de Guante | Total bolsas por mes | Bolsa con hojarasca y tierra | Bolsa sin hojarasca | Doble bolsa |
|-----------------------|-----------------------------|---|---|---|
| Nitrilo | 5 | 3 bolsas con 4 guantes de nitrilo, con hojarasca y tierra | 1 bolsa con 4 guantes de nitrilo, sin hojarasca ni tierra | 1 Bolsa doble con un guante de nitrilo, sin hojarasca ni tierra |
| GREEN-DEX | 5 | 3 bolsas con 4 guantes GREEN-DEX con hojarasca y tierra | 1 bolsa con 4 guantes GREEN-DEX, sin hojarasca ni tierra | 1 Bolsa doble con un guante GREEN-DEX, sin hojarasca ni tierra |
| Látex | 5 | 3 bolsas con 4 guantes de látex, con hojarasca y tierra | 1 bolsa con 4 guantes de látex, sin hojarasca ni tierra | 1 Bolsa doble con un guante de látex, sin hojarasca ni tierra |

CUADRO 2. Distribución de controles

| Cantidad de guantes por bolsa | Tipo de evaluación |
|---|-----------------------------------|
| 4, sin hojarasca ni tierra | Migración de bacterias |
| 1 en doble bolsa, sin hojarasca ni tierra | Detección de autodegradación |
| 0, únicamente hojarasca y tierra | Evaluación de Nitrógeno y Carbono |

2. Establecimiento de controles. Se tomaron como controles para cada mes: una bolsa con cuatro guantes, que únicamente contenía tierra para evaluar la migración de bacterias, una bolsa con un guante y doble bolsa para evaluar que el guante se degrade por actividad microbiana y no por autodegradación y una bolsa únicamente con tierra y hojarasca para evaluar nitrógeno y carbono antes y después de actividad microbiana,

3. Párametros a medir en los guantes antes de entierro.

- a. Medición de masa. Antes del estudio, se medieron los pesos de todos los guantes para el estudio y se realizó un promedio de peso entre estos con una balanza analítica, marca OHAUS. Cada mes que se desenterraron los guantes correspondientes, se lavaron con agua y se secaron en un secador de madera por tres días.
- b. Medición de tensión guantes. Se utilizaron los datos generados por medio del tensiómetro de *SHOWA*, la unidad de medida para la tensión fue psi.
- c. Medición de Porcentaje Orgánico de Nitrógeno. Se realizó una medición de nitrógeno y carbono en hojarasca por cada sitio de estudio, por cromatografía de gases que es un proceso donde una fase gaseosa desplaza una fase móvil a través de combustión. Este método es uno de los más confiables debido a su exactitud (Red Española de Compostaje, 2014). Se utilizó un Analizador de Nitrógeno y Carbono Flash EA 1112. El análisis se realizó en el Centro de Estudios Ambientales y de Biodiversidad de la Universidad del Valle de Guatemala, se procesaron las muestras de la siguiente forma:
 - Se pulverizaron las muestras de hojarasca utilizando un triturador.
 - Se tamizó la muestra a partir de un tamiz No.100 y con lo capturado se ingresó 0.25mg de muestra al analizador.
 - Se pesó y secó 1g de muestra pulverizada en un horno a 80°C por dos horas para posteriormente hacer corrección de humedad.

d. Análisis de muestras. En el Cuadro 3 se muestra la distribución de las 15 muestras a analizar.

CUADRO 3. Controles para análisis de nitrógeno y carbono

| No. de muestras | Identificación | Contenido | Mes |
|------------------------|--|--|---|
| 3 | 1 bolsa de Chimaltenango. 1 bolsa de ciudad de Guatemala. 1 bolsa de El Progreso | Hojarasca y Tierra, donde no existía presencia de guantes. | 0, colectado de la hojarasca y tierra con la que se llenaron las bolsas de todas las muestras |
| 3 | 1 bolsa de Chimaltenango. 1 bolsa de ciudad de Guatemala. 1 bolsa de El Progreso | Hojarasca y Tierra, donde no existía presencia de guantes. | 5, al finalizar el estudio |
| 9 | 3 bolsas de Chimaltenango, una por cada tipo de guante. 3 bolsas de ciudad de Guatemala, una por cada tipo de guante. 3 bolsas de El Progreso, una por cada tipo de guante | Hojarasca y Tierra, donde había presencia de guantes | 5, al finalizar el estudio |

4. Modelación matemática. Se empleó un método de regresión matemática, con los datos de resistencia mecánica y peso. Cada uno de estos parámetros se modeló individualmente en función del tiempo del estudio, para cada uno se empleó distintos tipos de regresiones, para modelar el comportamiento degradativo, se tomó el modelo más simple con el R^2 más alto.

VII. Resultados y discusión

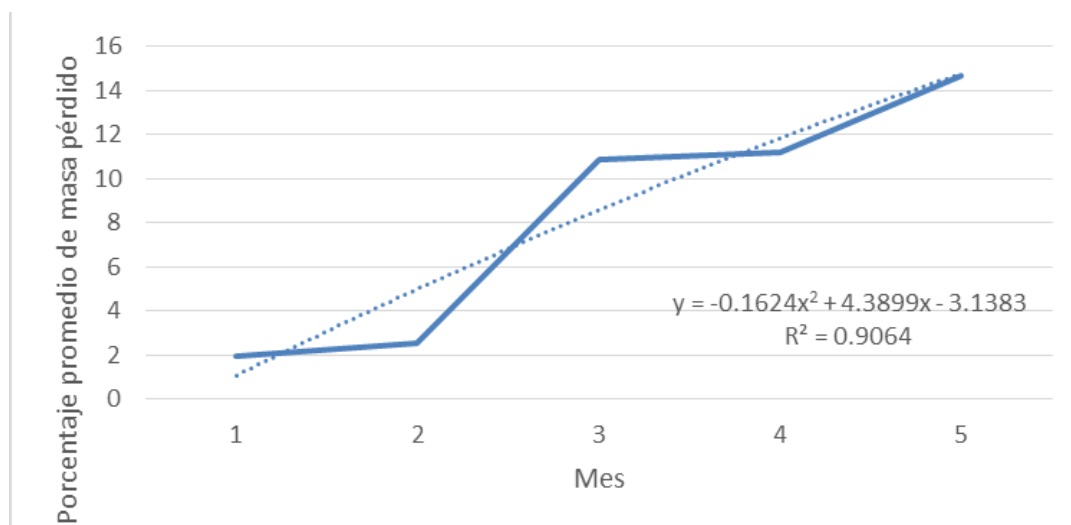
A. Pérdida de masa

1. Guantes con hojarasca y tierra.

a. Ciudad de Guatemala. De acuerdo al modelo generado por la pérdida de masa durante el período de cinco meses de siembra, para este sitio el guante GREEN-DEX tardaría nueve meses en degradarse totalmente, Se observa en la Figura 9 que el guante sigue un modelo de orden dos, lo cual significa que la tasa de pérdida de masa en el guante incrementaría en mayor magnitud al modelo propuesto por las pruebas de laboratorio a las que fueron sometidos los guantes. El proceso de pérdida de masa se incrementa a partir del tercer mes, que corresponde al mes de diciembre de 2015, en el cual hubo alta incidencia de lluvias y la precipitación media en este sitio para este mes fue de 1867mm (Insivumeh, 2015). De acuerdo a Polinter (2012) la lluvia acelera la velocidad de degradación dado que los microorganismos se movilizan por las diferentes capas de sustratos en busca de alimento y humedad.

Dado que la bolsa estaba en interacción con el ambiente, los microorganismos de diferentes capas pudieron migrar hacia las bolsas del guante que representaba una potencial fuente alimenticia, por lo tanto, la hojarasca y tierra pudieron favorecer la movilización de los microorganismos porque son un reservorio de nutrientes (Villavicencio, 2012). Respecto al guante de nitrilo, el modelo indica que se degradaría totalmente en 44 meses, la tasa de pérdida de masa es más acelerada en los primeros meses para este tipo de guante que en el guante GREEN-DEX. Es posible que esto se deba a que los microorganismos necesitan adaptarse metabólicamente para degradar el aditivo de EBT; sin embargo, el modelo de nitrilo es de orden uno, por lo que la diferencia en el tiempo de degradación es mayor. El mayor aumento en la pérdida de masa se da a partir del tercer mes al igual que en el guante GREEN-DEX, pero este cambio de masa se estabiliza a partir de los meses cuatro y cinco posiblemente, porque los microorganismos no pudieron seguir degradando la capa de guante que quedaba remanente. En este sitio es donde el guante de látex tardaría menos en degradarse (228 meses).

FIGURA 9. Porcentaje promedio de pérdida de masa en guante GREEN-DEX en ciudad de Guatemala.

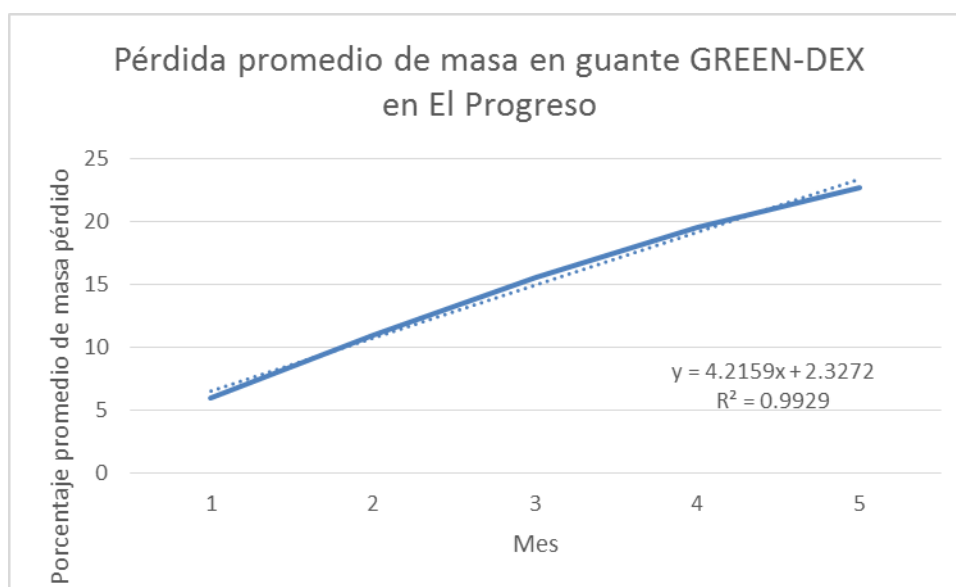


b. El Progreso. Los resultados de este sitio son contrarios a ciudad de Guatemala, pero poseen patrones en común. Este fue el sitio donde todos los guantes tardaron más en degradarse, el modelo indica que el látex tardaría en degradarse 322 meses, el guante GREEN-DEX 23 meses y el nitrilo 46 meses. Para el guante GREEN-DEX (Figura 10) el modelo es casi igual al predicho por *SHOWA* en el año 2014, basados en los resultados de pruebas estandarizados, a diferencia que el modelo de *SHOWA* propone que el guante GREEN-DEX se degrada en 22 meses. Por otro lado, la poca degradación de los guantes puede deberse a la falta de humedad y temperatura del sitio, la perspectiva fisiológica de esto es que algunos microorganismos, en ausencia de agua, pasan a un estado dormante (metabólicamente inactivo) (Bode *et al*, 2012), por lo que la pérdida de masa es menor, además las pruebas de biodegradación actuales emplean agua para asegurar un medio de compostaje para que los microorganismos inoculados puedan degradar el material deseado (IGME, 1996), por lo tanto en un sitio con poca humedad el proceso de biodegradación es más lento.

c. Chimaltenango. En este sitio el modelo matemático indica que el guante de nitrilo (Figura 11) se degradaría totalmente en 19 meses, lo cual es más rápido que

la degradación del guante GREEN-DEX (22 meses), para este último esta cantidad de tiempo es igual a la estimada por *SHOWA* basados en las pruebas estandarizadas de laboratorio, lo que significa que los resultados obtenidos en laboratorio son extrapolables a estas condiciones de campo, el guante de látex tardaría en degradarse totalmente 250 meses. Para este sitio no se reportó ningún mes con alta incidencia de lluvias, pero de acuerdo al modelo de nitrilo la degradación va en constante aumento, mientras que para el guante GREEN-DEX se estabiliza entre los meses tres y cuatro, se cree que esto puede ocurrir dado que el microbioma en este sitio está conformado por microorganismos que son metabólicamente más aptos para degradar el nitrilo que la combinación EBT-nitrilo.

FIGURA 10. Porcentaje promedio en pérdida de peso de guante GREEN-DEX en El Progreso.



2. Guantes sin hojarasca y tierra (**solos**). Se emplearon los guantes sin hojarasca y tierra como control para evaluar su capacidad como “atractores de microorganismos”, dado que es una de las características atribuidas al guante GREEN-DEX (*SHOWA*, 2014). Ningún guante se degradó más de 9% en ninguno de los sitios (Figura 12), además que ninguno tiene un modelo de pérdida de masa estable, esto posiblemente debido a que el guante necesita de un medio para que se pueda degradar (Polinter, 2012), por lo que ninguno de los guantes es atractor de microorganismos.

FIGURA 11. Porcentaje promedio en pérdida de peso de guante Nitrilo en Chimaltenango.

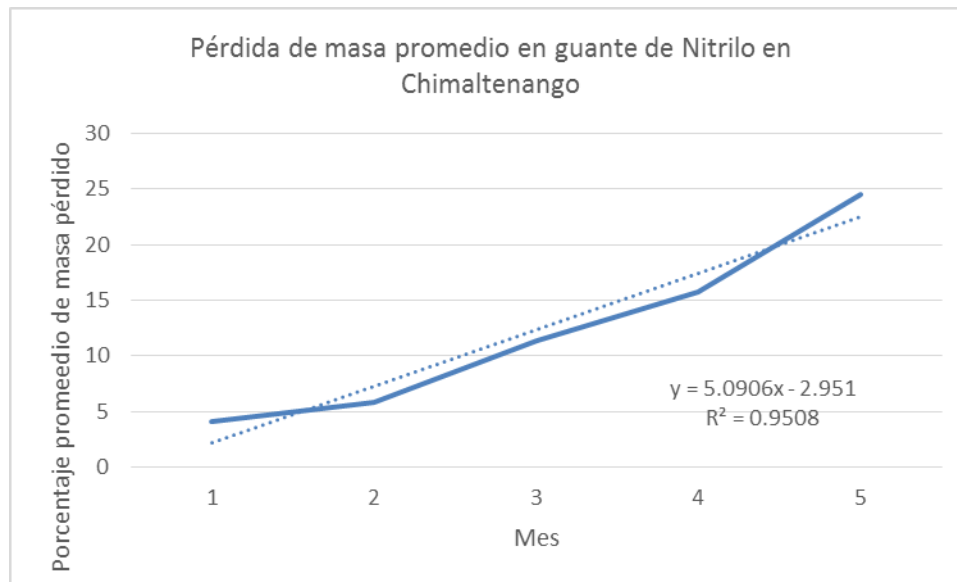
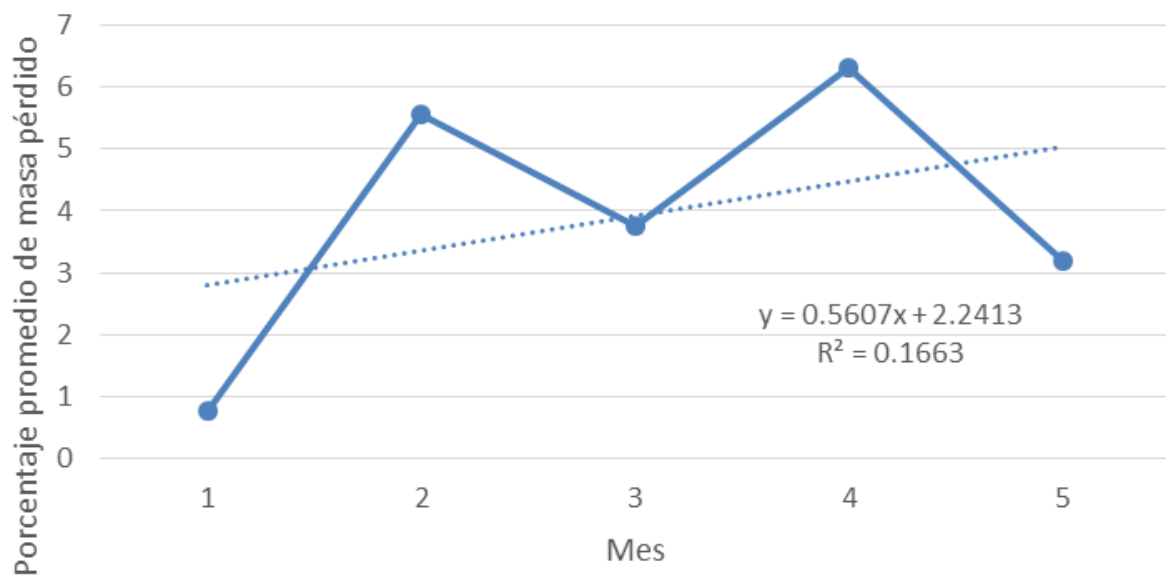


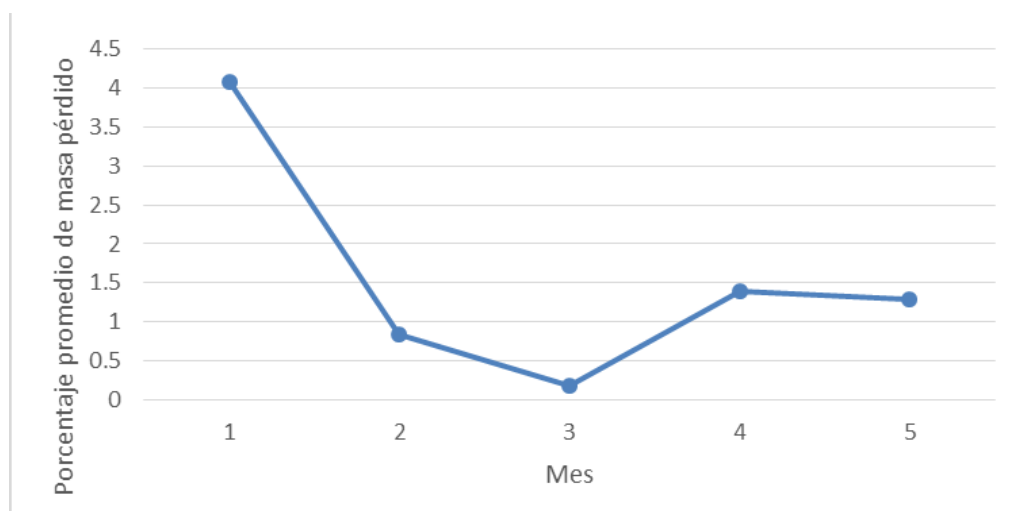
FIGURA 12. Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes GREEN-DEX sin hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala.



3. Guantes doble bolsa. Ninguno de los guantes doble bolsa se considera autodegradable, debido a que la pérdida de peso no fue mayor al 4% para

ninguno de los guantes, esto pudo ocurrir dado que no hay ningún factor que pueda degradar el guante, posiblemente los microorganismos que se encontraban en las bolsas pudieron haber degradado el porcentaje que perdió el guante, aunque también pudo deberse a daño mecánico cuando se lavó el guante, o por oxidación de los componentes. Por lo que se comprueba que la autodegradación no debería ser un problema en el mercado.

FIGURA 13. Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes GREEN-DEX sin hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala.

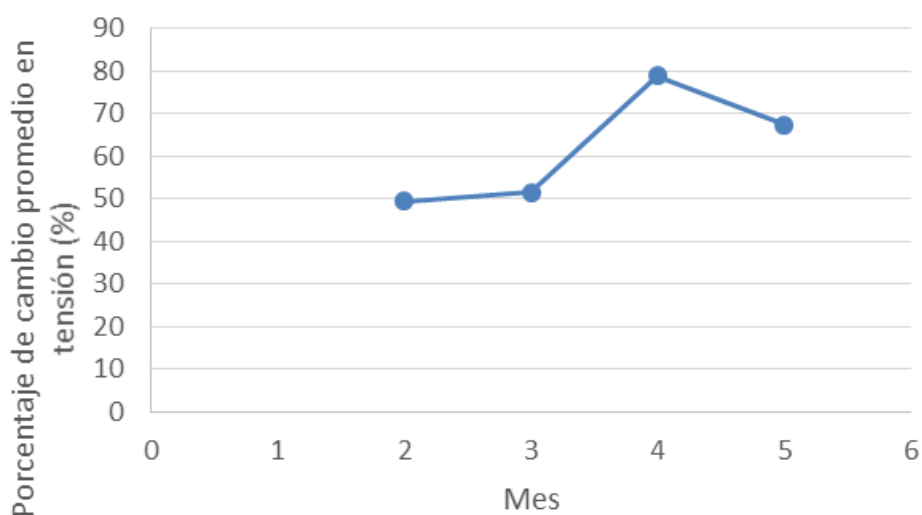


B. Resistencia mecánica/tensión.

La resistencia mecánica es un parámetro evaluado en los guantes para asegurar su función, que es proteger de agentes externos que afecten la seguridad del operador. Para los tres sitios, el guante GREEN-DEX gana tensión en el segundo, tercer y cuarto mes (Figura 13), para el segundo y tercer mes el cambio promedio en la tensión es muy similar, para el cuarto mes se llega al punto máximo de tensión y a partir del quinto mes la tensión baja aceleradamente. En cuanto al guante de nitrilo y látex se encontró que pierden tensión constantemente cada mes.

Se cree que la diferencia en pérdida de resistencia mecánica en los guantes de nitrilo y látex en comparación con el guante GREEN-DEX, podría deberse al aditivo EBT. Este puede hacer que los microorganismos degraden la capa que lo contiene durante los primeros cuatro meses y después de ello la tensión se comporta como los guantes anteriores.

FIGURA 14. Cambio promedio en tensión de guantes GREEN-DEX en ciudad de Guatemala.



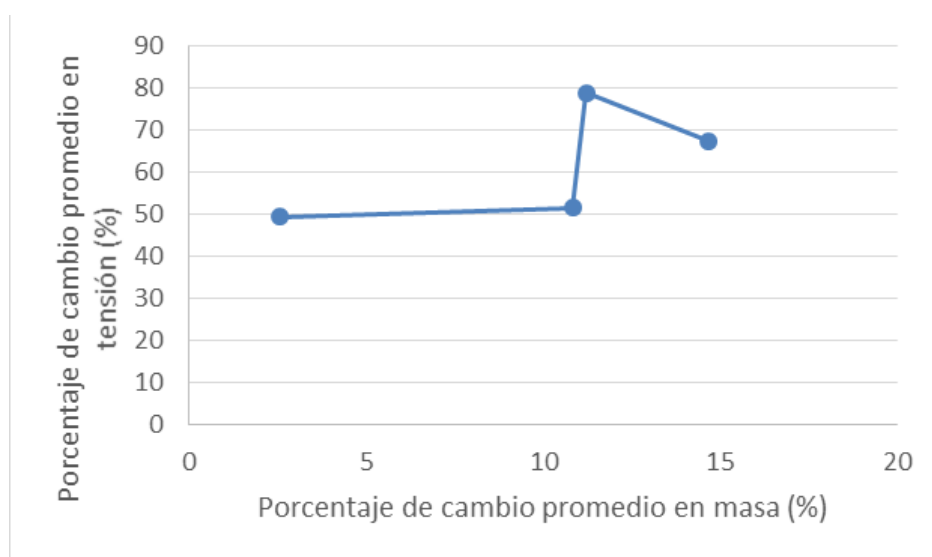
Aunque la masa y la resistencia mecánica no están totalmente ligadas, los datos indican que para el guante GREEN-DEX existe una relación directamente proporcional entre la velocidad en la pérdida de masa y el aumento en la resistencia mecánica, hasta el cuarto mes (Figura 14 y 15). Esto se puede deber a que los polímeros son cadenas de compuestos orgánicos, con alto grado de resistencia molecular. Como se mencionó anteriormente, el EBT puede alterar el patrón de ruptura de las moléculas poliméricas y esto podría ser evidencia del efecto que la molécula causa en la actividad metabólica de los microorganismos.

C. Porcentaje de nitrógeno y carbono.

El nitrógeno y carbono en la hojarasca, fueron parámetros evaluados para comprobar la ocurrencia de degradación en función de la fijación del mismo, para los tres sitios el guante de nitrilo presentó una mayor pérdida en porcentaje de carbono y nitrógeno en comparación con los demás guantes (Cuadro 4). El cambio más grande se observa en Chimaltenango, que fue el sitio donde el guante perdió mayor cantidad de masa, esto puede deberse a que en el proceso de biodegradación pudo producirse una alta tasa de nitrificación, dado que el nitrógeno es el principal componente del guante, lo cual hace que microorganismos denitrificantes migren hacia la capa donde se encuentre el guante y conviertan el nitrógeno (nitratos y nitritos) producido por la degradación del guante en nitrógeno molecular (Rodríguez, 2005). La alta tasa de nitrógeno

conlleva a que los microorganismos conviertan el nitrógeno fijado en gaseoso, con intermediarios como el óxido nitroso (NO_2) (Rodríguez, 2005). El cual es un compuesto tóxico y de efecto invernadero, que se escapa en cierta proporción al ambiente, pero esta producción de gases no pudo evaluarse debido a que para esto se tenía que cerrar la bolsa y el estudio pretendía realizar el estudio bajo condiciones de campo (Villavicencio, 2012).

FIGURA 15. Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes GREEN-DEX en ciudad de Guatemala.



En cuanto a la hojarasca del guante GREEN-DEX, se observó que perdió menos nitrógeno que el guante de nitrilo en todos los sitios, pero en Ciudad de Guatemala fue donde la pérdida de nitrógeno y carbono fue muy similar al nitrilo. Dado que el guante también posee nitrilo puede producirse una alta tasa de nitrógeno, pero el aditivo EBT podría retrasar el proceso de biodegradación en los primeros meses, dado que se puede degradar primero, por lo que la producción de nitrógeno no es tan alta (Villavicencio, 2012),

En cuanto al guante de látex, para todos los sitios el porcentaje de nitrógeno al final es mayor al original, esto puede deberse a que como el proceso de biodegradación es muy lento y hay una poca cantidad de nitrógeno, que en su mayoría podría provenir de la degradación natural de la hojarasca, que podría relacionarse inversamente proporcional con la pérdida de masa, dado que el guante se degradó muy poco en los tres sitios.

CUADRO 4. Cambio porcentual en nitrógeno para los guantes en los tres sitios de estudio.

| Muestra | Carbono orgánico (Base Seca) (%) | Nitrógeno (Base Seca) (%) | Porcentaje de cambio de carbono respecto al control (%) | Porcentaje de cambio de nitrógeno respecto a control (%) |
|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---|--|
| Control ciudad de Guatemala | 16.385 | 0.925 | - | - |
| GREEN-DEX ciudad de Guatemala | 4.408 | 0.681 | -73.092 | -26.374 |
| Nitrilo ciudad de Guatemala | 4.097 | 0.320 | -74.995 | -65.405 |
| Látex ciudad de Guatemala | 14.334 | 0.974 | 12.517 | 5.297 |
| Control Chimaltenango | 30.901 | 1.730 | - | - |
| GREEN-DEX Chimaltenango | 25.054 | 1.306 | -87.243 | -24.509 |
| Nitrilo Chimaltenango | 3.196 | 0.103 | -89.657 | -94.046 |
| Látex Chimaltenango | 28.149 | 1.724 | -8.906 | 0.346% |
| Control El Progreso | 15.343 | 0.674 | - | - |
| GREEN-DEX El Progreso | 10.529 | 0.504 | -31.376 | -25.223 |
| Nitrilo El Progreso | 5.378 | 0.272 | -64.948 | -59.644 |
| Látex El Progreso | 20.855 | 0.992 | 35.925 | 47.181 |

D. Implicaciones.

Los resultados obtenidos son de suma importancia al momento de evaluar actividades y acciones de descarte de los guantes. Todos los parámetros examinados sugieren que el Guante GREEN-DEX en efecto es biodegradable y viable de descartar en los tres sitios examinados, pero en cada sitio el proceso de biodegradación puede variar en tiempo, debido a factores intrínsecos como lo son: porcentaje de humedad, microbioma del sitio, temperatura y clima promedio,

incidencia de lluvias y pH (Villavicencio, 2012). Por lo que se cree que el mejor sitio para descartar el guante GREEN-DEX es uno donde haya alta incidencia de lluvias, pero para el guante de nitrilo se sugiere un sitio con condiciones ecológicas y microbiológicas similares a Chimaltenango, mientras que el guante de látex no es viable para descarte en campo, no importando el sitio.

VIII. Conclusiones

Al finalizar el estudio se encontró que el comportamiento de los tres parámetros evaluados, cambio de masa, de tensión y de porcentaje de nitrógeno, muestran consistencia para el guante GREEN-DEX, por lo que es un guante biodegradable para las condiciones de campo a las que fue expuesto y que gana resistencia mecánica durante el proceso biodegradativo. No hay evidencia suficiente que los guantes evaluados sean autodegradables y tampoco evidencia que se degraden sin sustrato,

Se demostró que las pruebas de laboratorio a las que fue sometido el guante GREEN-DEX son extrapolables a las condiciones de campo evaluadas en Chimaltenango y El Progreso, pero en Ciudad de Guatemala la tasa de biodegradación es mayor atribuido posiblemente a la alta incidencia de lluvias.

Existe evidencia que la molécula EBT tiene un rol de la actividad metabólica del microbioma, en el proceso de biodegradación del guante GREEN-DEX.

IX. Recomendaciones

Se recomienda continuar la investigación de la composición microbiológica de los sitios, por medio de extracciones de microorganismos en hojarasca y tierra, con el fin de facilitar el manejo de los desechos de guantes. Realizando un análisis multivariado para evaluar la interacción entre: temperatura, humedad y pH de los sitios, por medio de una medición diaria de estas variables. Obteniendo de ello información para elaborar un plan de manejo sostenible para el desecho de guantes a nivel mundial, contribuir con la cultura de separación de desechos y generar nuevas oportunidades de mercado en el ámbito de servicios de biodegradación.

Para siguientes estudios se recomienda esterilizar el material (bolsas, guantes) y optimizar el método de cosecha, lavado y secado de los guantes, asegurando la eliminación de contaminación.

Para confirmar las suposiciones de este estudio sería necesario conocer la estructura química de la molécula EBT, el cual a la fecha está en proceso de patente, y sus interacciones en condiciones de campo, dado que puede existir producción de gases invernaderos por la alta producción de nitrógeno (dado que se liberan óxido nítrico y nitroso en el proceso) y compuestos tóxicos producto de la descomposición del EBT. Esta información atribuiría información relevante a la explicación de los eventos.

Se recomienda que este estudio se extienda hasta la biodegradación total en el caso del guante GREEN-DEX, para verificar que los modelos obtenidos sean constantes y robustos. Además se sugiere el análisis químico de los desechos obtenidos, para verificar que ninguno de estos remanentes sea tóxico, esto se sugiere sea evaluado por medio de una modificación en la metodología en la cual se agregue un grupo de guantes con hojarasca y tierra, con bolsa cerrada.

X. Bibliografía

1. Anderson D. *et al.* 2011. *Estadística para administración y economía*. Editorial Cengage Learning, México D. F. 250pp.
2. Billmeyer, F. 1975. *Ciencias de los polímeros*. Editorial Reverté, Barcelona. 610pp.
3. Bode H. *et al.* 2001. *Bacterial degradation of natural and synthetic rubber*. American Chemistry Society 2(1): 295-303.
4. Brown, G. y E. Sallee. 1967. *Química cuantitativa*. Editorial Reverté, Barcelona. 759pp.
5. Callister, W. 2002. *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*. Editorial Reverté, Barcelona. 524pp.
6. Cherian, E. y K. Jayachandran 1995. *Microbial Degradation of Natural Rubber Latex by a Novel Species of Bacillus sp. SBS25 Isolated from Soil*. University of Tehran. 3[4]: 599-604.
7. Domínguez, E. y J. Ferrer. 2012. *Formación Profesional Básica - Preparación de superficies*. Editorial Editex, Madrid. 26pp.
8. Fernández D. Y. 2007. *Polímeros*. Colombia. [Publicación en línea] en: <<http://macromoleculas2.blogspot.com/>> [Con acceso el 27-8-2015].
9. Fertilization Industry Association. 2001. *Phosphorus Requirements for Sustainable Agriculture in Asia and Oceania: Proceedings of a Symposium*. Editorial Int. Rice Res Inst, California. 478pp.
10. Gomez, B. 2012. *Caucho de Nitrilo*. Colombia. [Publicación en línea] en: <<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/01/el-caucho-nitrilo-tambien-conocido-como.html>> [Con acceso el 7-9-2015].
11. González, M. 2011. *Polímeros*. España. [Publicación en línea] en: <<http://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/polimerizacion-reacciones-de-polimerizacion>> [Con acceso el 7-9-2015].
12. Hughes, K. *et al.* 2013. *Bacterial contamination of unused, disposable non-sterile gloves on a hospital orthopaedic ward*. Australas Med J. 6[6]: 331-338.
13. IGME. 1996. *Suelos contaminados*. Editorial Reverté, Madrid. 114pp.
14. Jendrossex, D. *et al.* 1997. *Bacterial degradation of natural rubber: a privilege of actinomycetes*. DOI. 150[2]: 179-188.
15. Kass, D. 1998. *Fertilidad de suelos*. Editorial EUNED. Costa Rica. 272pp.

16. Lidera. 2013. *Guantes de Látex desechables*. España. [Publicación en línea] en: <<http://lideraservicios.com/Guantes-latex-desechables-con-polvos>> [Con acceso el 7-9-2015].
17. Lomelí, C. 2014. *Ruptura homolítica de polímeros*. España. [Publicación en línea] en: <[http://cachowiki.pbworks.com/w/page/60219990/Propiedades%20Qu%C3%A](http://cachowiki.pbworks.com/w/page/60219990/Propiedades%20Qu%C3%A9%20son%20los%20guantes%20de%20látex)
Dmicas> [Con acceso el 7-9-2015].
18. Lusk, C. *et al.* 2001. *Descomposición de hojarasca de Pinus radiata y tres especies arbóreas nativas*. Revista Chilena. 74[3]:99-102.
19. Millenium Ecosystem Assessment. 2015. *Panorama general de informe*. España. [Publicación en línea] en: <<http://www.millenniumassessment.org/es/>> [Con acceso el 3-7-2015].
20. Montes, L. *et al.* 2009. *Diseño y gestión de cocinas: Manual de Higiene alimentaria aplicada al sector de la restauración*. Ediciones Díaz-Santos, Madrid. 912pp.
21. Pickover, C. 2013. *Libro de la medicina*. Editorial Librero, Pereira. 213pp.
22. Polinter. 2010. *Métodos para medir biodegradación*. Editorial Indesca. Venezuela. 29pp.
23. Red Española de compostaje. 2014. *Residuos urbanos*. Editorial Parainfo S.A., Barcelona. 356pp.
24. Rodríguez, F. 2005. *Biotecnología ambiental*. Editorial Tébar, Barcelona. 614pp.
25. Rodríguez, R. 2008. *Eliminación fotocatalítica de H₂S en aire mediante TiO₂ soportado sobre sustratos transparentes en el UV-A*. Editorial Santiago de Compostela, Santiago. 190pp.
26. Seymour, R. y C. Carrahaer. 1995. *Introducción a la química de polímeros*. Editorial Reverté, Barcelona. 742pp.
27. SHOWA. 2014. *6105PF GREEN-DEX Nitrile Biodegradable*. Estados Unidos. [Publicación en línea] en: <<http://www.showa-europe.com/es/guante/6105pf-green-dextm-nitrile-biodegradable-agarre-quimico-sin-forro-desechable-100-nitrilo>> [Con acceso el 7-9-2015].
28. _____. 2014. *Green Dex 6105PF*. Estados Unidos. [Publicación en línea] en: <http://www.showagloves.com/showa-n-dex-6105pf#.Vasb_fIViko> [Con acceso el 17-7-2015].
29. TotClinic. 2013. *Guantes de nitrilo*. Estados Unidos. [Publicación en línea] en: <<http://www.guantesdenitrilo.com/>> [Con acceso el 7-9-2015].

30. USAC-MÉDICA. 2013. *Guantes de vinilo*. España. [Publicación en línea] en: <<http://www.usacmedica.com/112-guantes-de-vinilo-con-polvo>> [Con acceso el 7-9-2015].
31. Villavicencio, E. 2012. *Producción, pérdida de peso y tasas de descomposición de hojarasca en cafetales tradicional y rústico, y selva mediana, en Veracruz, México*. *Revista Ciencias forestales y ambiente*. 18[2]: 159-173.

XI. Anexos

CUADRO 5. Cambio en masa de guantes GREEN-DEX con hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 22.5032 | 21.8429 | 2.9342 |
| | 20.8219 | 20.7565 | 0.3140 |
| | 21.2999 | 20.7622 | 2.5244 |
| Noviembre | 21.1400 | 20.2974 | 3.9858 |
| | 21.9735 | 21.2020 | 3.5110 |
| | 20.7498 | 20.7082 | 0.2004 |
| Diciembre | 20.8674 | 18.8317 | 9.7554 |
| | 22.0791 | 19.6221 | 11.1281 |
| | 22.2592 | 19.6708 | 11.6284 |
| Enero | 21.1926 | 18.8998 | 10.8188 |
| | 22.0280 | 18.4955 | 16.03640 |
| | 22.3506 | 20.8259 | 6.8217 |
| Febrero | 21.6450 | 20.5221 | 5.1878 |
| | 21.2164 | 17.3492 | 18.2274 |
| | 20.6095 | 16.3637 | 20.6011 |

CUADRO 6. Cambio en masa de guantes GREEN-DEX sin hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 21.1632 | 21.0007 | 0.7678 |
| Noviembre | 20.9859 | 19.8172 | 5.5689 |
| Diciembre | 21.1377 | 20.3410 | 3.7690 |
| Enero | 22.3388 | 20.9291 | 6.3105 |
| Febrero | 21.2273 | 20.5479 | 3.2005 |

CUADRO 7. Cambio en masa de guante GREEN-DEX con doble bolsa en ciudad de Guatemala antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 5.3907 | 5.3847 | 0.1113 |
| Noviembre | 5.5942 | 5.5718 | 0.4004 |
| Diciembre | 5.4967 | 5.3452 | 2.7561 |
| Enero | 5.3559 | 5.1998 | 2.9145 |
| Febrero | 5.3838 | 5.2835 | 1.86299 |

CUADRO 8. Cambio en masa de guantes GREEN-DEX con hojarasca y tierra en Chimaltenango antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 20.7136 | 20.0000 | 3.4450 |
| | 22.2336 | 20.1200 | 9.5063 |
| | 20.6836 | 19.2005 | 7.1704 |
| Noviembre | 21.1681 | 19.2972 | 8.8382 |
| | 21.8031 | 19.0894 | 12.4463 |
| | 21.5803 | 18.1928 | 15.6971 |
| Diciembre | 21.1884 | 18.0664 | 14.7344 |
| | 21.1858 | 17.2997 | 18.3429 |
| | 20.7021 | 16.0092 | 22.6687 |
| Enero | 22.1359 | 17.2852 | 21.9132 |
| | 21.755 | 16.1203 | 25.9007 |
| | 21.4534 | 17.1663 | 19.9833 |
| Febrero | 21.1556 | 14.2898 | 32.4538 |
| | 21.4965 | 14.1672 | 34.0953 |
| | 21.7727 | 14.7624 | 32.1976 |

CUADRO 9. Cambio en masa de guantes GREEN-DEX con hojarasca y tierra en Chimaltenango antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 20.4786 | 20.1012 | 1.8428 |
| Noviembre | 21.6313 | 21.4172 | 0.9897 |
| Diciembre | 22.1433 | 21.5599 | 2.6346 |
| Enero | 21.2665 | 19.9059 | 6.3978 |
| Febrero | 21.8388 | 19.9834 | 8.4958 |

CUADRO 10. Cambio en masa de guante GREEN-DEX doble bolsa en Chimaltenango antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 5.5262 | 5.3010 | 4.0751 |
| Noviembre | 5.6154 | 5.5679 | 0.8458 |
| Diciembre | 5.5161 | 5.5064 | 0.1758 |
| Enero | 5.3574 | 5.2831 | 1.3866 |
| Febrero | 5.4118 | 5.3424 | 1.2823 |

CUADRO 11. Cambio en masa de guantes GREEN-DEX con hojarasca y tierra en El Progreso antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 20.7845 | 20.4057 | 1.8225 |
| | 21.3261 | 19.3323 | 9.3491 |
| | 21.0433 | 19.6089 | 6.8164 |
| Noviembre | 20.7642 | 19.0124 | 8.4366 |
| | 22.4443 | 20.0070 | 10.8593 |
| | 21.3066 | 18.4145 | 13.5737 |
| Diciembre | 20.4774 | 18.1922 | 11.1596 |
| | 20.6872 | 18.0237 | 12.8751 |
| | 22.0827 | 17.0685 | 22.7065 |
| Enero | 21.7681 | 17.8759 | 17.8803 |
| | 20.9995 | 16.1175 | 23.2482 |
| | 20.6303 | 17.0000 | 17.5969 |
| Febrero | 22.4156 | 16.0642 | 28.3347 |
| | 20.7771 | 16.8666 | 18.8212 |
| | 21.4273 | 16.8970 | 21.1427 |

CUADRO 12 . Cambio en masa de guantes GREEN-DEX sin hojarasca y tierra en El Progreso antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 22.3595 | 21.8995 | 2.0573 |
| Noviembre | 21.8029 | 20.9055 | 4.1160 |
| Diciembre | 21.0374 | 19.9174 | 5.3239 |
| Enero | 20.9845 | 19.9297 | 5.0266 |
| Febrero | 20.6893 | 19.5515 | 5.4995 |

CUADRO 13. Cambio en masa de guante GREEN-DEX doble bolsa en El Progreso antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 5.4167 | 5.4020 | 0.2714 |
| Noviembre | 5.4442 | 5.4312 | 0.2388 |
| Diciembre | 5.5299 | 5.1783 | 6.3582 |
| Enero | 5.4103 | 5.2450 | 3.0553 |
| Febrero | 5.5757 | 5.5371 | 0.6923 |

CUADRO 14. Cambio en masa en guantes de Nitrilo con hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 22.3755 | 22.0641 | 1.3917 |
| | 20.7751 | 20.7085 | 0.3206 |
| | 21.6184 | 21.2947 | 1.4973 |
| Noviembre | 21.8205 | 21.2379 | 2.6700 |
| | 22.7024 | 20.4853 | 9.7659 |
| | 22.6006 | 22.0435 | 2.4650 |
| Diciembre | 21.1911 | 20.4079 | 3.6959 |
| | 21.8728 | 19.0039 | 13.1163 |
| | 20.8263 | 20.4857 | 1.6354 |
| Enero | 22.7979 | 20.49 | 10.1233 |
| | 20.6968 | 19.8009 | 4.3287 |
| | 21.9755 | 18.8085 | 14.4115 |
| Febrero | 22.7181 | 18.3581 | 19.1917 |
| | 20.8537 | 19.86 | 4.7651 |
| | 20.9343 | 19.6454 | 6.1569 |

CUADRO 15. Cambio en masa en guantes de Nitrilo sin hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 20.7423 | 20.6854 | 0.274318663 |
| Noviembre | 22.1604 | 22.1504 | 0.045125539 |
| Diciembre | 22.8791 | 21.5343 | 5.877853587 |
| Enero | 22.3985 | 21.6559 | 3.315400585 |
| Febrero | 22.1241 | 20.3821 | 7.873766616 |

CUADRO 16. Cambio en masa en guante de Nitrilo doble bolsa en ciudad de Guatemala antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 5.0431 | 5.0358 | 0.1448 |
| Noviembre | 5.6652 | 5.5808 | 1.4898 |
| Diciembre | 4.6804 | 4.5496 | 2.7946 |
| Enero | 4.9463 | 4.9033 | 0.8693 |
| Febrero | 5.4575 | 5.2138 | 4.4654 |

CUADRO 17. Cambio en masa en guantes de Nitrilo con hojarasca y tierra en Chimaltenango antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 20.6882 | 20.0043 | 3.3057 |
| | 21.0899 | 19.7856 | 6.1845 |
| | 20.6624 | 20.1047 | 2.6991 |
| Noviembre | 21.7484 | 20.0378 | 7.8654 |
| | 20.6820 | 19.6778 | 4.8554 |
| | 21.0137 | 20.0123 | 4.7655 |
| Diciembre | 21.9866 | 19.3012 | 12.2138 |
| | 21.1128 | 19.0512 | 9.7647 |
| | 20.6716 | 18.1457 | 12.2192 |
| Enero | 21.6390 | 17.5032 | 19.1127 |
| | 20.5516 | 18.1657 | 11.6093 |
| | 21.9977 | 18.3521 | 16.5726 |
| Febrero | 20.5079 | 16.5079 | 19.5047 |
| | 21.9709 | 15.8080 | 28.0503 |
| | 22.5442 | 16.6626 | 26.0892 |

CUADRO 18. Cambio en masa en guantes de Nitrilo sin hojarasca y tierra en Chimaltenango antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 22.4032 | 21.4407 | 4.2963 |
| Noviembre | 20.7614 | 20.7600 | 0.0067 |
| Diciembre | 20.9101 | 20.5741 | 1.6069 |
| Enero | 21.7103 | 20.0920 | 7.4541 |
| Febrero | 22.4107 | 21.0647 | 6.0061 |

CUADRO 19. Cambio en masa en guante de Nitrilo doble bolsa en Chimaltenango antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 5.6949 | 5.5394 | 2.7305 |
| Noviembre | 4.8663 | 4.8499 | 0.3370 |
| Diciembre | 5.6741 | 5.5247 | 2.6330 |
| Enero | 5.0695 | 5.0536 | 0.3136 |
| Febrero | 5.5117 | 5.3235 | 3.4146 |

CUADRO 20. Cambio en masa en guantes de Nitrilo con hojarasca y tierra en El Progreso antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 21.3611 | 20.3009 | 4.9632 |
| | 22.5277 | 20.8824 | 7.3035 |
| | 21.2038 | 20.7511 | 2.1350 |
| Noviembre | 21.3854 | 20.0223 | 6.3740 |
| | 21.1050 | 19.8670 | 5.8659 |
| | 22.7372 | 19.1020 | 15.9879 |
| Diciembre | 22.1292 | 19.5854 | 11.4951 |
| | 22.6382 | 19.6758 | 13.0858 |
| | 20.5920 | 19.6985 | 4.3391 |
| Enero | 22.3229 | 18.1630 | 18.6351 |
| | 21.8846 | 19.7901 | 9.5707 |
| | 21.8290 | 19.5131 | 10.6093 |
| Febrero | 21.3145 | 18.2155 | 14.5394 |
| | 20.7760 | 18.8996 | 9.0316 |
| | 22.0637 | 18.3452 | 16.8535 |

CUADRO 21. Cambio en masa en guantes de Nitrilo sin hojarasca y tierra en El Progreso antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 21.6700 | 21.6393 | 0.1417 |
| Noviembre | 22.5939 | 21.3837 | 5.3563 |
| Diciembre | 20.5331 | 20.4830 | 0.2440 |
| Enero | 21.8153 | 20.8446 | 4.4496 |
| Febrero | 22.1700 | 20.4273 | 7.8606 |

CUADRO 22. Cambio en masa en guante de Nitrilo doble bolsa en El Progreso antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 4.7619 | 4.7067 | 1.1592 |
| Noviembre | 5.3198 | 5.2929 | 0.5057 |
| Diciembre | 4.7190 | 4.5778 | 2.9922 |
| Enero | 5.4094 | 5.2472 | 2.9985 |
| Febrero | 5.5641 | 5.3583 | 3.6987 |

CUADRO 23. Cambio en masa en guantes de látex con hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 20.4396 | 20.4395 | 0.0005 |
| | 20.4768 | 20.1054 | 1.8138 |
| | 20.4958 | 20.4958 | 0.0000 |
| Noviembre | 20.4490 | 20.1490 | 1.4671 |
| | 20.4840 | 20.4725 | 0.0561 |
| | 20.3999 | 20.2732 | 0.6211 |
| Diciembre | 20.4561 | 20.0070 | 2.1954 |
| | 20.6074 | 20.5484 | 0.2863 |
| | 20.4378 | 20.3706 | 0.3288 |
| Enero | 20.4931 | 20.1111 | 1.8640 |
| | 20.3871 | 20.3864 | 0.0034 |
| | 20.4318 | 19.8938 | 2.6332 |
| Febrero | 20.4978 | 19.9670 | 2.5895 |
| | 20.4203 | 20.1601 | 1.2742 |
| | 20.4074 | 19.7258 | 3.3400 |

CUADRO 24. Cambio en masa en guantes de látex sin hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 20.4089 | 20.3271 | 0.4008 |
| Noviembre | 20.4051 | 20.1813 | 1.0968 |
| Diciembre | 20.4976 | 20.4253 | 0.3527 |
| Enero | 20.4195 | 20.3086 | 0.5431 |
| Febrero | 20.4492 | 20.1696 | 1.3673 |

CUADRO 25. Cambio en masa en guante de látex doble bolsa en ciudad de Guatemala antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 5.1786 | 5.1753 | 0.0637 |
| Noviembre | 5.0599 | 5.0551 | 0.0949 |
| Diciembre | 5.0836 | 5.0549 | 0.5646 |
| Enero | 5.1648 | 5.0926 | 1.3979 |
| Febrero | 5.4575 | 5.4138 | 0.8007 |

CUADRO 26. Cambio en masa en guantes de látex con hojarasca y tierra en Chimaltenango antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 20.3927 | 20.0860 | 1.5040 |
| | 20.4971 | 19.8141 | 3.3322 |
| | 20.4697 | 20.4589 | 0.0528 |
| Noviembre | 20.4962 | 20.1252 | 1.8101 |
| | 20.4660 | 20.3301 | 0.6640 |
| | 20.4602 | 19.8429 | 3.0171 |
| Diciembre | 20.3833 | 19.4340 | 4.6572 |
| | 20.4381 | 20.3912 | 0.2295 |
| | 20.4271 | 20.2331 | 0.9497 |
| Enero | 20.3907 | 19.7845 | 2.9729 |
| | 20.3913 | 20.0000 | 1.9190 |
| | 20.3937 | 19.7808 | 3.0053 |
| Febrero | 20.3992 | 20.0585 | 1.6702 |
| | 20.4622 | 19.1082 | 6.6171 |
| | 20.4154 | 20.1433 | 1.3328 |

CUADRO 27. Cambio en masa en guantes de látex sin hojarasca y tierra en Chimaltenango antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 20.4941 | 20.4040 | 0.4396 |
| Noviembre | 20.4060 | 20.4052 | 0.0039 |
| Diciembre | 20.4774 | 20.4144 | 0.3077 |
| Enero | 20.3945 | 20.3662 | 0.1388 |
| Febrero | 20.4550 | 20.3807 | 0.3632 |

CUADRO 28. Cambio en masa en guante de látex doble bolsa en Chimaltenango antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 5.1335 | 5.1202 | 0.2591 |
| Noviembre | 5.1130 | 5.1031 | 0.1936 |
| Diciembre | 5.1166 | 5.1021 | 0.2834 |
| Enero | 5.1816 | 5.1732 | 0.1621 |
| Febrero | 5.1846 | 5.1751 | 0.1832 |

CUADRO 29. Cambio en masa en guantes de látex con hojarasca y tierra en El Progreso antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 20.4106 | 20.41 | 0.0029 |
| | 20.4455 | 20.3021 | 0.7014 |
| | 20.3915 | 19.5616 | 4.0698 |
| Noviembre | 20.4087 | 20.3487 | 0.2940 |
| | 20.4959 | 19.9816 | 2.5093 |
| | 20.4483 | 20.0391 | 2.0011 |
| Diciembre | 20.4196 | 19.8223 | 2.9251 |
| | 20.856 | 20.7992 | 0.2723 |
| | 20.3987 | 19.6995 | 3.4277 |
| Enero | 20.4248 | 19.7783 | 3.1653 |
| | 21.1515 | 20.3839 | 3.6291 |
| | 20.4881 | 20.3738 | 0.5579 |
| Febrero | 20.4065 | 19.7895 | 3.0235 |
| | 20.4214 | 19.7759 | 3.1609 |
| | 20.4481 | 20.0561 | 1.9170 |

CUADRO 30. Cambio en masa en guantes de látex sin hojarasca y tierra en El Progreso antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 20.4408 | 20.4346 | 0.0303 |
| Noviembre | 20.4578 | 20.4024 | 0.2708 |
| Diciembre | 20.4202 | 20.3515 | 0.3364 |
| Enero | 20.3982 | 20.3246 | 0.3608 |
| Febrero | 20.4848 | 20.2413 | 1.1887 |

CUADRO 31. Cambio en masa en guante de látex doble bolsa en El Progreso antes y después de cosecha.

| Mes de cosecha | Peso guantes inicial (g) | Peso guantes final (g) | Pérdida de peso (%) |
|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| Octubre | 5.1685 | 5.1534 | 0.2922 |
| Noviembre | 5.1464 | 5.1463 | 0.0019 |
| Diciembre | 5.1221 | 5.0893 | 0.6404 |
| Enero | 5.1910 | 5.1907 | 0.0058 |
| Febrero | 5.1549 | 5.0934 | 1.1930 |

CUADRO 32. Tiempo para biodegradación total estimado para guantes en ciudad de Guatemala.

| Tipo de Guante | Grupo | Tiempo estimado para biodegradación total (meses) |
|----------------|------------------------|---|
| GREEN-DEX | Hojarasca y tierra | 9.2 |
| | Sin hojarasca y tierra | 182.5462 |
| | Doble bolsa | 166.9833 |
| Nitrilo | Hojarasca y tierra | 44.448 |
| | Sin hojarasca y tierra | 120.51 |
| | Doble bolsa | 125.234 |
| Látex | Hojarasca y tierra | 228.227 |
| | Sin hojarasca y tierra | 718.2414 |
| | Doble bolsa | 360.9967 |

CUADRO 33. Tiempo para biodegradación total estimado para guantes en Chimaltenango.

| Tipo de Guante | Grupo | Tiempo estimado para biodegradación total (meses) |
|----------------|------------------------|---|
| GREEN-DEX | Hojarasca y tierra | 22.6154 |
| | Sin hojarasca y tierra | 88.7734 |
| | Doble bolsa | 206.132 |
| Nitrilo | Hojarasca y tierra | 19.0643 |
| | Sin hojarasca y tierra | 92.5866 |
| | Doble bolsa | 732.4736 |
| Látex | Hojarasca y tierra | 250.0958 |
| | Sin hojarasca y tierra | 331.9412 |
| | Doble bolsa | 5449.6557 |

CUADRO 34. Tiempo para biodegradación total estimado para guantes en El Progreso.

| Tipo de Guante | Grupo | Tiempo estimado para biodegradación total (meses) |
|----------------|------------------------|---|
| GREEN-DEX | Hojarasca y tierra | 23.1677 |
| | Sin hojarasca y tierra | 125.6368 |
| | Doble bolsa | 485.1268 |
| Nitrilo | Hojarasca y tierra | 46.0823 |
| | Sin hojarasca y tierra | 95.6688 |
| | Doble bolsa | 132.066 |
| Látex | Hojarasca y tierra | 322.1708 |
| | Sin hojarasca y tierra | 416.6373 |
| | Doble bolsa | 554.3466 |

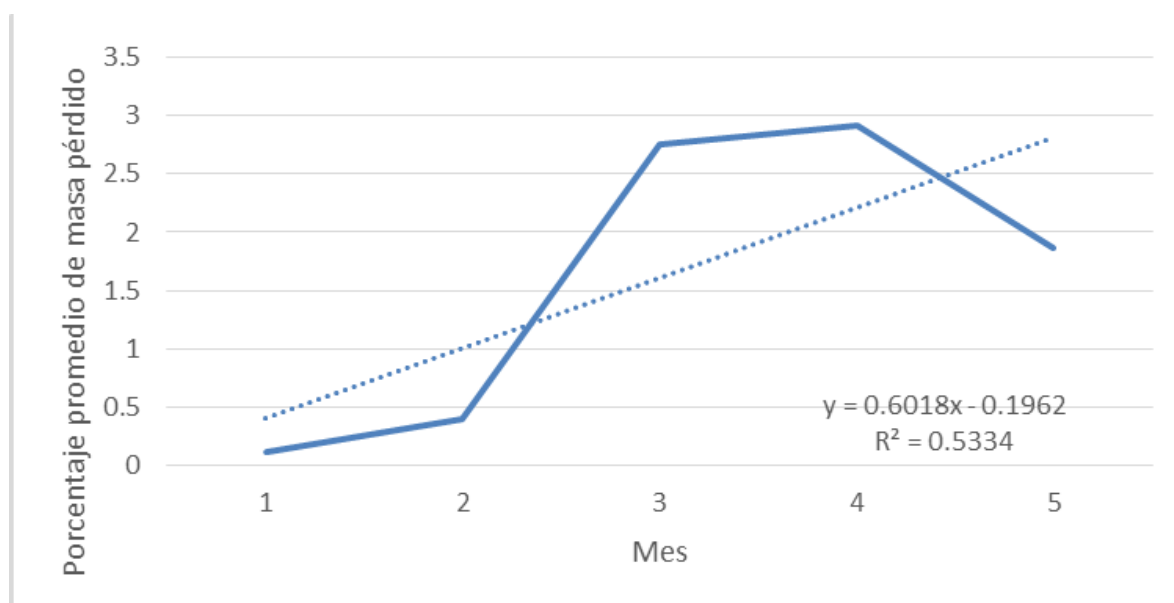
FIGURA 16. Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes GREEN-DEX doble bolsa en ciudad de Guatemala.

FIGURA 17. Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes de Nitrilo con hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala.

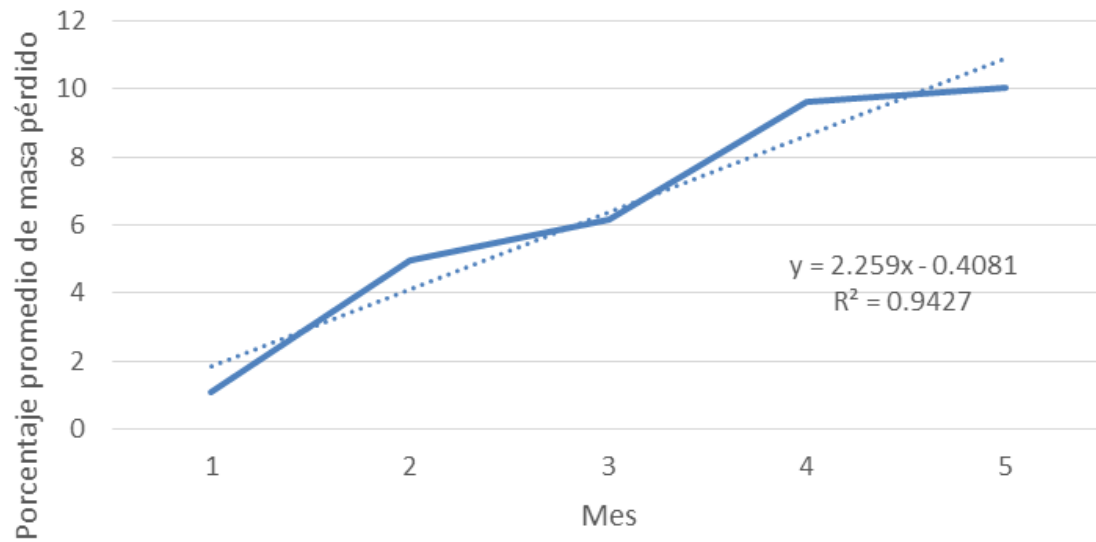


FIGURA 18. Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes de Nitrilo sin hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala.

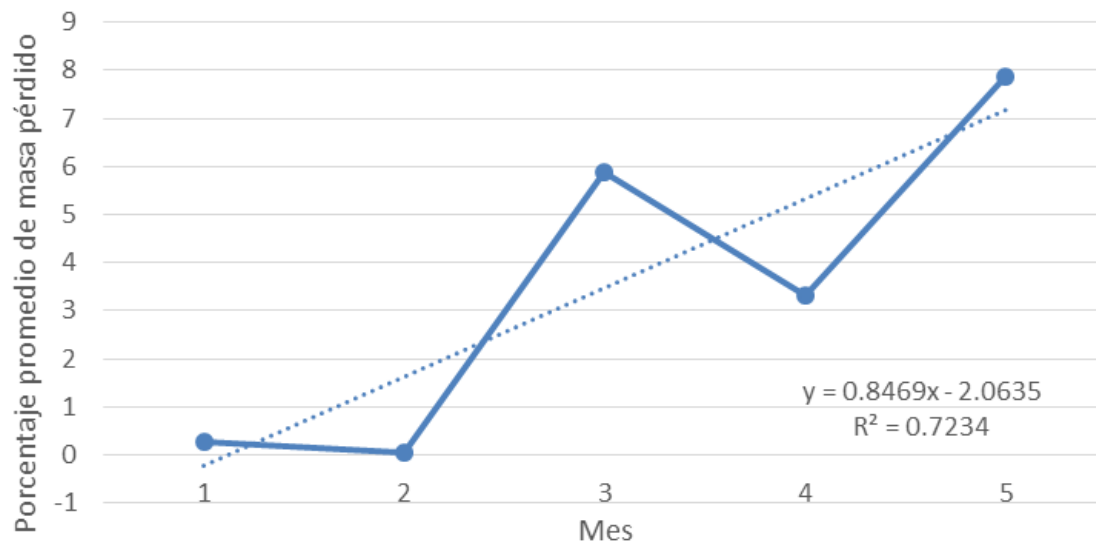


FIGURA 19. Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes de Nitrilo doble bolsa en ciudad de Guatemala.

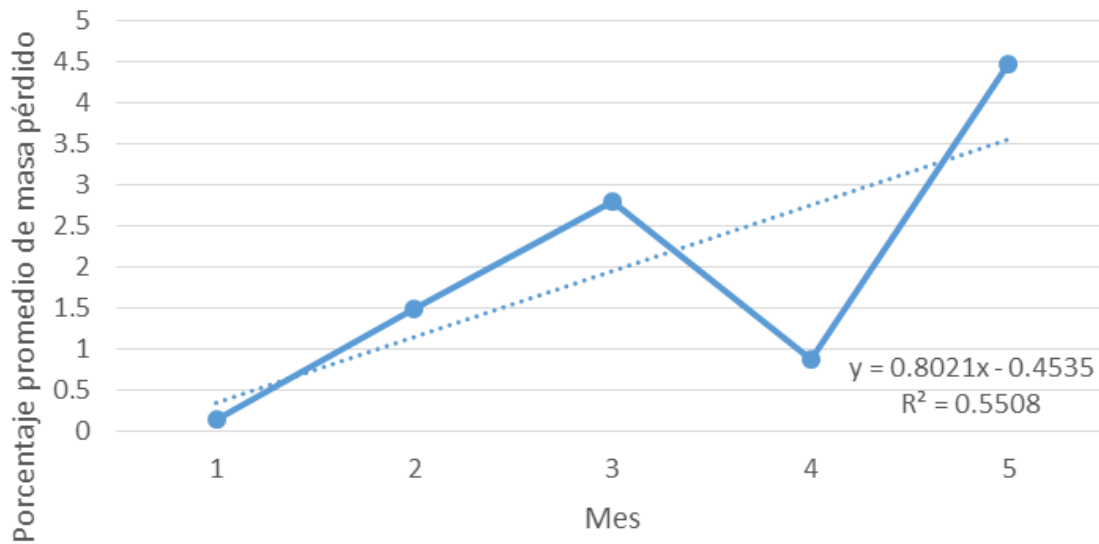


FIGURA 20. Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes de látex con hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala.

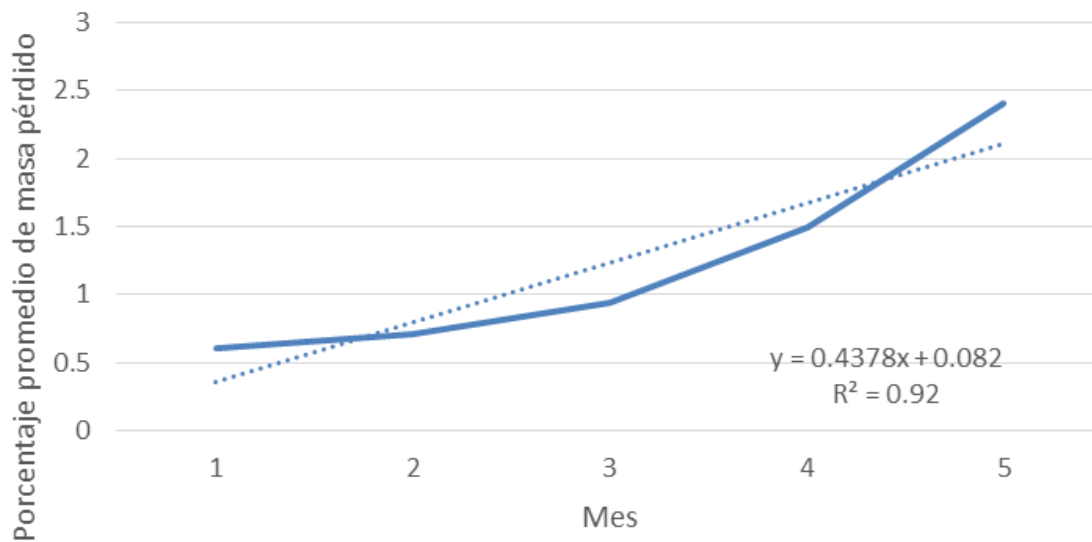


FIGURA 21. Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes de látex sin hojarasca y tierra en ciudad de Guatemala.

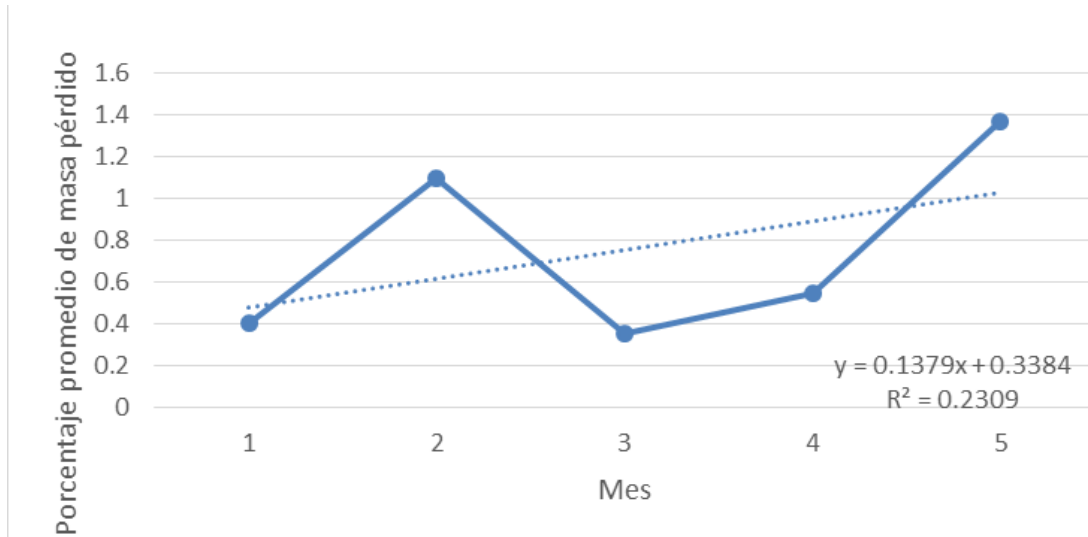


FIGURA 22. Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes de látex doble bolsa en ciudad de Guatemala.

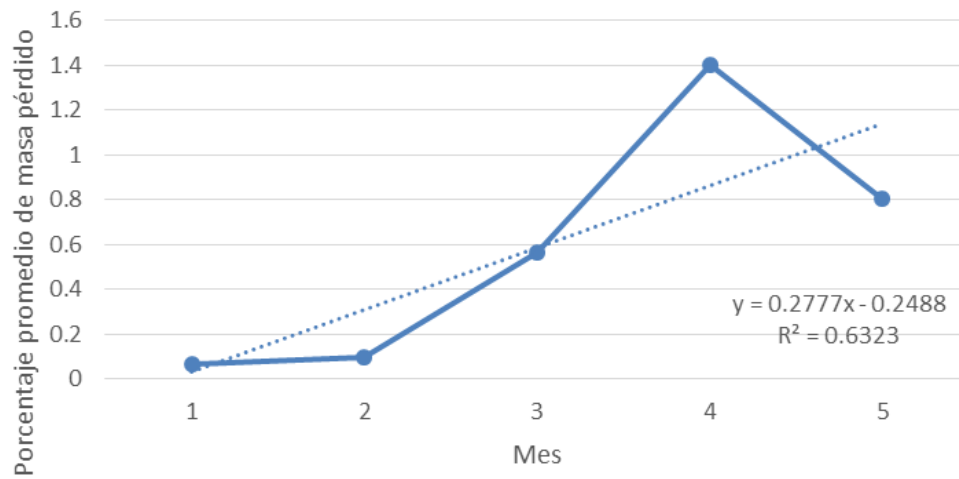


FIGURA 23. Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes GREEN-DEX con hojarasca y tierra en Chimaltenango.

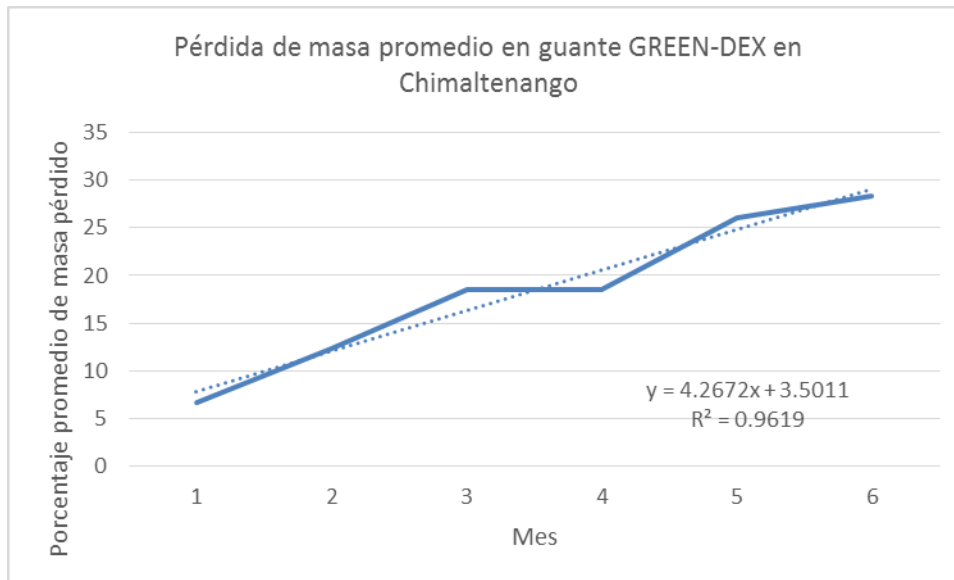


FIGURA 24. Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes GREEN-DEX sin hojarasca y tierra en Chimaltenango.

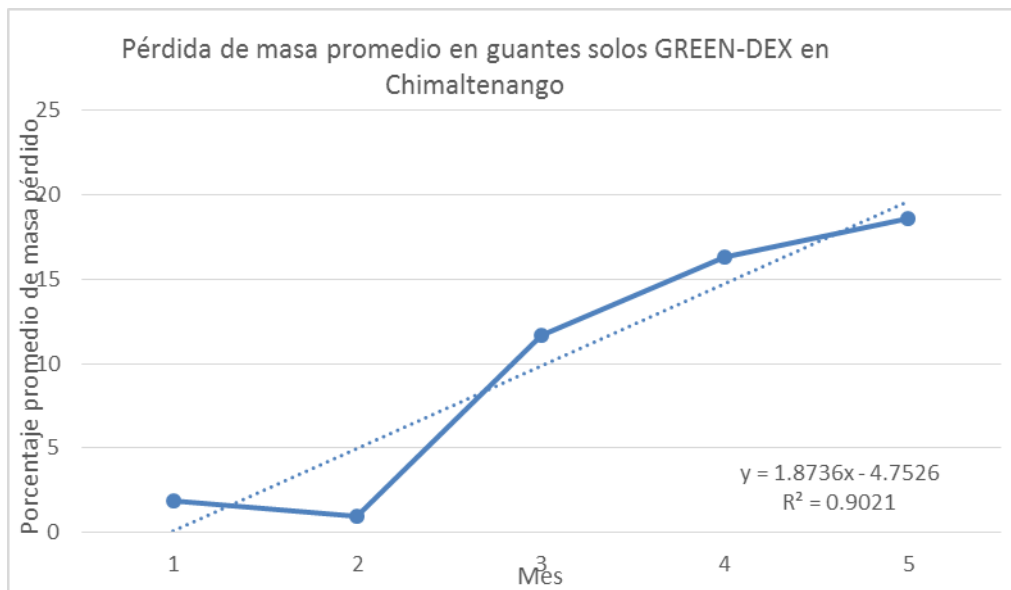


FIGURA 25. Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes GREEN-DEX doble bolsa en Chimaltenango.

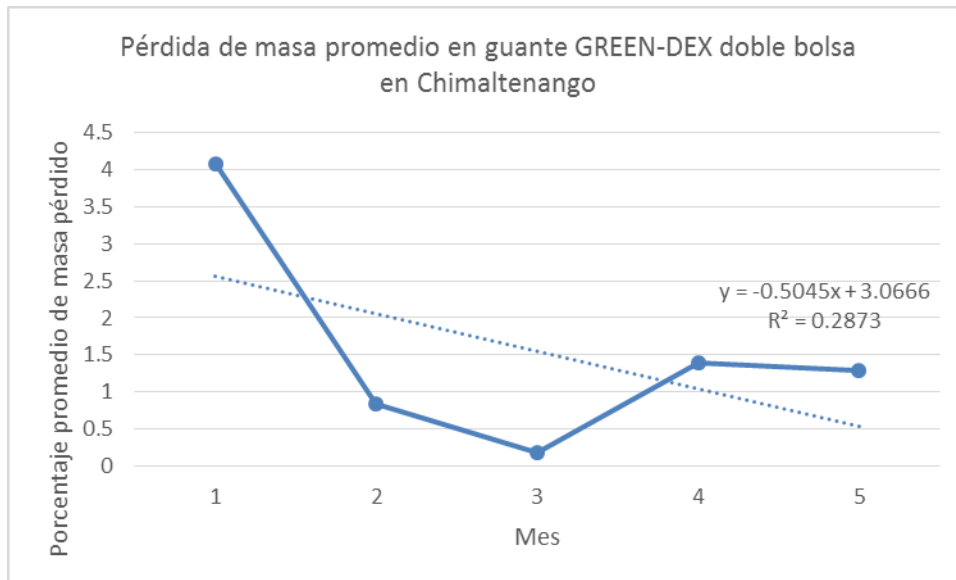


FIGURA 26. Porcentaje promedio en pérdida de peso de guantes de Nitrilo sin hojarasca y tierra en Chimaltenango.

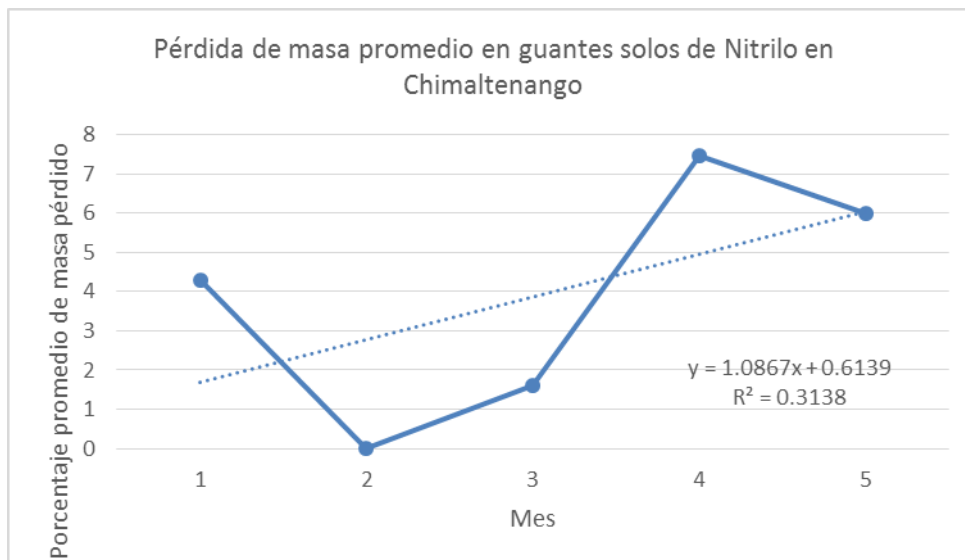


FIGURA 27. Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de Nitrilo doble bolsa en Chimaltenango.

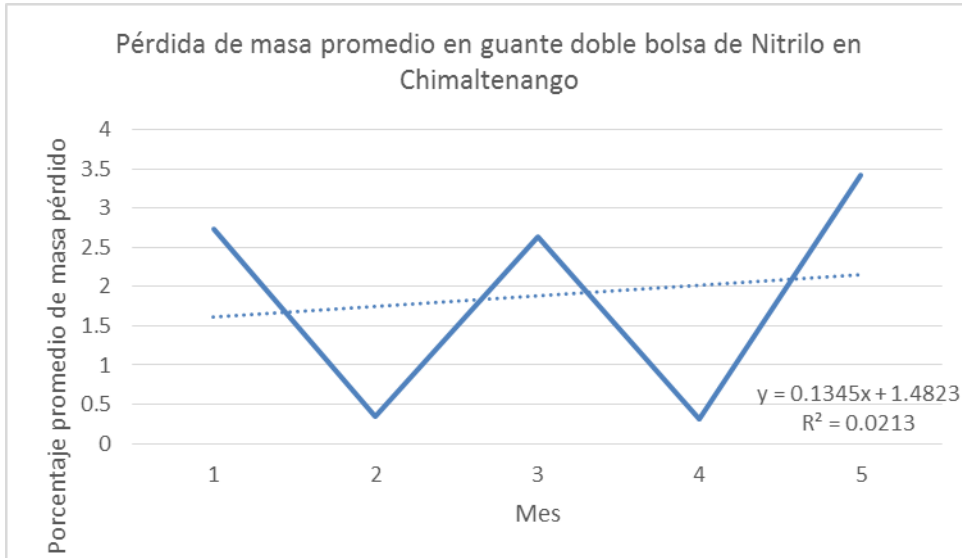


FIGURA 28. Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de látex con hojarasca y tierra en Chimaltenango.

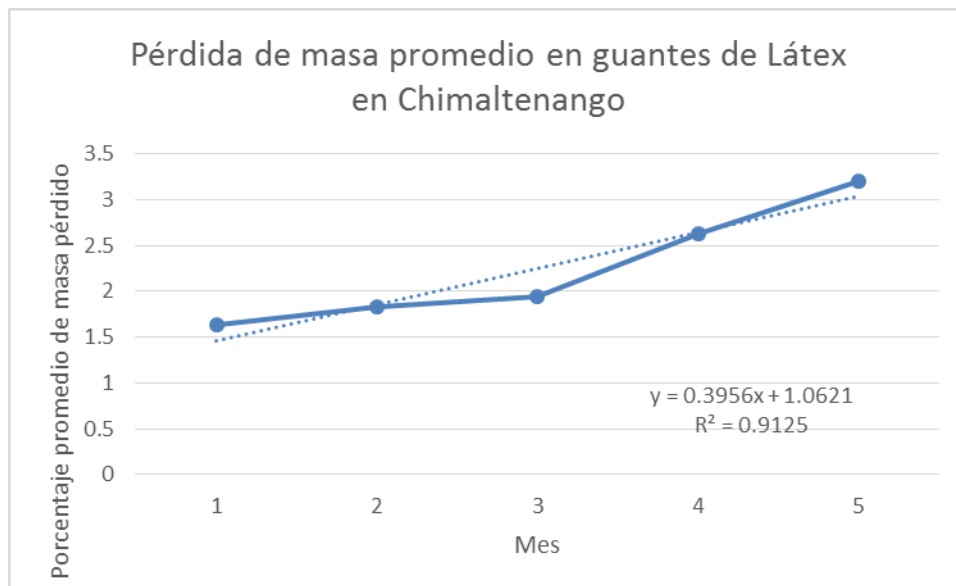


FIGURA 29. Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de látex sin hojarasca y tierra en Chimaltenango.

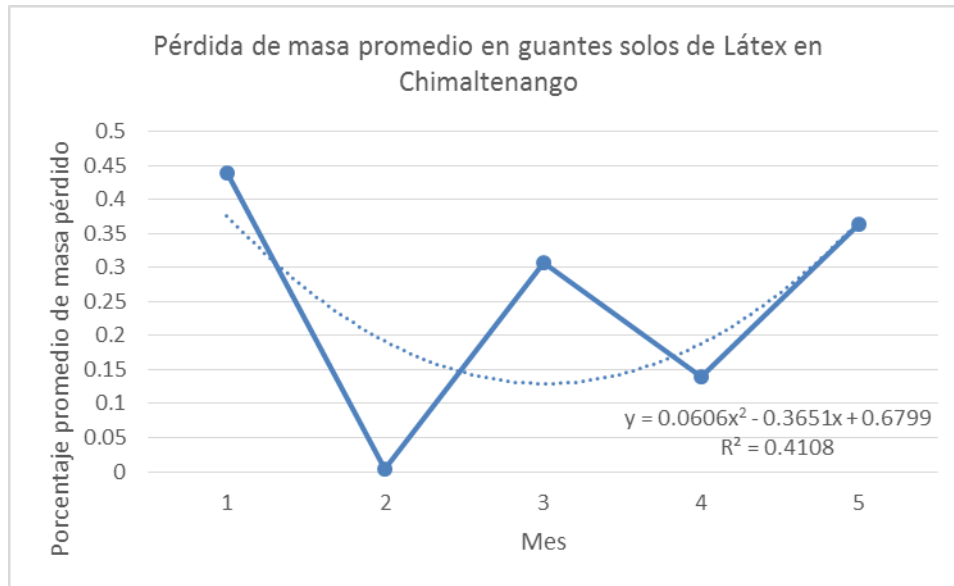


FIGURA 30. Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de látex doble bolsa en Chimaltenango.

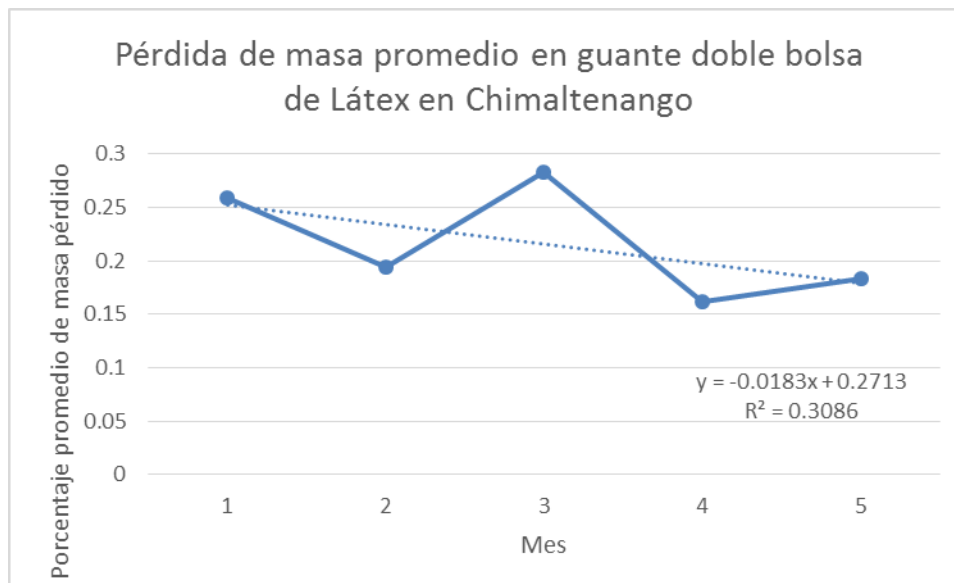


FIGURA 31. Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes GREEN-DEX sin hojarasca y tierra en El Progreso.

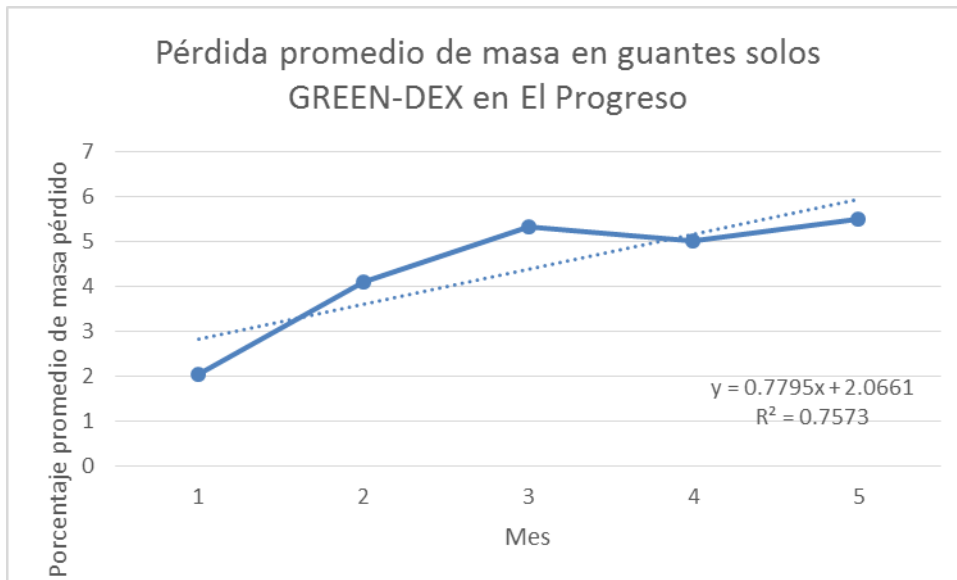


FIGURA 32. Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes GREEN-DEX doble bolsa en El Progreso.

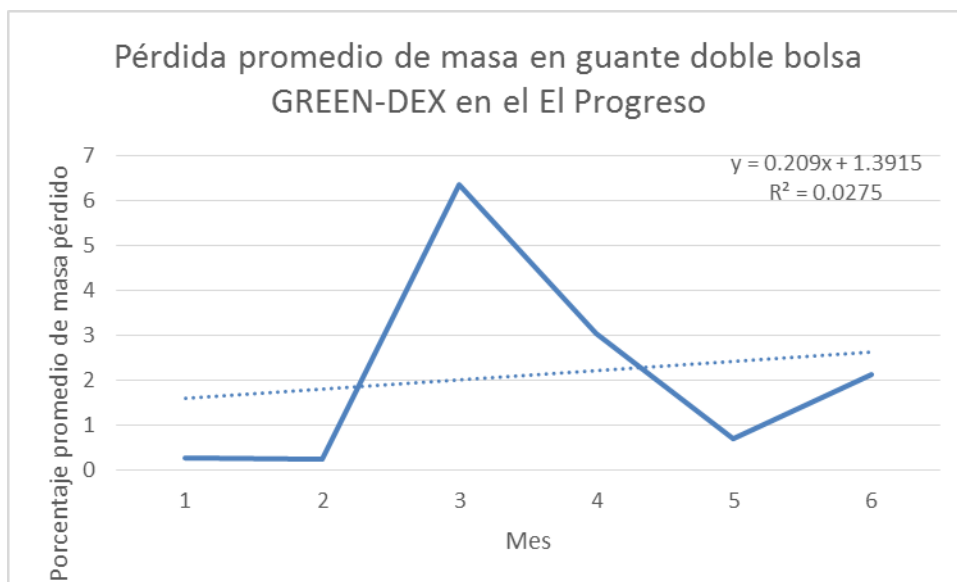


FIGURA 33. Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de Nitrilo con hojarasca y tierra en El Progreso.

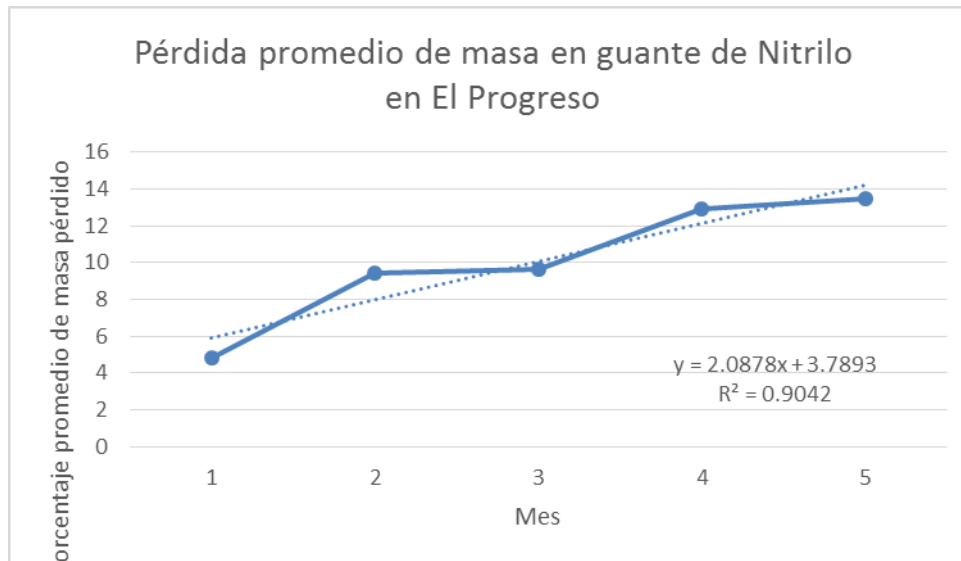


FIGURA 34. Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de Nitrilo sin hojarasca y tierra en El Progreso.

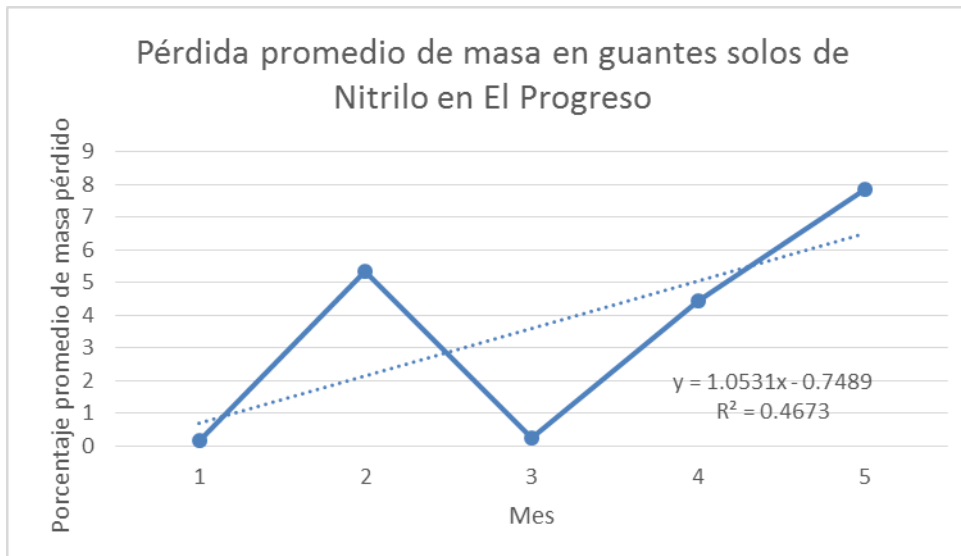


FIGURA 35. Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de Nitrilo doble bolsa en El Progreso.

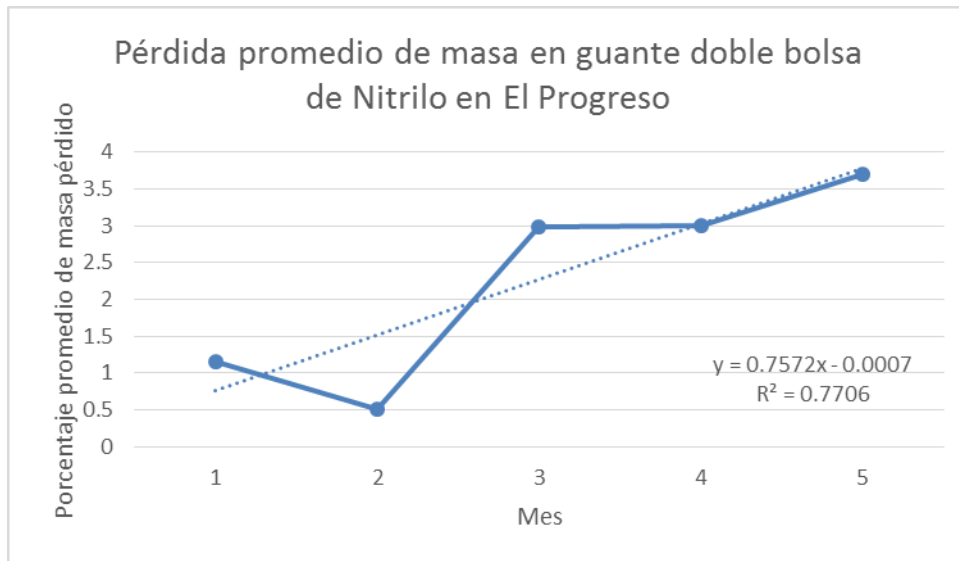


FIGURA 36. Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de látex con hojarasca y tierra en El Progreso.

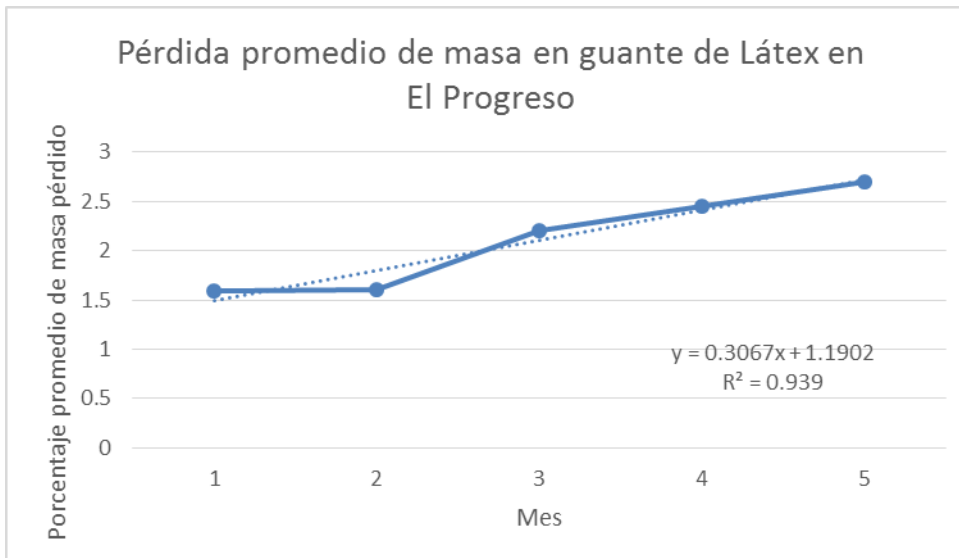


FIGURA 37. Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de látex sin hojarasca y tierra en El Progreso.

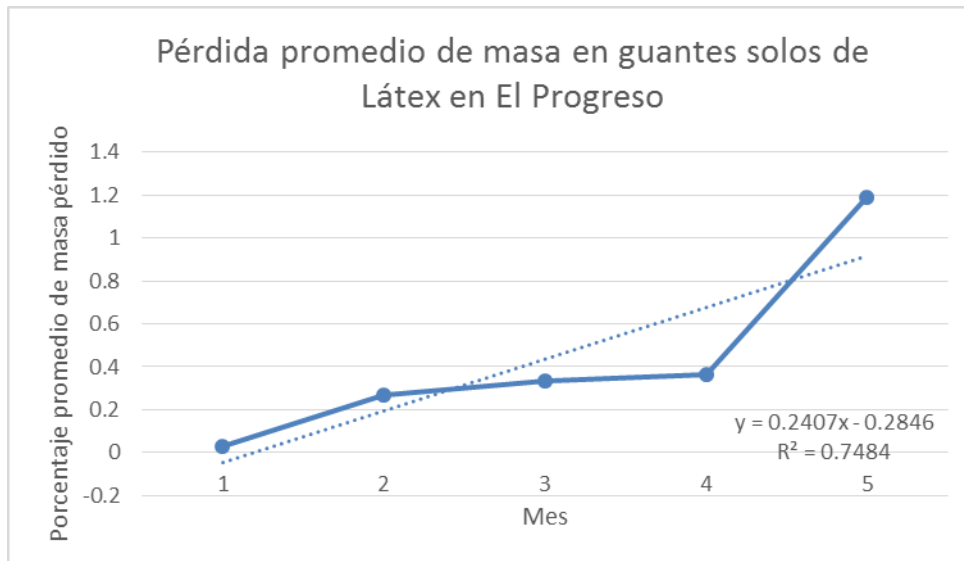
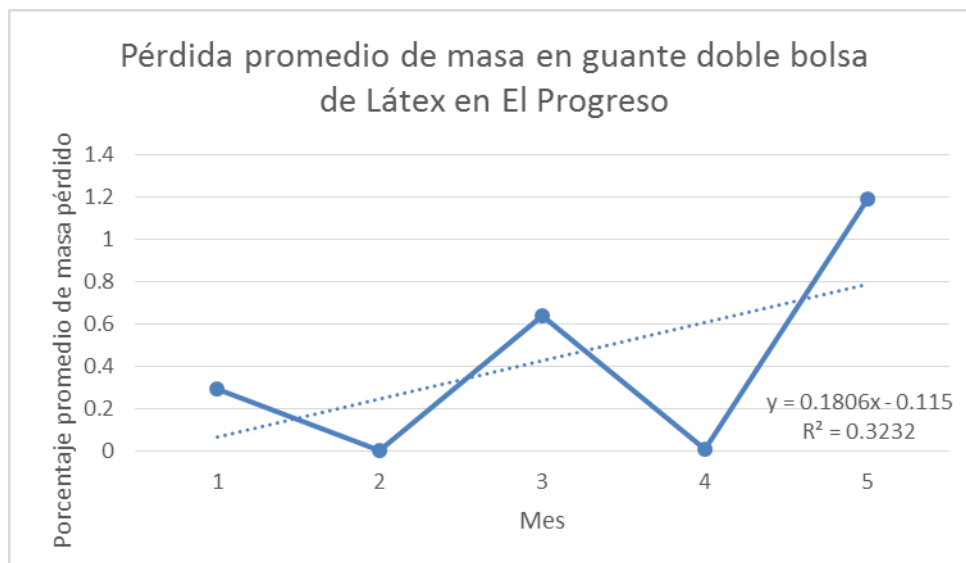


FIGURA 38. Porcentaje promedio en pérdida de masa de guantes de látex doble bolsa en El Progreso.



CUADRO 35. Resistencia mecánica de guantes con hojarasca y tierra sembrados en ciudad de Guatemala.

| Mes de cosecha | Tensión GREEN-DEX (psi) | Tensión Nitrilo (psi) | Tensión látex (psi) |
|----------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|
| Octubre | 547.9000 | 1117.6000 | 2159.6700 |
| | 614.4900 | 1012.4000 | 2244.8600 |
| | 627.0200 | 1487.8500 | 2016.8300 |
| Noviembre | 836.7300 | 1064.4200 | 2445.5900 |
| | 453.6200 | 1377.4600 | 2166.7600 |
| | 1383.4600 | 1718.4800 | 2067.3200 |
| Diciembre | 873.2600 | 1064.6200 | 2445.5900 |
| | 453.6200 | 1377.4600 | 2166.5600 |
| | 1383.4600 | 1718.4800 | 2067.3200 |
| Enero | 912.3200 | 1148.3400 | 1878.7300 |
| | 1251.2700 | 1388.8500 | 2010.4600 |
| | 1035.9500 | 916.7600 | 1304.3900 |
| Febrero | 971.4180 | 755.6300 | 1786.2400 |
| | 1140.9400 | 1049.1500 | 1894.3200 |
| | 882.6700 | 1028.4600 | 1730.2300 |

CUADRO 36. Resistencia mecánica de guantes con hojarasca y tierra sembrados en Chimaltenango.

| Mes de cosecha | Tensión GREEN-DEX (psi) | Tensión Nitrilo (psi) | Tensión Látex (psi) |
|----------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|
| Octubre | 1294.3500 | 841.6840 | 1800.4700 |
| | 386.9940 | 583.1880 | 1877.4800 |
| | 1189.9100 | 771.6970 | 1692.1600 |
| Noviembre | 1027.6900 | 1639.7100 | 1048.6200 |
| | 1034.3000 | 1228.9000 | 2011.1900 |
| | 1030.4000 | 1477.7600 | 1939.2600 |
| Diciembre | 1027.6900 | 1639.7100 | 1048.6200 |
| | 1034.3000 | 1228.9000 | 2011.1900 |
| | 1023.3400 | 1477.7600 | 1939.2600 |
| Enero | 814.8500 | 1043.9900 | 1710.7800 |
| | 1355.9100 | 1123.5700 | 1960.1800 |
| | 1371.5700 | 324.5500 | 1626.8300 |
| Febrero | 898.3650 | 896.7600 | 1868.9500 |
| | 1018.9800 | 1302.4300 | 1992.4100 |
| | 955.7200 | 1177.8400 | 1857.7900 |

CUADRO 37. Resistencia mecánica de guantes con hojarasca y tierra sembrados en El Progreso.

| Mes de cosecha | Tensión GREEN-DEX (psi) | Tensión Nitrilo (psi) | Tensión Látex (psi) |
|----------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|
| Octubre | 1684.5600 | 1603.4200 | 1760.8200 |
| | 1205.5600 | 1425.6300 | 1976.3800 |
| | 1334.3300 | 1115.0300 | 1873.6200 |
| Noviembre | 769.9000 | 1463.0900 | 2251.3200 |
| | 1096.1500 | 945.1000 | 1768.3000 |
| | 586.5600 | 1158.4600 | 1875.8300 |
| Diciembre | 766.8900 | 1463.0900 | 2251.3200 |
| | 1096.1500 | 945.0900 | 1768.3000 |
| | 586.5650 | 1158.4600 | 1875.8300 |
| Enero | 1172.2200 | 808.6400 | 1723.9400 |
| | 843.1600 | 1065.4500 | 1475.3900 |
| | 923.7400 | 1037.5400 | 1132.7700 |
| Febrero | 1159.1100 | 824.2200 | 1370.6500 |
| | 592.0300 | 1037.5100 | 1284.9800 |
| | 1108.6700 | 794.4000 | 2228.3000 |

FIGURA 39. Cambio promedio en tensión de guantes de Nitrilo en ciudad de Guatemala.

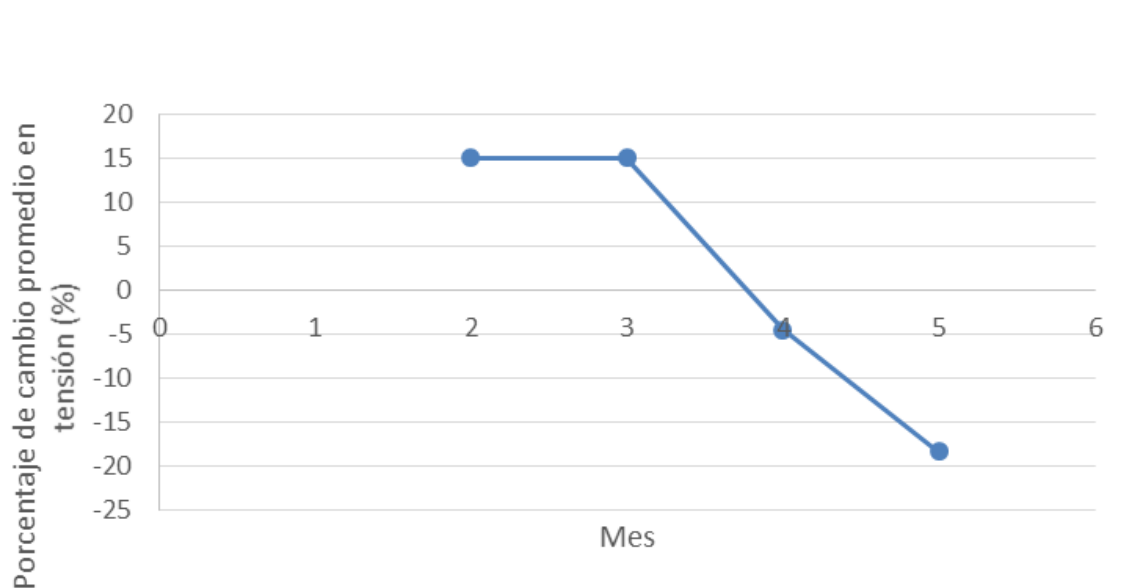


FIGURA 40. Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes Nitrilo en ciudad de Guatemala.

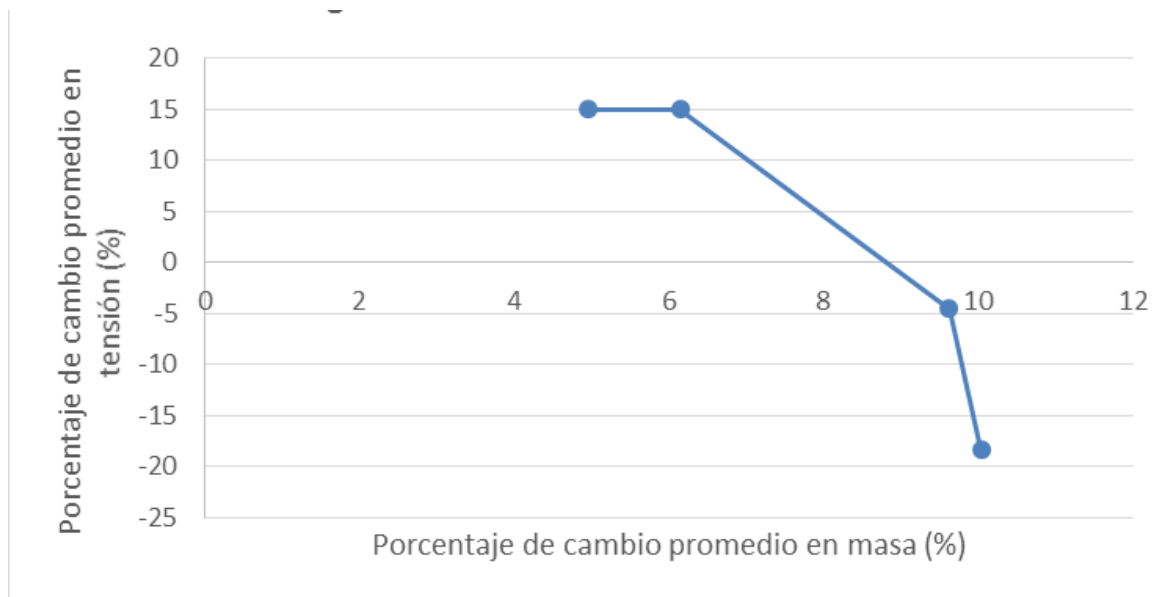


FIGURA 41. Cambio promedio en tensión de guantes de látex en ciudad de Guatemala.

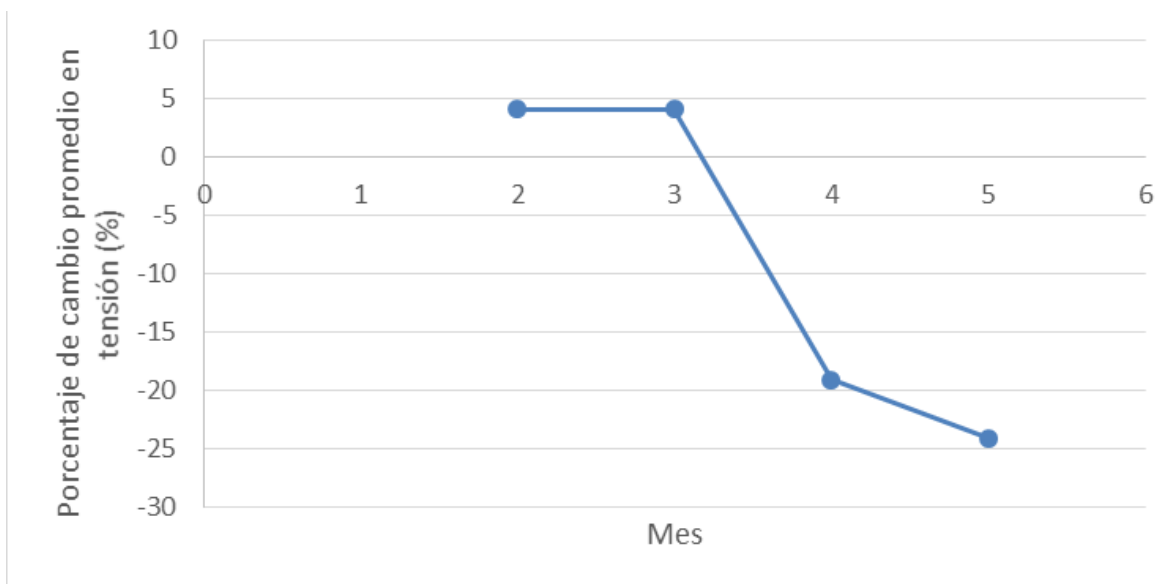


FIGURA 42. Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes látex en ciudad de Guatemala.

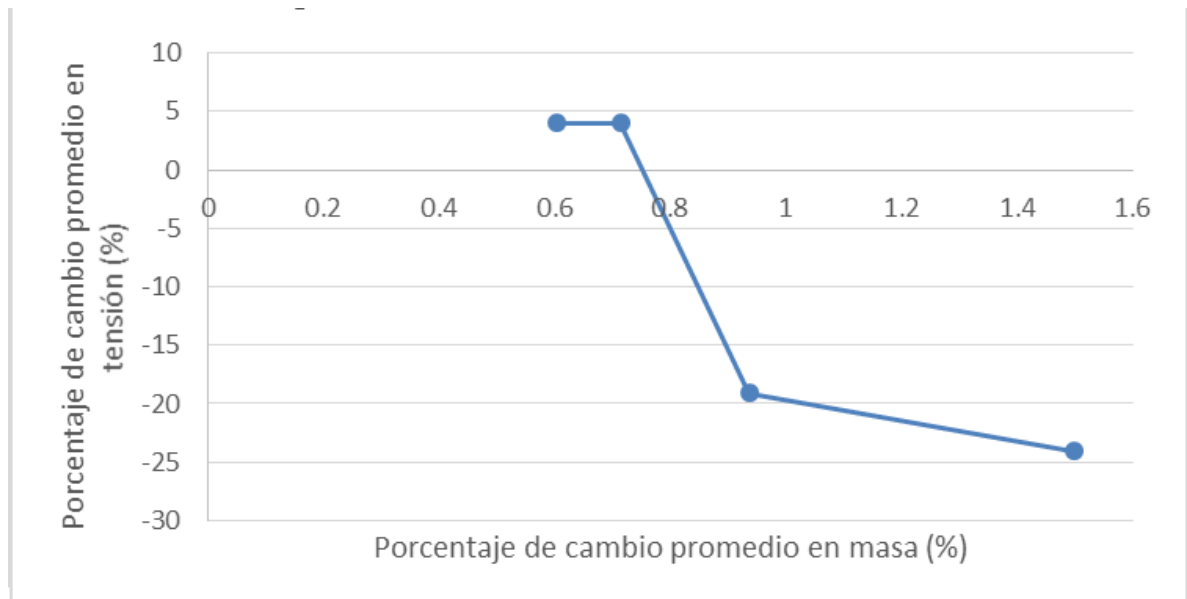


FIGURA 43. Cambio promedio en tensión de guantes de GREEN-DEX en Chimaltenango.

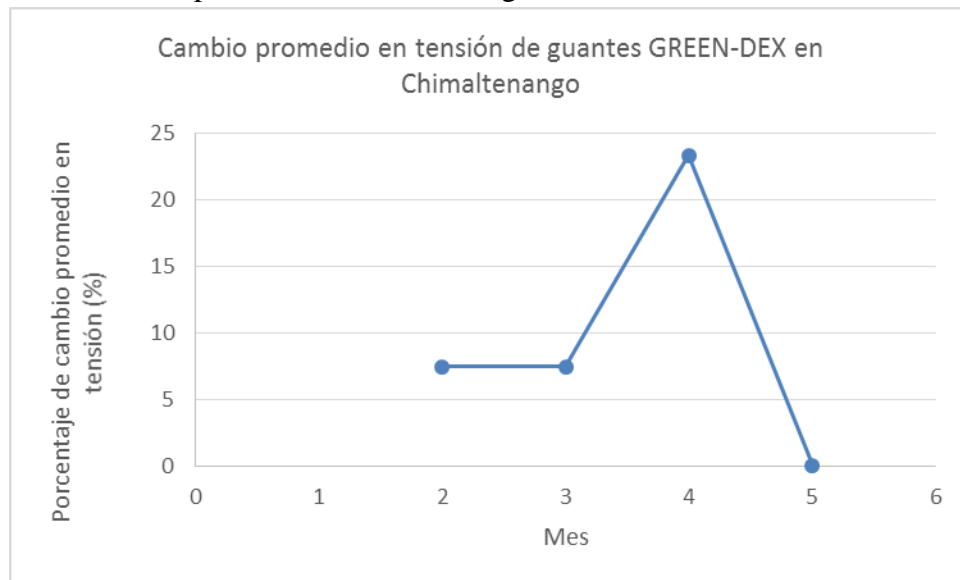


FIGURA 44. Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes GREEN-DEX en Chimaltenango.

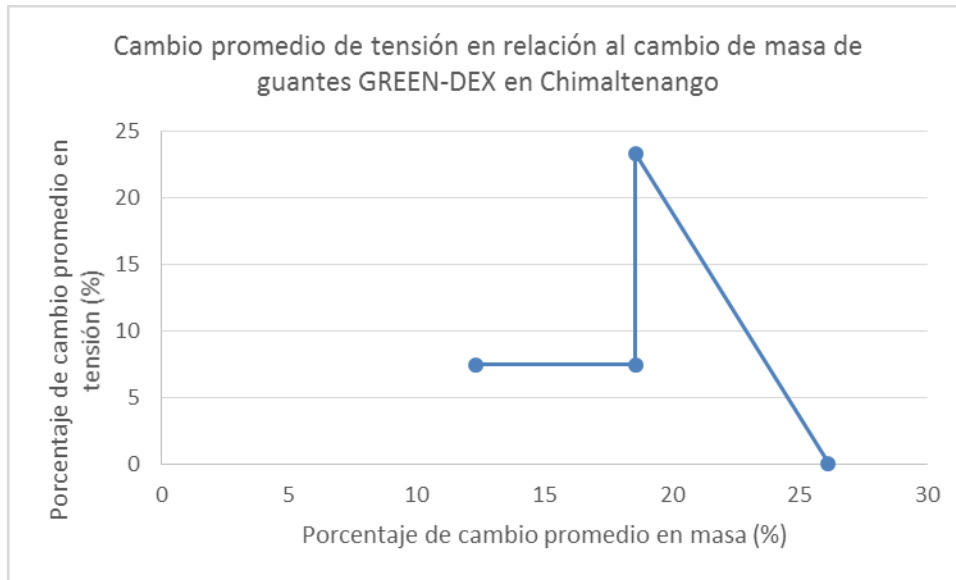


FIGURA 45. Cambio promedio en tensión de guantes de Nitrilo en Chimaltenango.

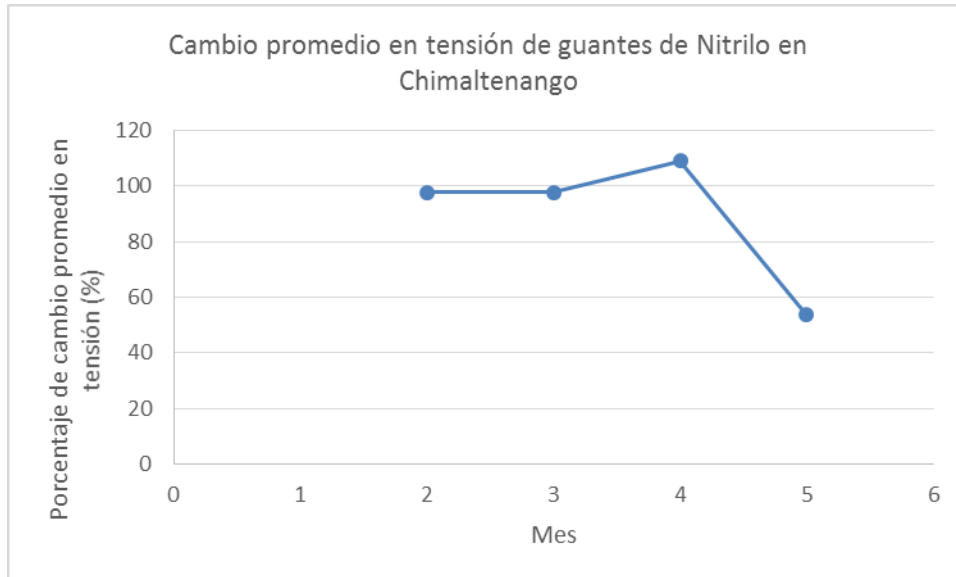


FIGURA 46. Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes Nitrilo en Chimaltenango.

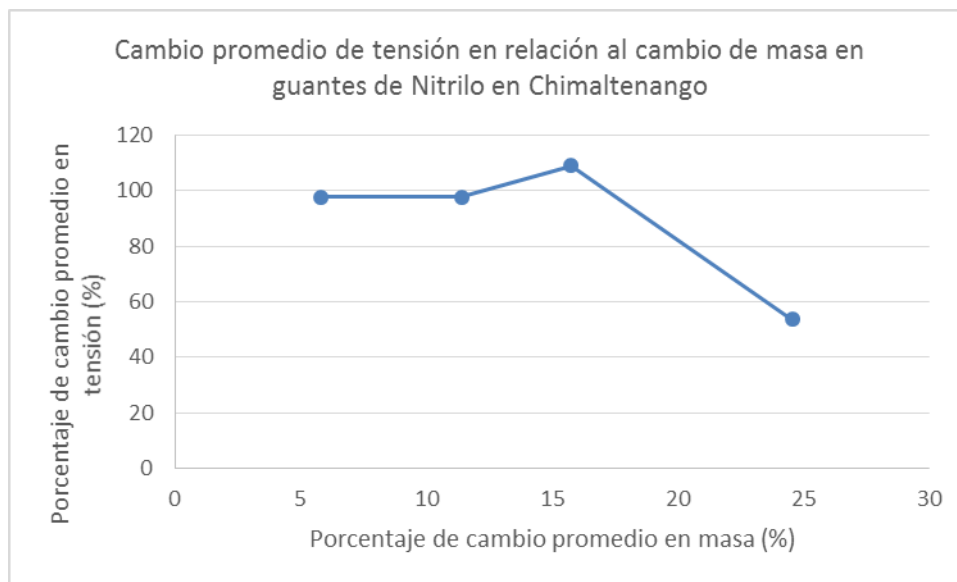


FIGURA 47. Cambio promedio en tensión de guantes de látex en Chimaltenango.

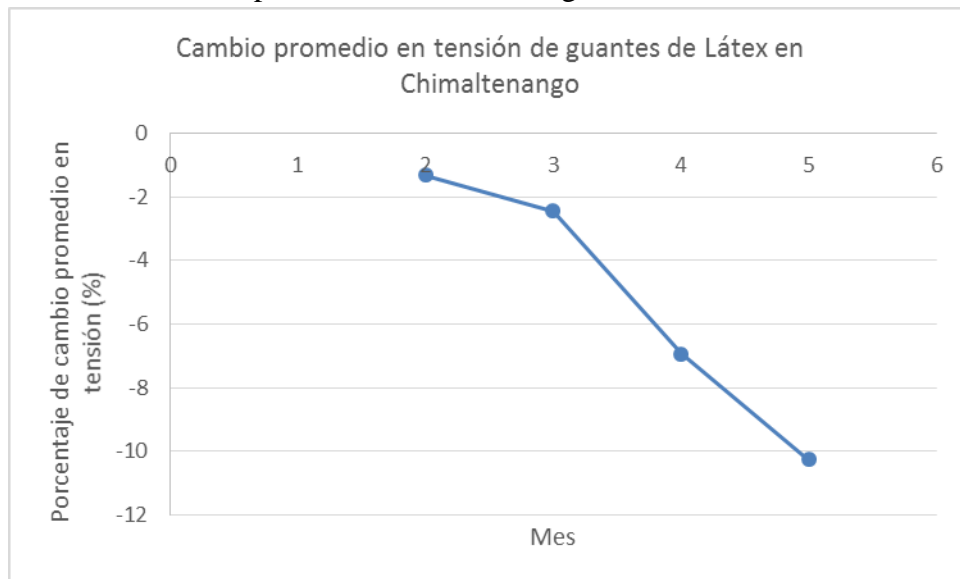


FIGURA 48. Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes de látex en Chimaltenango.

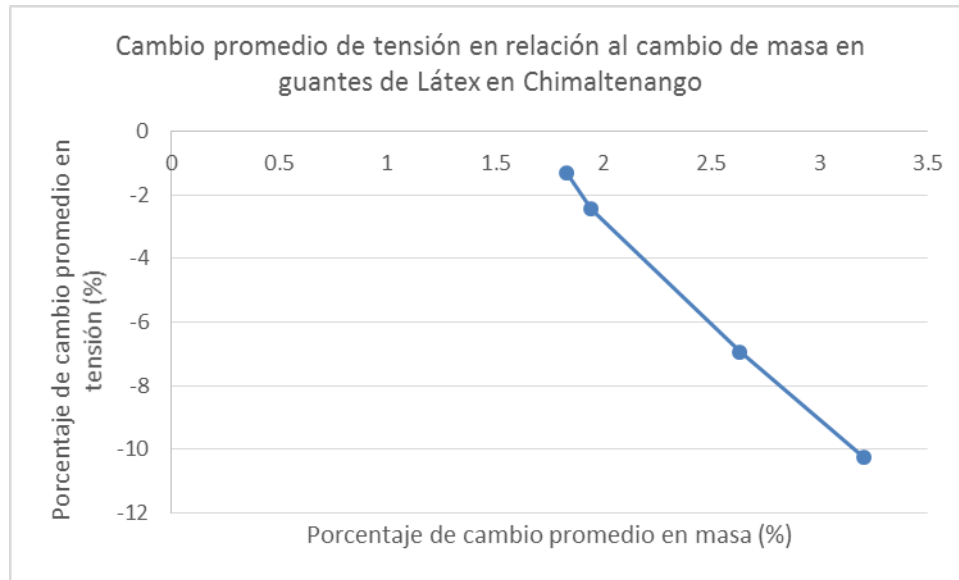


FIGURA 49. Cambio promedio en tensión de guantes GREEN-DEX en El Progreso.

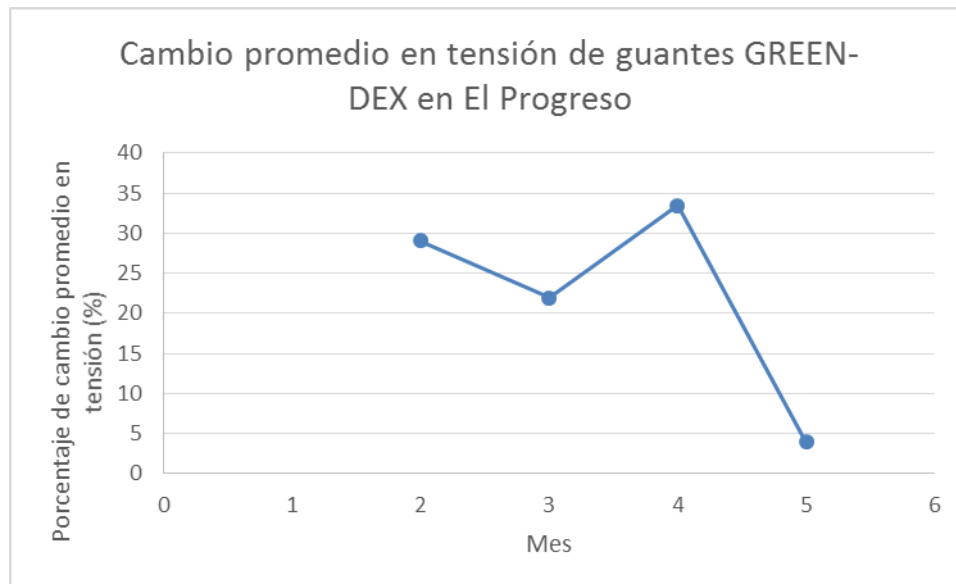


FIGURA 50. Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes GREEN-DEX en El Progreso.

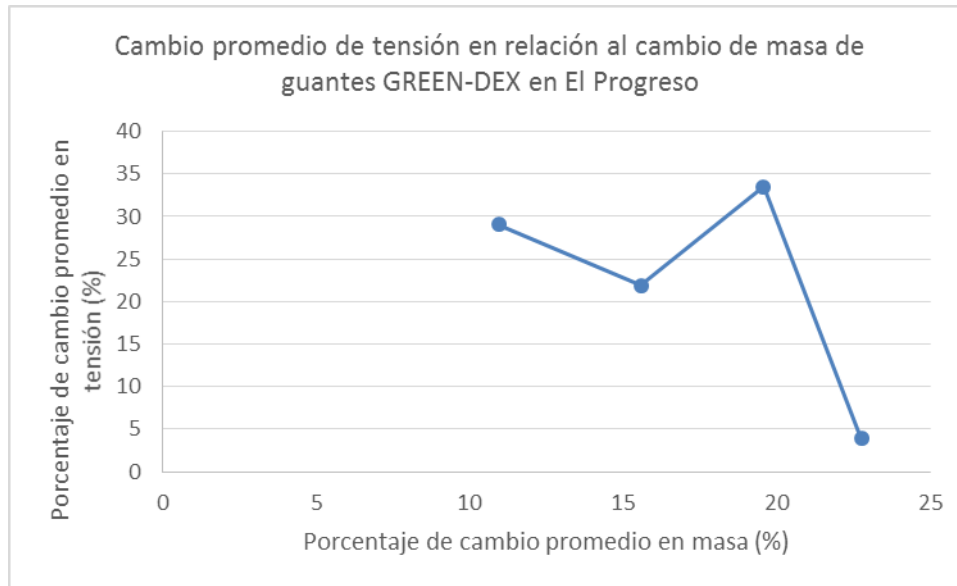


FIGURA 51. Cambio promedio en tensión de guantes de Nitrilo en El Progreso.

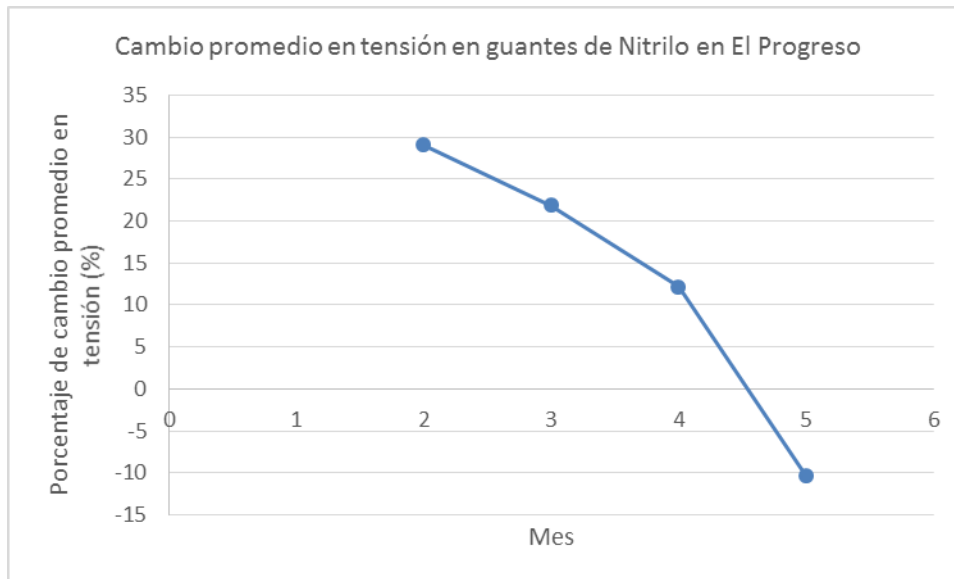


FIGURA 52. Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes de Nitrilo en El Progreso.

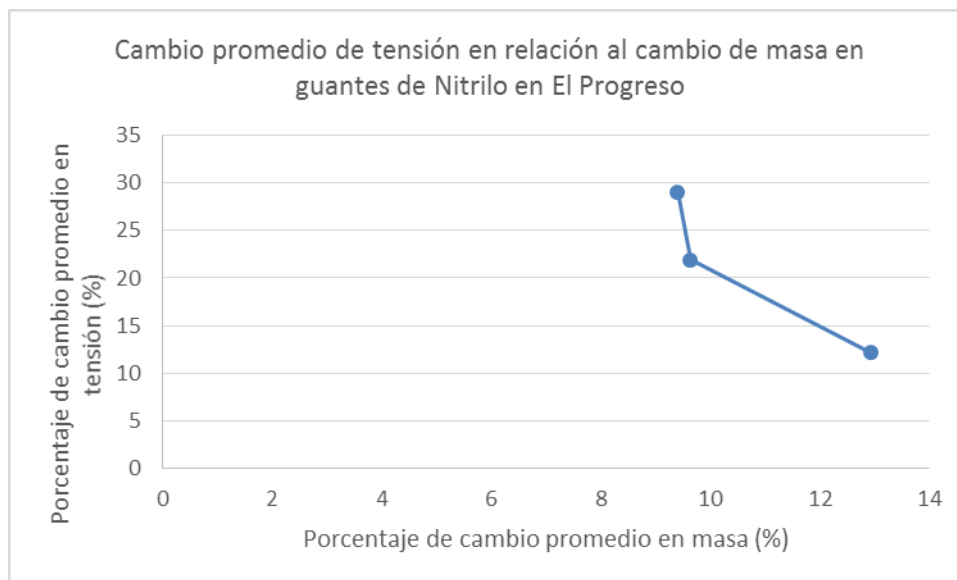


FIGURA 53. Cambio promedio en tensión de guantes de látex en El Progreso.

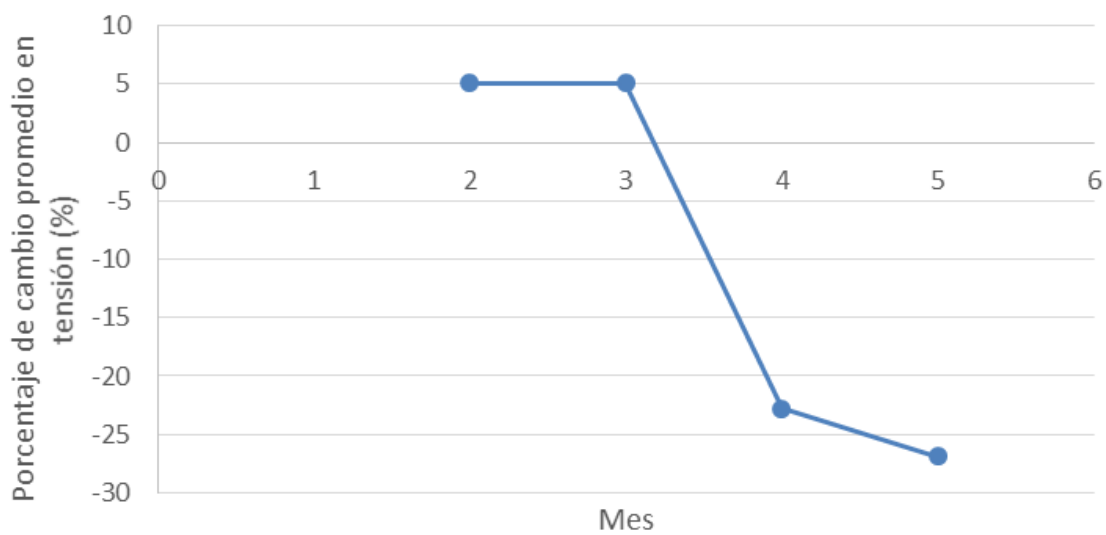


FIGURA 54. Relación en cambio promedio de tensión y masa en guantes de látex en El Progreso.

