



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN DISEÑO E INNOVACIÓN

“DESARROLLO DE UN MATERIAL BIODEGRADABLE MEDIANTE EL USO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS DE LA PRODUCCIÓN DEL JITOMATE BAJO INVERNADERO”

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de la Maestría en Diseño en Innovación

Presenta:

LDI. Estela López Castro

Dirigido por:

Dr. Genaro Martín Soto Zarazúa

SINODALES

Dr. Genaro Martín Soto Zarazúa
Director



Firma

Dra. Margarita Contreras Padilla
Secretaria



Firma

MDI. Carla Reséndiz Villaseñor
Vocal



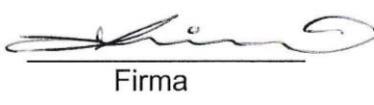
Firma

Dra. Norma Maricela Ramos Salinas
Suplente

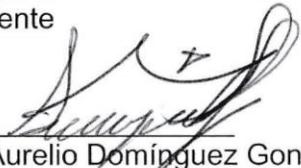


Firma

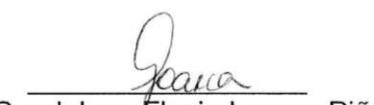
MDI. Alma Ivonne Méndez Rojas
Suplente



Firma



Dr. Aurelio Domínguez González
Director de la Facultad



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

Centro Universitario
Querétaro, Qro.

Octubre 2017

RESUMEN

La agricultura produce importantes cantidades de desechos, siendo así, uno de los mayores generadores a nivel mundial. El correcto manejo de residuos, como las Buenas Prácticas de Agricultura y el reciclaje o la reutilización de éstos es indispensable para el cuidado del medio ambiente. No obstante, su reutilización para la fabricación de composta y alimento no es suficiente y gran cantidad de los residuos acaban en tiraderos o en quema de biomasa. En la presente investigación se propone una alternativa de reutilización a los residuos de forraje generados como consecuencia de la producción del jitomate bajo invernadero. Se realizó un proceso por medio de la experimentación para obtener un material biodegradable que puede aprovecharse para la fabricación de empaque dentro del ámbito agricultor. Asimismo, se llevó a cabo el Método MDD (*Material Driven Design*), con el cual se definieron sus especificaciones técnicas y funcionales además de las necesidades hedónicas del usuario. Los resultados presentan un primer prototipo, con el cual se puede observar el alcance y las oportunidades que nos brinda el nuevo material.

Palabras clave: Residuos de forraje, material biodegradable, empaque biodegradable.

SUMMARY

Agriculture produces large amounts of waste, in that way, it is the industry that represents the greater worldwide waste producer. It is therefore that the correct management such as good agricultural practices, recycling or reuse are indispensable for the environment care. However, it is not enough the compost making or cattle feed production and large amount of waste ends in landfills or in biomass burning. The present research proposes an alternative for reuse the forage residues from the greenhouse tomato production. Through an experimentation process a biodegradable material was obtained which could be exploited in to a packaging. Also, the MDD, Material Driven Design Method was carried out. It defined the technical and functional specification and in addition obtain the user's hedonic needs. Finally, a first prototype was developed with which we can observed the scope and the opportunities that the new material offer to us.

Key words: Forage residues, biodegradable material, biodegradable packaging.

DEDICATORIAS

Dedico el presente trabajo a mi mamá que siempre ha sido mi guía, el pilar más importante y mi apoyo incondicional, pero sobre todo por su sacrificio y amor, que sin ello no hubiera llegado a donde estoy.

A mi papá que, a pesar de la distancia, sus llamadas y mensajes de aliento y ánimo siempre me llenaron de energía y cariño.

A mi pareja por su continua motivación, su comprensión y todas sus palabras precisas que necesité para continuar esta formación, así mismo por todo su amor y apoyo en todos los sentidos sin condiciones, ni medida.

A mis hermanos por estar presentes y animarme a superarme día a día.

A mi tío Salvador por ser mi gran ejemplo, apoyo incondicional y por creer en mí.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme brindado el apoyo económico para mi formación durante los dos últimos años.

A la Universidad Autónoma de Querétaro como a la Facultad de Ingeniería, por la oportunidad que me ofrecieron para pertenecer a la Maestría. De igual forma por todas las vivencias durante este periodo que me contribuyó para un mejor desarrollo personal y profesional.

A mi director de Tesis, el Dr. Genaro Martín Soto Zarazúa, por su confianza y apoyo brindado en este proyecto.

A mi sínodo por su conocimiento y su tiempo dedicado. A la Dra. Margarita Contreras Padilla por siempre escuchar mis dudas, exigirme y encaminar mi tesis.

A MDI. Carla Reséndiz Villaseñor por su perspectiva de diseño e innovación y su energía que me proyectaba para llevar más lejos mi proyecto. A la Dra. Norma Maricela Ramos Salinas por apoyarme en organizar mis palabras y darle orden a la tesis. A la MDI. Alma Ivonne Méndez Rojas que me brindó una luz en el camino con su apoyo cuando pensé que no lo lograría.

A mis profesores que durante la Maestría contribuyeron de distinta manera a esta formación, por las experiencias y su conocimiento compartido.

A Lupita por guiarnos por el buen camino y siempre aclarar nuestras dudas e inquietudes y hacer que el posgrado marche.

A mis compañeros de la Maestría que caminamos juntos durante estos dos años con sus altibajos y animándonos unos a los otros en los malos momentos, sin ustedes no hubiera sido lo mismo esta experiencia.

A mis amigos Azoltic, Olga, Kena, Mildred, gracias por siempre escuchar y darme aliento, de igual manera a Luis, gracias por todo el apoyo brindado en esta última etapa.

A compañeros de otras maestrías y generaciones, como a gente administrativa y de los laboratorios, muchas gracias a todos por su gran ayuda y apoyo.

	ÍNDICE
SUMMARY	iii
DEDICATORIAS	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General	3
1.2 Objetivos Particulares	3
1.3 Hipótesis	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Desechos agrícolas	4
2.2 Perfil de la planta del jitomate	5
2.3 Podas	7
2.3.1 Tipos de Podas	7
2.4 Reuso de desechos agrícolas	8
2.5 ¿Qué es un material biodegradable?	11
2.6 Empaques Biodegradables	12
2.7 Tipos de desechos	13
2.8 Diseño de nuevos materiales	14
III. METODOLOGÍA	15
3.1 Área de estudio	15
3.2 Evaluación de volumen forraje	18
3.3 Experimento	19
3.4 Método MDD (Material Driven Design)	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1 Pruebas preliminares de experimentación	23
a) 1ª prueba.	25
b) 2ª prueba.	25
c) 3ª prueba.	25
d) 4ª prueba.	25
1) Tratamiento térmico	26
2) Agitación mecánica	27
4.2 Fabricación de sustrato	29
4.3 Entendiendo al Material.	33

A. Caracterización técnica	33
1) Ensayo de compresión	34
2) Ensayo de tensión	43
3) Ensayo de rasgado	44
B. Caracterización Experimental	44
4.4 Creando experiencia visual del material	47
4.5 Identificación de los patrones a partir de la experiencia con el material	51
4.6 Validación de biodegradabilidad de materia prima	53
4.7 Fabricación de prototipo para evaluación	55
4.8 Pruebas de desempeño de empaque	59
4.9 Diseño conceptual de producto final.	61
4.10 Ciclo de vida del producto	65
V. PROPUESTA DE PÚBLICO OBJETIVO	66
VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO	66
REFERENCIAS	70
ANEXOS	75

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 CICLO DE VIDA DE FORRAJE.	4
FIGURA 2.2 ESQUEMA DE ANATOMÍA DE LA PLANTA DEL JITOMATE.	6
FIGURA 2.3.1 EJEMPLO DE BROTE AXILAR DE LA PLANTA DEL JITOMATE.	8
FIGURA 2.4 CASOS DE REUTILIZACIÓN DE DESECHOS AGRÍCOLAS ORGÁNICOS.	9
FIGURA 3.1.1 VISTA EN PLANTA DE LA UAQ, CAMPUS AMAZCALA.	16
FIGURA 3.1.2 INVERNADERO DE JITOMATE SALADETTE, UAQ, CAMPUS AMAZCALA.	17
FIGURA 3.2.1 DESECHOS RESULTANTES DE PODA SEMANAL, UAQ, CAMPUS AMAZCALA.	19
FIGURA 3.4.1 ES UNA TRADUCCIÓN AL ESPAÑOL DEL ORIGINAL EN INGLÉS "MATERIAL DRIVEN DESIGN (MDD)"	22
FIGURA 4.1.1 LIMPIEZA DE FOLLAJE DESPUÉS DE LA COSECHA DE JITOMATE DENTRO DE INVERNADERO DE LA UAQ, CAMPUS AMAZCALA.	24
FIGURA 4.1.2 SEPARACIÓN Y LIMPIEZA.	24
FIGURA 4.1.3 COMPARATIVO DE MUESTRAS DE MOLIDO Y TRITURACIÓN.	26
FIGURA 4.1.4 RECUPERACIÓN DE LÍQUIDO NATURALES.	26
FIGURA 4.1.6 MOLDEO Y EXPOSICIÓN AL CALOR DE MUESTRAS.	27
FIGURA 4.2 MUESTRAS FÍSICAS DE RESULTADOS.	28
FIGURA 4.2.1 RECOLECCIÓN DE DESECHOS VEGETATIVOS, UAQ, CAMPUS AMAZCALA.	29
FIGURA 4.2.2 TALLOS Y HOJAS DE LA PLANTA DE JITOMATE.	30
FIGURA 4.2.3 CORTE DE FORRAJE.	31
FIGURA 4.2.4 OBTENCIÓN DE SUSTRATO.	31
FIGURA 4.2.5 COLOCACIÓN DE ADITIVOS.	32
FIGURA 4.2.6 COLOCACIÓN DE ADITIVOS.	32
FIGURA 4.2.7 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA FABRICACIÓN DEL MATERIAL BIODEGRADABLE.	33
FIGURA 4.3.1 MUESTRA DE PROBETAS CILÍNDRICAS.	34
FIGURA 4.3.2 MUESTRA DE PROBETAS CÚBICAS.	34
FIGURA 4.3.3 LLENADO DE PROBETAS.	35
FIGURA 4.3.4 DESMOLDE DE MUESTRAS DE LAS PROBETAS.	36
FIGURA 4.3.5 COLOCACIÓN DE MUESTRAS DENTRO DE HORNO.	36
FIGURA 4.3.6 ARENA CERNIDA PARA EL ENSAYO.	37
FIGURA 4.3.7 PREPARACIÓN DE MUESTRAS.	38
FIGURA 4.3.8 COLOCACIÓN DE MUESTRA EN COMPRESOR.	39
FIGURA 4.3.9 MUESTRAS DESPUÉS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN.	40
FIGURA 4.3.10 FABRICACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAL SOBRE PROBETA. ..	44
FIGURA 4.3.11 ELEMENTOS CON LOS QUE SE REALIZÓ EL ENSAYO DE MANIPULACIÓN.	45
FIGURA 4.3.12 ENSAYOS DE MANIPULACIÓN.	47
FIGURA 4.3.13 DISTINTAS MUESTRAS QUE USUARIOS EVALUARON.	48
FIGURA 4.3.14 DIFERENTES REACCIONES DEL USUARIO FRENTE AL MATERIAL.	49
FIGURA 4.5.1 VISUALIZACIÓN DE DATOS OBTENIDOS COMO "PATRONES DE EXPERIENCIA CON EL MATERIAL"	52
FIGURA 4.6.1 MUESTRA DE PROCESO DE BIODEGRADABILIDAD DE MATERIA PRIMA NATURAL.	53

FIGURA 4.6.2 MUESTRA DE PROCESO DE BIODEGRADABILIDAD DEL MATERIAL FORMADO.	54
.....	
FIGURA 4.7.1 FOTOGRAFÍAS DEL MÉTODO DE ELABORACIÓN DE MOLDE.	56
FIGURA 4.7.2 PROCESO DE DESMOLDE.....	57
FIGURA 4.7.3 COLOCACIÓN DE SUSTRATO DE MATERIAL BIODEGRADABLE.....	57
FIGURA 4.7.4 COLOCACIÓN DE SUSTRATO DE MATERIAL BIODEGRADABLE.....	58
FIGURA 4.8.1 RESULTADO DE PRUEBA DE TRÁNSITO EN MESA VIBRATORIA.	60
FIGURA 4.8.2 DAÑOS EN HUEVOS DESPUÉS DE LA PRUEBA DE TRANSPORTE.	60
FIGURA 4.9.1 BOCETOS DE PROCESO CREATIVO PARA DISEÑO DE EMPAQUE.	62
FIGURA 4.9.2 BOCETOS DE PROCESO CREATIVO PARA DISEÑO DE EMPAQUE.	63
FIGURA 4.9.3 RENDER 1, PROPUESTA CONCEPTUAL EMPAQUE.	64
FIGURA 4.10 CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO.	65

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS

TABLA 3.2.1. DATOS DE MEDICIÓN DE PLANTAS DENTRO DEL INVERNADERO DEL VOLUMEN DE FORRAJE.....	18
TABLA 3.3.1 COMPARATIVA DE PROCESOS DE FABRICACIÓN.	20
TABLA 4.1 CARACTERÍSTICAS DE MATERIA PRIMA Y RESULTADOS.	28
TABLA 4.2 PRESENTACIÓN DE MATERIAL.....	29
TABLA 4.3.1 RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN Y RESISTENCIA.....	42
GRÁFICA 4.3.1 COMPORTAMIENTO DE DEFORMACIÓN ENTRE MUESTRAS.	43
TABLA 4.6.3 DATOS DEL CLIMA DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE QUERÉTARO PERIODO JUNIO-AGOSTO 2017.	54

I. INTRODUCCIÓN

El jitomate rojo es la hortaliza que ocupa la mayor superficie de cultivo sembrado en todo el mundo con 4.7 millones de hectáreas de las cuales se consigue una producción de 165 millones de toneladas de jitomate (FAO 2013). A México le corresponden aproximadamente 3.08 millones de toneladas (SIAP, 2015). A pesar que los residuos que resultan de esta actividad, desde la producción y el procesamiento del jitomate, representan uno de los de mayor volumen, no se tiene estrictamente registrado la cantidad de remanente de forraje que se genera. Es probable que esto suceda por la costumbre de usarlos como alimento para animales (Riggi, 2008) y para la elaboración de composta (Farré X. M., 2006). En otros casos, éstos son quemados (CCA, 2014); es por ello no se registra el manejo de éstos adecuadamente. La gestión común de los residuos, como el proceso de composteo, emite metano y óxidos de nitrógeno en cantidades importantes (IPCC, 2007); generando emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que consisten en el gas óxido nitroso proveniente de la descomposición del nitrógeno de los residuos agrícolas (FAO, 2015), causando daños al medio ambiente. Otro proceso, como la quema de los remanentes agrícolas (hojas, cáscara y tallos) ha sido la forma más fácil y económica de gestionar los restos, aunque no una ambientalmente aceptable. (CCA, 2014)

Por ello, la importancia de generar un apoyo y alternativa a la gestión de éstos insumos vegetales que son considerados desechos y que se les reincorpore a un nuevo producto útil y de valor, ayudando al medio ambiente y a la reducción de volumen de residuos agrícolas.

Para el 2050, la agricultura deberá ser capaz de aumentar su producción entre un 60 y 70 por ciento, para alimentar a más de 9 mil millones de personas (FAO, 2009); lo que implicaría un mayor consumo de agua, explotación de tierra, emisión de gases de efecto invernadero y en consecuencia habrá un incremento de desechos agrícolas (FAO, 2011). A lo largo de los años ha incrementado el ritmo de producción agrícola y esto ha traído consigo un efecto negativo para el medio ambiente. La mitad de los desechos generados a nivel mundial son de índole agrario, denominado residuo agrícola (Vargas, 2014).

El exceso y la acumulación de los residuos ha llevado a la quema de biomasa. El proceso expulsa al medio ambiente a nivel mundial 40% de dióxido de carbono (CO₂), 32% de monóxido de carbono (CO), 20% de materia suspendida (PM) y el 50% de hidrocarburos (HAP) (Kambis, 1996). La actividad, además de ser un problema de daño al medio ambiente, está generando un problema a nivel de salud pública. El humo es generado a nivel de suelo y relativamente cerca de áreas pobladas que ocasiona la exposición de contaminantes a la población, además que la combustión de éstos puede llevar consigo plaguicidas también dañinas para el humano. (Lemieuxa, 2004)

En México se siembran aproximadamente 3,098,329.41 toneladas de jitomate (SIAP, 2015) y como resultado de esta producción agrícola se producen residuos orgánicos o subproductos, que ocasionan impacto al medio ambiente.

No obstante, existen técnicas que aprovechan parte de éstos (tallos, cáscaras, restos de plantas, raíces, fibras, etc.), reutilizándolos o transformándolos en insumos útiles; por ejemplo, en la elaboración de composta y alimento para ganado (FAO, 2013). Otra manera de aprovechar los residuos de esta actividad, es

la producción de energía eléctrica que pueda ser aprovechado en la agroindustria (Núñez, 2012). Sin embargo, la gestión de los desechos debe ser adecuada y controlada con el objetivo de no producir un mayor impacto ambiental.

1.1 Objetivo General

Desarrollar un material biodegradable mediante la transformación del residuo vegetativo resultante de la producción de jitomate bajo invernadero, para disminuir el volumen de desechos.

1.2 Objetivos Particulares

- Elaborar un primer prototipo de empaque usando como materia prima el nuevo material desarrollado.
- Determinar el volumen de forraje que se genera como resultado de la poda y eliminación de la planta de jitomate por medio de mediciones volumétricas de los desechos.
- Calcular el plazo de tiempo de degradación del material desarrollado, a partir de muestras y observación de su comportamiento.
- Caracterizar física y mecánicamente el material vegetal mediante pruebas especializadas en laboratorio para determinar sus capacidades de resistencia a compresión, compactación y tensión para proyectar posibles aplicaciones industriales.
- Evaluar la usabilidad y la relación del material biodegradable con la experiencia y apreciación del usuario usando el método *Material Driven Design* (MDD).

1.3 Hipótesis

La generación de un material biodegradable para elaborar empaque, a partir de los residuos de follaje generado de la producción del jitomate bajo invernadero, permitirá explorar un nuevo uso mediante la validación de sus propiedades de resistencia y técnicas de acuerdo a los estándares de las pruebas para envase y embalaje.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Desechos agrícolas

Poco se sabe de la gestión del residuo forrajero del jitomate, una vez que se ha realizado la poda o cosecha. Cuando son pequeñas producciones, este residuo se reutiliza como alimento de ganado o se incorporan a los suelos para agilizar su descomposición; mientras que, en cultivos extensos, el forraje se recolecta y se acondiciona un área al aire libre que ayude a la deshidratación y la reducción de volumen (Farré, 2006). Una vez terminado este proceso, el forraje puede tener tres destinos, uno es destinarlo a tiraderos, otro es quemarlo en el mismo lugar o se puede elaborar composta él.

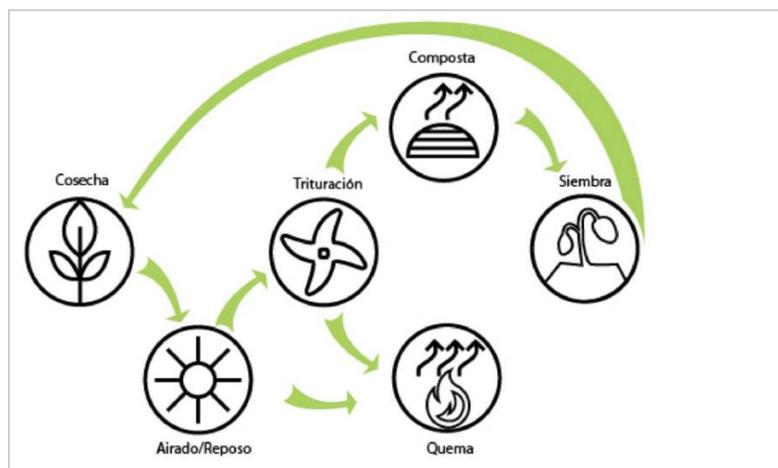


Figura 2.1 Ciclo de vida de forraje. Fuente: Farré 2006. Esquema de elaboración propia a partir de la información del autor.

2.2 Perfil de la planta del jitomate

La planta comprende de: raíz, tallo, hojas, flor, fruto y semilla.

La raíz se hunde verticalmente, como una extensión del tronco; la cual crece aproximadamente tres centímetros por día y puede llegar a alcanzar una profundidad de sesenta centímetros. Al mismo tiempo nacen raíces en forma horizontal que llegan a formar en ocasiones una densa masa. Muchas veces cuando la planta es trasplantada, la raíz vertical se elimina y se utiliza la formación horizontal (Rodríguez et al., 2001). Una vez sembrado en su destino final, el sistema de raíces puede alcanzar una profundidad de metro y medio. Se ha evaluado que 45 cm de éstos se encuentran en la parte superior del terreno.

El tallo, en planta joven, es recto y de forma cilíndrica. Posteriormente, cuando éste va creciendo se vuelve uniforme de forma angulosa. Puede llegar a medir de 40 a 250 cm. Todo el cuerpo del tallo presenta vellosidades que producen un líquido color verde con fuerte olor.

Las hojas son compuestas, divididas en filiolos, se intercalan en diversos nudos y son de tamaño medio. El limbo puede estar compuesto desde siete hasta once foliolos. El haz (frente) de la hoja es de color verde y el envés (reverso) de color grisáceo. El tamaño depende mucho de la característica específica de la variedad de jitomate al que nos referimos.

La flor aparece agrupada y pueden ser de cuatro tipos: en racimo simple, cima unípara, bípara y múltipara, lo que significa que pueden llegar a tener hasta cincuenta flores agrupadas en el mismo racimo. Los botones floreales comienzan aproximadamente a los 56 días del primer brote de la planta.

El fruto es una baya compuesta de diversos lóculos, contiene semillas dentro del pericarpio. Un jitomate comercial puede llegar a contener hasta trecientas semillas dentro del fruto (Desai *et al.*, 1997). La forma del fruto varía de ser redonda hasta ser chata similar a una pera.

La semilla tiene un tamaño aproximado de 3-5 mm de diámetro y se presenta cubierta de vellocidades. En producciones bajo invernadero un kilogramo de fruto podría producir cuatro gramos de semillas que equivaldrían a 1200 semillas (Rodríguez *et al.*, 2001).

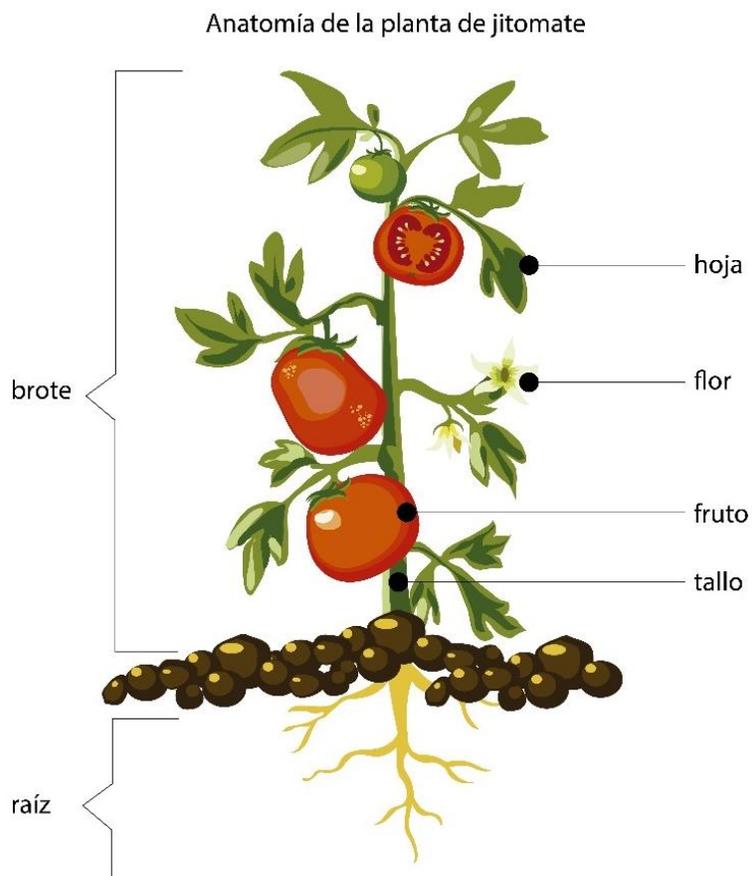


Figura 2.2 Esquema de anatomía de la planta del jitomate.
Fuente: Información de Mercado y Rico 2008. Esquema de elaboración propia.

Por otro lado, las etapas fenológicas del jitomate, las que corresponden a su ciclo de vida se categorizan en tres etapas. La Etapa Inicial, comienza con la

germinación de la semilla. Ésta parte es particularmente rápida, ya que la materia seca aumenta con un ritmo acelerado. La planta asigna alto porcentaje de energía para la síntesis de nuevos tejidos. La segunda etapa, llamada Vegetativa, se divide en dos partes, la primera comienza aproximadamente a los veintiún días de la germinación y el crecimiento se centra en el desarrollo de hojas y ramas. En una segunda parte se presenta la Floración y dura aproximadamente 30 días. La última etapa, llamada Etapa Reproductiva, dura un aproximado de 40 días y es donde se presenta el crecimiento de frutos y donde se requiere toda la energía y nutrientes para ello. Y como consecuencia el crecimiento de la planta se detiene.

2.3 Podas

Dentro de un invernadero se requiere de una apropiada radicación dentro de éste con el objetivo de aumentar la fotosíntesis. Para ello se requiere de técnicas adecuadas de cultivo como, por ejemplo, tener una correcta densidad y distribución de las plantas que maximice esta recepción (Castilla, 2007) y por otro lado, el control de crecimiento por medio de la poda, ayuda a la obtención de frutos más grandes y de mejor calidad (Mercado y Rico 2008).

2.3.1 Tipos de Podas

Mientras la planta está en su crecimiento se realiza la llamada Poda de formación. Se lleva a cabo entre los quince y veinte días desde que se hizo el trasplante y con el surgimiento de los primeros tallos laterales, esto con el objetivo de mejorar la aireación del cuello y permitiendo la sujeción de la planta.

La Poda de brotes axilares se consta de su eliminación con el fin de ayudar al tallo principal a un mejor desarrollo. Este tipo de poda se sugiere realizarse con

constancia, preferiblemente semanalmente en el periodo verano-otoño y de diez a quince días en invierno (figura 2.3).

Una vez que la planta se encuentre en su etapa de fructificación se debe realizar una Poda de deshojado y fitosanitaria, la cual consta de eliminar hojas viejas con la finalidad de agilizar la ventilación y mejorar el tono o color de los frutos, así mismo se evita tener alguna fuente de enfermedad. Se aconseja no eliminar más de tres hojas a la vez, ya que se puede exponer a alto nivel de estrés a la planta.

Finalmente está la poda apical que se basa en eliminar la parte del ápice del tallo. Con esto último se logra detener el crecimiento vertical de la planta. (Mercado y Rico 2008)

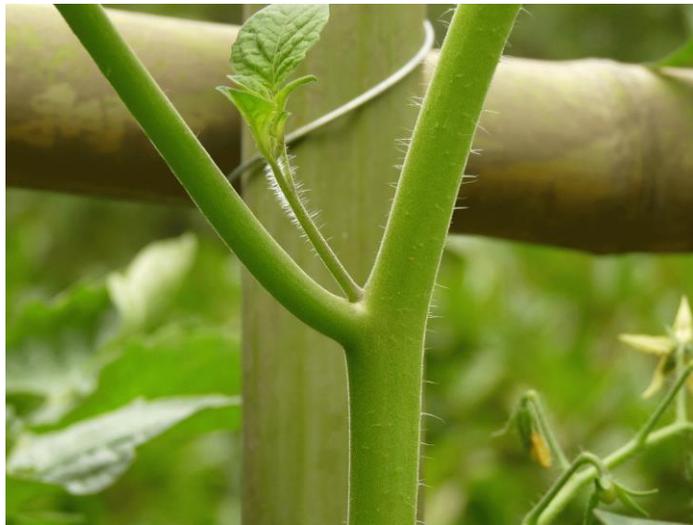


Figura 2.3.1 Ejemplo de brote axilar de la planta del jitomate.
Fuente: Fotografía obtenida de Billoch, C. 2010.

2.4 Reuso de desechos agrícolas

La reutilización de desechos a consecuencia de la producción agrícola ha sido un tema importante a nivel mundial y a consecuencia de esto se pueden encontrar diversos manuales de Buenas Prácticas Agrícolas. Como ya se ha

mencionado la reutilización de los residuos del fruto a diferencia del forraje, ha sido explotada de distintas maneras.

Particularmente el fruto del jitomate y su desecho ha sido estudiado de diversas formas con la finalidad de reutilizarlo.



Figura 2.4 Casos de reutilización de desechos agrícolas orgánicos.

Fuente: Información recuperada para la investigación. Infografía de elaboración propia.

Un ejemplo es un grupo de científicos, entre graduados y estudiantes del *South Dakota School of Mines & Technology*, *Princeton University* y *Florida Gulf Coast University* presentaron en marzo del 2016, en el *251st National Meeting & Exposition of the American Chemical Society (ACS)*, un proyecto en el cual están trabajando, donde aseguran que los jitomates dañados de los supermercados o cosechas que no se pueden vender, pueden producir electricidad. Las aplicaciones biotecnológicas que ya utilizan sistemas de electricidad por medio de productos orgánicos, necesitan material puro, limpio y en grandes cantidades para la obtención de la mayor electricidad posible, mientras que el jitomate ha dado el rendimiento

eléctrico óptimo usando jitomates defectuosos y han llegado a ser igual o de mejor desempeño que los sistemas ya existentes. (American Chemical Society, 2016)

Por otro lado, científicos italianos han logrado obtener un material usando residuos de cáscara y semillas del jitomate de procesos agroalimentarios y residuos de cáñamo de la fabricación de papel. Éstos residuos, se unen con Alginato de Sodio para la elaboración de este nuevo material, que a su vez es usado para la fabricación de macetas de trasplanto. Su objetivo es reducir este tipo de desechos y apoyar a la reducción de la acumulación de macetas de plástico en los viveros. (Schettinia, 2013)

En el Centro Superior de Investigaciones Científicas de España, junto con la Universidad de Málaga, Científicos del Centro Superior de Investigaciones Científicas de España y la Universidad de Málaga han desarrollado un biopolímero a partir de residuos de jitomate. La obtención del material plástico ha sido a partir de la cutina vegetal que las industrias agroalimentarias desechan.

Su ventaja ha sido en un material hidrófobo, resistente al agua y a disolventes orgánicos. Su aplicación es considerada dentro de la industria para el empaque de alimentos. (Benítez, 2011)

Los casos de reutilización exclusivamente de los desechos, tales como tallos y hojas, se encuentran desarrollados con otros productos agrícolas, tal es el caso del invento de Luis Eduardo Garzón y la Universidad Nacional de Colombia, que patentaron una pulpa obtenida a partir de desechos vegetales de la industria floricultor, palmero y del cereal. La pulpa caracterizada como material fibroso, ha sido desarrollada para la fabricación de papel y similares. Su objetivo fue la

reducción de este tipo de desechos, consiguiendo un nuevo producto y evitando la propagación del Hongo Fusarium. (Colombia Patente nº WO2014118699 A1, 2014)

El químico Jorge Humberto Borrero de la Universidad del Valle desarrolló un método para la producción de fibras de celulosa a partir de las hojas y capullos de la caña de azúcar. La fibra de celulosa que se obtiene es usada para la producción de papel y plástico. Su proyecto tiene como intención, disminuir la tala indiscriminada de árboles y el desecho de residuo agrícola. (Colombia Patente nº US9017514 B2, 2015)

Así mismo, es el caso del científico Dimitrios George Hondroulis, que creó un proceso para producir fibras a partir de los desechos agrícolas de tallos de plátano, corona de la piña, palma, coco y otros cultivos que dan fruto tropical. La fibra resultante se puede usar para la fabricación de papel, textil, aislante, etc. (EUA Patente nº US5958182 A, 1999) Posteriormente éste mismo científico en conjunto con William Winslow desarrollaron un método para producir un material compuesto a partir de la mezcla de fibra del tallo del plátano con materiales plásticos. (EUA Patente nº WO2015013409 A1, 2015)

2.5 ¿Qué es un material biodegradable?

Un objeto o material biodegradable es todo aquel que se degrada en condiciones ambientales naturales. Es la capacidad que tienen algunos materiales a reincorporarse a la tierra por acción misma del medio ambiente o microorganismos biológicos. Sin embargo, existen algunos materiales que no pueden ser considerados biodegradables ya que pueden mantenerse como residuos hasta cientos de años. Así es que los materiales que tardan poco tiempo en desaparecer

son considerados biodegradables, lo que significa que se evitará menos daños al medio ambiente.

La biodegradabilidad obedece a su componente físico y químico. Algunos materiales que no pueden ser considerados biodegradables son aquellos que superan las capacidades tanto ambientales como de los organismos para procesarlos.

Se pueden nombrar dos tipos de biodegradación:

1.- Aeróbica: Los que en presencia de oxígeno el producto que resulta de este proceso es biomasa, dióxido de carbono minerales y agua.

2.- Anaeróbica: Los que en ausencia de oxígeno el producto que resulta de este proceso es biomasa, metano, minerales y agua.

(Greenpeace, 2009)

2.6 Empaques Biodegradables

El sector de empaques biodegradables es un sector que está creciendo día a día. Al día de hoy todavía no se cuenta con muchas opciones para los consumidores y la industria en necesidad de empaclar su producto. En México no existen muchas empresas dedicadas a la fabricación de este tipo de empaques, ya que su producción todavía resulta costosa frente a la industria de los polímeros. Sin embargo, promete ser una inversión positiva a largo plazo apostar por los empaques biodegradables viéndolo desde el punto de vista de que restablecer los daños por la contaminación y a la salud sería de un elevado costo. (Martínez, 2016)

Se han desarrollado distintos tipos de empaques usando plásticos biodegradables que por medio de almidón de maíz o de trigo se están haciendo

camino para ofrecer opciones más limpias (Martínez, 2016). Éstos últimos necesitan de seis a veinticuatro meses, ya sea en agua o debajo del agua, para desintegrarse.

2.7 Tipos de desechos

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial define residuo, como todo lo que es generado como producto de una actividad, ya sea por la acción directa del hombre o por la actividad de otros organismos vivos, formándose una masa heterogénea que, en muchos casos, es difícil de reincorporar a los ciclos naturales (ONUDI, 2007). Los residuos agrícolas comprenden todos los elementos que no se toman en cuenta como cosecha, así que, desde un punto de vista comercial, es todo aquello que no produce valor o que ya no tienen utilidad para el propietario (Vargas, 2014).

Específicamente para el jitomate, la composición de los residuos generados como resultado de la producción del fruto, se dividen de la siguiente manera:

- Vegetativo, que comprende las hojas, tallo y raíz.
- Frutos Verdes.
- Frutos Amarillos y Naranjas.
- Frutos Rojos no comercializables (muy maduro, muy pequeño, dañada de forma grave, deformada, o en descomposición).
- Materiales varios como empaques, plástico, vegetal o frutas de otra especie, etc.

(Riggi, 2008)

2.8 Diseño de nuevos materiales

La mayoría de los trabajos de esta índole se centralizan en cómo seleccionar o diseñar un material adecuado para un diseño tomando en cuenta la forma de éste, la manufactura, limitaciones o requerimientos del proyecto (Ashby y Johnson, 2009) Pero no se toman en cuenta factores hedónicos del usuario final. Un material puede ser muy bueno en su desarrollo y sus propiedades técnicas, pero no por ello será un éxito en el mercado. Un material debe ser social y culturalmente aceptado. (Manzini y Petrillo, 1991) Además con sus propiedades particulares, aplicaciones potenciales y rendimiento puede afectar al usuario dándole experiencias únicas.

En la historia del diseño, profesores de la Bauhaus¹ fueron partidarios de aprender de los materiales. Alrededor de los años 20, Johannes Itten² formuló una teoría llamada “Teoría de los Contrastes” donde se pedía a los alumnos a explorar sensorialmente los distintos materiales para conocer su naturaleza. A través de esto, los alumnos podían experimentar y apreciar las características de los materiales a través de la exploración práctica (Itten, 1975). Muchos diseñadores en la historia han seguido éstas ideas y diseñando productos manipulando materiales y explorando sus posibilidades de texturas y acabados.

Reconociendo la visión dualista del diseño de materiales, donde por un lado se busca alcanzar las necesidades funcionales y por el otro lado las necesidades

¹ Bauhaus: Escuela alemana que se basó en mejorar el diseño y la creación de objetos a partir de la experimentación y encontrar una armonía entre la funcionalidad, la industria y la estética. Inicadores del pensamiento “menos es más”. Su influencia mundial fue el racionalismo.

² Johannes Itten: Pintor, diseñador y profesor de la Bauhaus y la escuela HfG en Ulm.

hedónicas de las personas, el desarrollo y la aplicación de los nuevos materiales debe ser una tarea multidisciplinaria. La comunidad del diseño ha evolucionado, donde continuamente ha contribuido con el ámbito científico apoyando en el desarrollo de nuevos materiales a través de un mejor conocimiento y destreza de la "comprensión", "interpretación", "imaginación" y "diseño" para la generación de nuevas experiencias en los usuarios y en donde estudios y estrategias como Design-Driven Innovation de Verganti³ puede ser un punto de partida conceptual para su desarrollo.

En este trabajo se empleará el Método *Material Driven Design* (MDD) donde se plantea que para el diseño de materiales no sólo se requiere conocer las propiedades y alcances técnicos de éste, sino también plantearse ¿Qué hace el material?, ¿Qué nos expresa el material?, ¿Qué nos provoca? y ¿Qué nos hace hacer? (Giaccardi y Karana, 2015)

III. METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

El experimento se realizó en el Estado de Querétaro, en la localidad de Amazcala, que está situado en el Municipio de El Marqués. El área de estudio fue dentro de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Campus Amazcala (figura 3.1.1). Para el estudio se utilizó el producto sembrado dentro de los invernaderos que pertenecen a la UAQ. Así mismo, en Ciudad Universitaria de la

³ Roberto Verganti: Profesor de Gestión de Innovación del Politécnico de Milán. Actualmente imparte clases en la Escuela de Diseño y dirige el *MaDe in Lab* (Laboratorio de formación ejecutiva del Diseño y la Innovación)

UAQ, se realizaron algunas pruebas técnicas y hedónicas con fines para la investigación.

El periodo de producción que se ha utilizado para las pruebas preliminares fueron durante el ciclo Otoño-Invierno del 2016 y para las pruebas finales se ha obtenido la materia prima de la producción del ciclo Primavera-Verano del 2017.



Figura 3.1.1 Vista en planta de la UAQ, Campus Amazcala.
Fuente: Google Maps

La Universidad cuenta con el desarrollo de jitomate bola, jitomate saladette, jitomate uva y cherry. El invernadero en el cual se obtuvo la materia prima abarca una dimensión de 500 metros cuadrados y cuenta con 1500 plantas de jitomate saladette. La disposición del plantío es de tres plantas por cada metro y treinta centímetros de tallo a tallo. La altura máxima de éstas es de aproximadamente 2.6m.

Los laboratorios utilizados como apoyo a la investigación fueron el Laboratorio Deshidratador del Campus Amazcala y el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Resistencia de materiales de la Facultad de Ingeniería de Ciudad Universitaria.



Figura 3.1.2 Invernadero de jitomate saladette, UAQ, Campus Amazcala.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

El proceso de poda es semanal o según el follaje lo pida, esto con la intención de limpiar los racimos y dejar libre el crecimiento de la fruta. La cantidad de hojas que dejan por racimo en los invernaderos de Amazcala es de 16 hojas aproximadamente y el resto se quita y se deshecha.

La biomasa resultante de la poda y la eliminación del forraje total no se tiene calculada. Para fines de esta investigación se hizo un aproximado del desecho total

tanto de lo que resulta de las podas semanales como del retiro completo de la planta.

3.2 Evaluación de volumen forraje

Para interés de esta investigación y por falta de registro de la cantidad de residuos de forraje se pueden obtener como materia prima para la investigación y lo que resulta de la actividad normal de la elaboración de jitomates, se realizaron mediciones de forraje en un periodo de cuatro meses. Se llevó a cabo dos tipos de mediciones en momentos distintos de la fabricación, uno es durante la poda semanal y el otro al eliminar toda la planta de la tierra.

Se efectuó la medición de una línea de 21 plantas dentro del invernadero durante 4 meses. Los aspectos que se tomaron en cuenta fue el ancho, profundo y alto del espacio que ocupa el forraje para calcular el volumen, así mismo se contaron las hojas que cada una de las plantas tenía en total.

Tabla 3.2.1. Datos de medición de plantas dentro del invernadero del volumen de forraje. Fuente: Información de autoría propia resultado de la investigación.

Medición fecha: May 17					Medición fecha: Jun 17					Medición fecha: Jul 17					Medición fecha: Agos 17				
no.	ancho (cm)	profundo (cm)	alto (cm)	cant. hojas	no.	ancho (cm)	profundo (cm)	alto (cm)	cant. hojas	no.	ancho (cm)	profundo (cm)	alto (cm)	cant. hojas	no.	ancho (cm)	profundo (cm)	alto (cm)	cant. hojas
1	55	45	235	20	1	50	45	210	18	1	60	70	215	18	1	50	60	210	20
2	50	40	210	21	2	50	80	235	17	2	75	50	230	20	2	70	70	210	19
3	70	60	240	18	3	60	70	215	18	3	50	60	220	20	3	50	50	230	21
4	70	60	240	21	4	55	65	230	20	4	60	80	245	23	4	70	70	220	20
5	70	80	240	19	5	60	65	210	20	5	50	60	230	18	5	60	60	220	20
6	50	60	230	18	6	75	60	215	17	6	55	65	210	18	6	75	80	235	21
7	75	100	230	20	7	65	75	210	18	7	60	80	220	22	7	70	50	235	23
8	70	50	240	22	8	50	60	220	20	8	50	50	210	18	8	80	80	245	23
9	60	70	220	20	9	60	80	245	21	9	55	60	210	20	9	71	80	245	24
10	60	70	215	18	10	60	80	245	21	10	70	60	220	20	10	63	75	230	23
11	60	70	215	18	11	50	60	210	20	11	65	75	210	20	11	55	65	210	21
12	60	70	240	23	12	70	70	210	23	12	70	80	230	21	12	65	70	230	20
13	50	80	235	17	13	60	80	245	23	13	70	100	235	23	13	60	70	220	17
14	70	70	240	21	14	50	60	230	18	14	60	80	225	23	14	65	60	210	23
15	50	50	230	21	15	75	100	230	20	15	70	80	240	23	15	70	80	100	25
16	70	70	220	20	16	60	70	240	23	16	65	75	240	25	16	65	70	220	23
17	60	80	245	21	17	80	80	245	25	17	75	80	240	23	17	70	70	245	23
18	50	60	220	20	18	50	70	230	21	18	60	70	230	21	18	60	75	210	25
19	60	80	245	19	19	70	70	240	21	19	65	70	230	20	19	65	75	210	21
20	80	80	245	25	20	70	80	240	23	20	75	65	230	23	20	75	75	220	23
21	70	80	245	24	21	50	60	220	20	21	65	60	220	21	21	60	80	220	20
62.38 67.86 232.38 20.29					60.48 70.48 227.38 20.33					63.10 70.00 225.71 20.95					65.19 69.76 217.86 21.67				
PROMEDIO					PROMEDIO					PROMEDIO					PROMEDIO				
VOLUMEN 983,667					VOLUMEN 969,128					VOLUMEN 996,905					VOLUMEN 990,773				

El invernadero en el cual se realizó la medición cuenta con 1500 plantas, dando como resultado un volumen total de 17,591,395.35 cm³ de forraje que eventualmente se vuelve residuo.



Figura 3.2.1 Desechos resultantes de poda semanal, UAQ, Campus Amazcala.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

Con las mediciones volumétricas obtenidas se hizo un promedio para obtener un resultado más cercano de la cantidad de desechos que son obtenidos de ambas actividades.

3.3 Experimento

En una primera parte se desarrolló una etapa experimental, donde se emplearon distintos métodos de transformación de materia vegetal (desechos forrajeros) en sustratos, tomando como punto de partida y de referencia lo propuesto por el investigador Luis Eduardo Garzón en su Patente n^oWO2014118699 y por el

químico Jorge Humberto Borrero con la Patente nºUS9017514 B2 (figura 2.3). Se establecieron los pasos finales para la fabricación del nuevo material biodegradable, gracias a la experimentación y comprobación de resultados. En la siguiente tabla se muestra un comparativo de los procedimientos de cada una de las patentes anteriormente nombradas en conjunto con el que se llevó a cabo en la presente investigación.

Tabla 3.3.1 Comparativa de procesos de fabricación.

Fuente: Cuadro de elaboración propia en base a la información de las patentes no. WO2014118699 y no.US9017514 B2.

no. WO2014118699	no.US9017514 B2	Presente investigación
Romper mediante un proceso mecánico las fibras de los desechos vegetales	Disminuir el tamaño de la partícula de la biomasa de lignocelulosa a un rango entre 3 y 15mm.	Limpieza y separación (hijas, tallos y raíz)
Exponer al ambiente los desechos vegetales tratados mecánicamente para causar desfibrado por el cambio de presión y temperatura del material.	Del producto obtenido, colocar en tratamiento con uno o dos más solventes y mezclarlo con catalizadores.	Someter a molido/licuado para romper las fibras y obtención de líquidos naturales.
Cometer la pulpa bruta a agitación mecánica en un intervalo entre media hora y dos para lograr una pulpa terminada para emplear en papel, cartón o similares y mezclar con almidones y gomas.	Someterlo de una descompresión súbita a presión atmosférica.	Al sustrato obtenido agregar aditivos, como colorantes y suavizantes.
Recuperar los líquidos extraídos durante el proceso para emplearlos nuevamente en el cultivo.	Colocar el material en un ciclón.	Colocar en moldes ejerciendo pres
Agregar durante la agitación mecánica aditivos tales como controladores de pH, colorantes o cualquier elemento requerido para lograr un producto específico.	Opcionalmente tratar el sólido con una mezcla de etanol y dióxido de cloro.	Desmoldar y colocar espécimen a exposición de calor durante 24 horas.
	Lavar el producto obtenido para lograr una eficiencia de celulosa superior al 50% y de lignina del 5 al 7%, longitud de fibra en el rango de 1.5 a 2.7mm.	Sacar pieza del horno y detallar.

3.4 Método MDD (Material Driven Design)

Para la valoración técnica y de usabilidad del material propuesto, se llevará a cabo a través del Método *Material Driven Design* (MDD), planteado por la Dra. Elvin Karana del Departamento de Ingeniería y Diseño de la Universidad de Delft en Holanda.

El presente Método facilita los procesos de diseño en donde los materiales es el principal impulsor. En el, se contemplan tres distintos escenarios donde los diseñadores pueden aplicar el MDD.

Escenario 1

Diseñar con un material relativamente conocido. El material es probable que tenga algunos significados establecidos en ciertos contextos (por ejemplo, acogedor, *hightech*, etc.) el diseñador buscará nuevas aplicaciones para evocar nuevos significados y obtener experiencias únicas en el usuario.

Escenario 2

Diseñar con un material relativamente desconocido. Es improbable que el material se vincule a significados establecidos, lo que le da al diseñador la oportunidad de definir áreas de aplicación con las cuales se pueden introducir experiencias únicas en el usuario, identidades para el material y nuevos significados.

Escenario 3

Diseñar un material con muestras semi-desarrolladas o exploratorios (por ejemplo, compuestos de desechos alimenticios, materiales vivos, textiles, etc.) Dado que el material está semi-desarrollado (es decir, la propuesta) sus propiedades apenas deben definirse. Además, dado que el material es nuevo, es

difícil identificar sus características y está en el diseñador el proponer aplicaciones significativas, a través de las cuales se obtendrán experiencias y significados únicos en el usuario.

Para la investigación, el “Escenario 3”, es el que nos compete.

En figura 3.9 se muestra el Método, donde se pueden observar los cuatro pasos de acción a desarrollar en el proceso de diseño: (1) Entender el material: Caracterización Técnica y Experimental, (2) Creación de una experiencia visual a través del material, (3) Identificar los patrones de la experiencia con el material. (4) Diseño conceptual de Material/Producto.

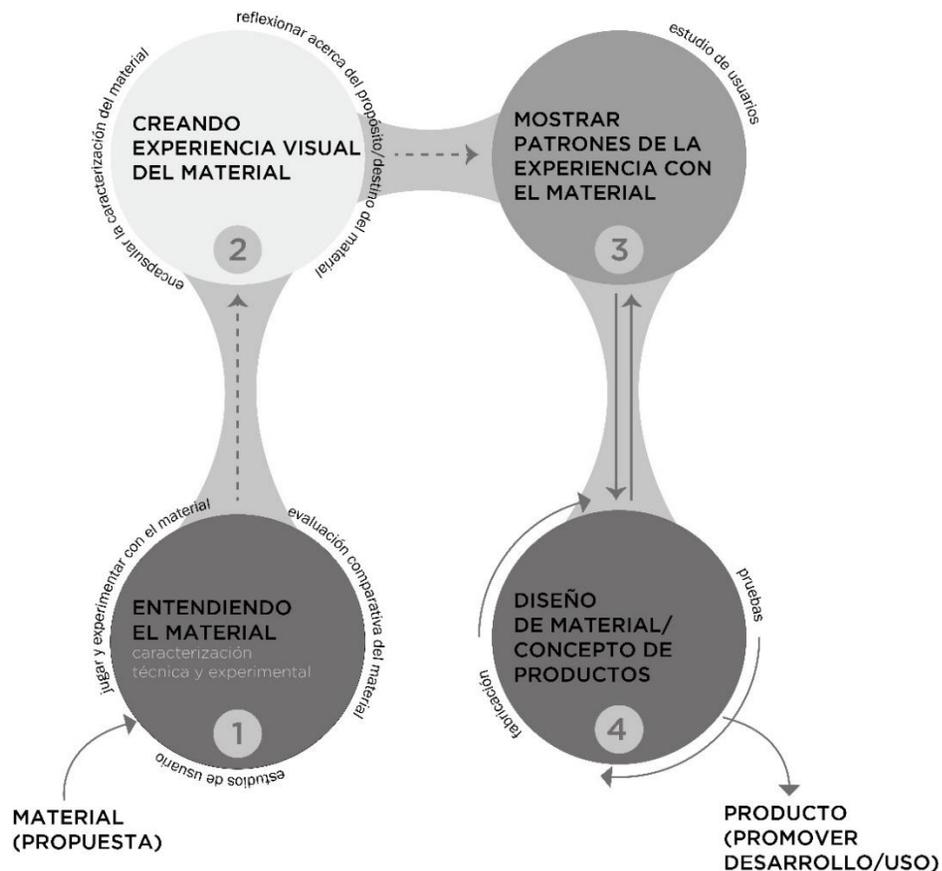


Figura 3.4.1 Es una traducción al español del original en inglés “*Material Driven Design (MDD)*”

Fuente: *International Journal of Design* 2015, Traducción de autoría propia.

Como se puede ver el proceso comienza con un material o con una propuesta de material, que es el caso de la presente investigación, y termina con un producto y/o un material desarrollado.

En el método resalta el viaje de un diseñador de lo tangible a lo abstracto, marcado en la ilustración con líneas puntadas y círculos más claros, para posteriormente pasar de lo abstracto a lo tangible, es decir, pasa de una visión de la experiencia de los materiales a un producto o un material desarrollado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Pruebas preliminares de experimentación

La materia prima se obtuvo a través de dos medios, una de ellas fue durante las podas que se realizan mientras la planta crece y se desarrolla y la segunda es cuando se eliminó todo el forraje de la tierra.

En la figura 4.1.1 se puede observar un ejemplo del segundo caso, cuando se elimina el forraje por completo. Para el interés de este proyecto se hace la recolección del forraje que consta de tallo, hojas, frutos y raíces. Posteriormente se realiza una limpieza y separación de residuos, que consta en quitar todos los frutos que pudieran haber quedado, así como la raíz de la planta, quedando así solamente el tronco, tallos y hojas como se puede observar en la figura 4.1.2. A éstos últimos los llamaremos de ahora en adelante materia prima.



Figura 4.1.1 Limpieza de follaje después de la cosecha de jitomate dentro de invernadero de la UAQ, Campus Amazcala.

Fuente: Fotografía de autoría propia.



Figura 4.1.2 Separación y limpieza.

Fuente: Fotografía de autoría propia.

La materia prima se sometió a cuatro distintas pruebas de procesos de trituración y molido de las fibras vegetales para evaluar el resultado de sustrato que se obtenía y comparar cuál de todos los procesos beneficiaba mejor el producto final. Lo que se busca es un sustrato de composición regular sin la pérdida de los líquidos

naturales de la planta que nos servirán, en un futuro, como parte de los aditivos necesarios para la fabricación del material biodegradable.

a) 1ª prueba.

La primera prueba se realizó utilizando un molino modelo Pulvex 300 de caballete sencillo para la reducción a partículas de nuestra materia prima. El resultado no fue óptimo al presentar atascos u obstrucción y entregar un producto grande de aproximadamente 5 a 15cm de largo.

b) 2ª prueba.

En la segunda prueba se utilizó un molido con el equipo DPM Nogueira. Ésta muestra presentó elementos entre 1 a 5cm de largo con algunos trozos más largos, un producto irregular

c) 3ª prueba.

Observando la segunda prueba se tomó la decisión de repetir la operación con lo ya obtenido. El resultado de esta tercera prueba fue mejor al obtener tamaños muy por debajo de 1cm, sin embargo, no se logró recuperar los líquidos naturales, necesarios para el sustrato.

d) 4ª prueba.

Para la cuarta prueba se decidió someter la materia prima a una especie de licuado, que como resultado, se obtuvo un sustrato limpio y regular, teniendo como beneficio la fácil separación de sus líquidos naturales.

En la figura 4.1.3 se pueden observar las muestras de las distintas etapas, así mismo en la figura 4.1.4 se puede observar el líquido recuperado como resultado de la cuarta prueba.



Figura 4.1.3 Comparativo de muestras de molido y trituración.
Fuente: Fotografía de autoría propia.



Figura 4.1.4 Recuperación de líquido naturales.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

Posteriormente el material se sometió a dos distintos tratamientos, los cuales se realizaron por separado:

1) Tratamiento térmico

Puede ser por medio de una inyección directa de vapor, exposición directa al Sol o por medio de una solución acuosa donde se tuvo la oportunidad de mezclarlo e incorporar compuestos alcalinos. En estas pruebas preliminares del experimento se expuso a calor directo de Sol durante tres días dentro de vitrina, donde alcanzó una

temperatura máxima de 38°C. La medición del tiempo fue un promedio elaborado en base a un promedio de mediciones realizadas cuando el Sol alcanzaba el Cenit durante los tres días. (Figura 4.1.6)

2) Agitación mecánica

Tiene como objetivo compactar el material sólido y por otro lado separar líquidos resultantes de los procesos. Esta agitación se llevó a cabo en el proceso de compactación dentro del molde. Como prueba preliminar se utilizaron unos envases de aluminio de 8.7 cm de diámetro con 3.6 cm de alto como molde.

Como último paso se realiza el desmolde.



Figura 4.1.6 Moldeo y exposición al calor de muestras.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

Una vez realizadas distintas pruebas de acuerdo a la metodología aplicada previamente explicada, se obtuvieron distintos sustratos para la creación del material. Con esta solución se elaboró una tabla donde se muestran los resultados más sobresalientes de la experimentación.

Tabla 4.1 Características de materia prima y resultados. Fuente: Elaboración Propia.

Prueba	Material (mm)	Proceso de trituración	Detención de líquidos	Residuos (g)	Morfología
1	50-150	Pulvex 300	x	150	Quebradizo, rasposo, con hebras largas salientes y de longitud indefinida.
2	10-50	DPM Nogueira	x	150	Quebradizo, rasposo y con hebras largas.
3	<10	DPM Nogueira	x	150	Quebradizo, seco, no se adhiere.
4	<5	Licuada ind.	✓	150	Quebradizo, se adhiere, con hebras cortas y definidas.

La cuarta prueba resultó ser la efectiva de acuerdo a su composición morfológica. El sustrato final ayudó a formar un material moldeable capaz de adaptarse a modelos prediseñados. Por otro lado, al conseguir que los líquidos naturales permanecieran durante el proceso de moldeo, ayudó a que la compactación de la materia prima se adhiriera sin la necesidad de agregar aglutinantes artificiales.

En las siguientes imágenes se puede observar el tipo de terminado que se obtuvo en distintas pruebas.



Figura 4.2 Muestras físicas de resultados.
Fuente: Fotografías autoría propia

Con la cuarta muestra se trabajó en definir presentaciones de material de acuerdo a estándares utilizados en el ámbito del papel y el cartón como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.2 Presentación de material. Fuente: Elaboración propia de acuerdo a la investigación.

Peso del producto	Sugerencias de calibres de material
230 g	0.015 a 0.018 (380-450 mm)
450 g	0.020 a 0.024 (500-600 mm)
900 g	0.028 a 0.032 (700-800 mm)

4.2 Fabricación de sustrato

Como resultado de las pruebas preliminares para la fabricación del sustrato se definieron los pasos específicos para la elaboración del material. El manual de fabricación del material se encuentra adjuntada como apéndice a esta investigación. A continuación, se describe un ejemplo general del procedimiento de fabricación:

1.- Recolección de desechos vegetativo, que comprende las hojas, tallo y raíz resultante de la producción de la producción del jitomate que comprende la materia prima. (figura 4.2.1)



Figura 4.2.1 Recolección de desechos vegetativos, UAQ, Campus Amazcala.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

2.- Se debe realizar una limpieza de los desechos, buscando frutos y raíces y separarla. Obteniendo como resultado solamente tallos y hojas. (figura 4.2.2)



Figura 4.2.2 Tallos y hojas de la planta de jitomate.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

3.- El forraje o materia prima obtenida se somete a un licuado con la finalidad de obtener una pasta o sustrato homogéneo. El equipo utilizado es una licuadora industrial con capacidad de 12 litros, Modelo LI-12VAM, vaso de acero inoxidable y sistema de volteo.

La cantidad de forraje aproximado que debe colocarse en cada licuado es entre 350g a 380g con 50 ml de agua solamente en la primera ocasión de licuado. Así mismo se debe cortar en trozos pequeños (entre 25 cm y 30 cm de largo) antes del licuado como se puede observar en la figura 4.2.3.



Figura 4.2.3 Corte de forraje.
Fuente: Fotografía de autoría propia.



Figura 4.2.4 Obtención de Sustrato.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

4.- Una vez obtenido el sustrato se agregan los aditivos y el material que apoyará en la formación de este nuevo material biodegradable (Figura 4.2.5). En este paso el sustrato está preparado para la colocación dentro de los moldes.

En este momento se puede colocar otro tipo de químicos como blanqueadores o colorantes si fuera necesario para el diseño final.



Figura 4.2.5 Colocación de aditivos.
Fuente: Fotografía de autoría propia.



Figura 4.2.6 Colocación de aditivos.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

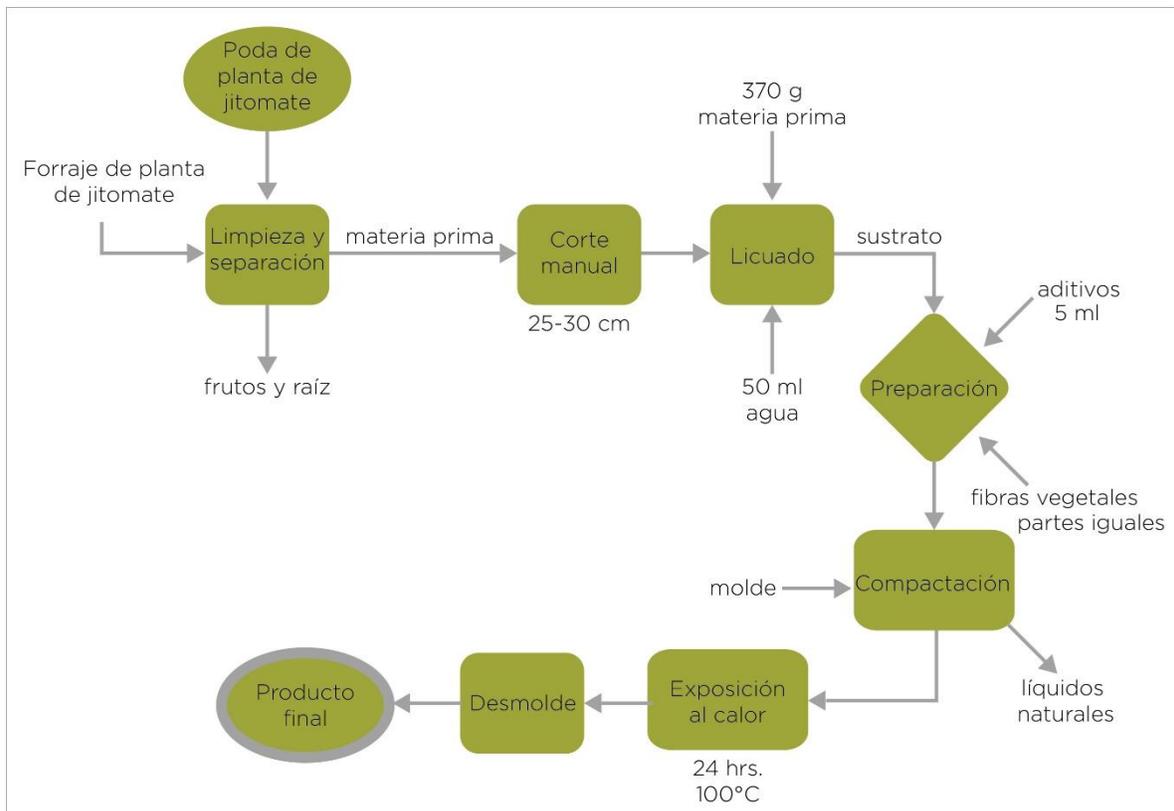


Figura 4.2.7 Diagrama de bloques para la fabricación del material biodegradable.
Fuente: Autoría propia.

4.3 Entendiendo al Material.

A. Caracterización técnica

Para conocer el material, la primera parte de la exploración, dentro del Método MDD contempla la caracterización técnica. Esta caracterización enfocada en este trabajo se divide en 3 tipos de ensayos.

- 1) Ensayo de compresión
- 2) Ensayo de tensión
- 3) Ensayo de rasgado

Estas pruebas se realizaron para determinar, además de sus propiedades sensoriales, el comportamiento del material bajo distintos tipos de cargas y situaciones.

1) Ensayo de compresión

Este tipo de ensayo se realizó para definir la conducta del material frente a fuerzas o cargas de compresión mediante probetas del material. Para esta investigación se utilizaron dos tipos de probetas, la cilíndrica y la cúbica. (figura 4.3.1 y 4.3.2)



Figura 4.3.1 Muestra de probetas cilíndricas.

Fuente: Fotografía de autoría propia.



Figura 4.3.2 Muestra de probetas cúbicas.

Fuente: Fotografía de autoría propia.

Una vez con materia prima preparada se realizó el llenado de las probetas. Esto se llevó a cabo a mano, colocando en su interior material y presionando con fuerza para lograr el material lo más compactado posible dentro de las probetas. (figura 4.3.3)



Figura 4.3.3 Llenado de probetas.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

Posteriormente se desmoldaron las muestras de las probetas (figura 4.3.4). Se dejaron reposar 24 horas para eventualmente someterlas a calor. Para entonces se colocaron las muestras dentro de un horno industrial de marca Felisa a 100°C durante 24 horas (figura 4.3.5). Se realizaron revisiones de las muestras cada cinco horas aproximadamente para observar su estado.

La cantidad de muestras que se realizaron fueron 5 cúbicas y 5 cilíndricas. Se creó esta cantidad con la finalidad de tener un respaldo en caso de que alguna de las pruebas fallara, así mismo las muestras que sobraron se ocuparon para la evaluación experimental por parte del usuario en el Capítulo 4.5 de esta investigación.



Figura 4.3.4 Desmolde de muestras de las probetas.
Fuente: Fotografía de autoría propia.



Figura 4.3.5 Colocación de muestras dentro de horno.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

Una vez cumplidas las 24 horas, se sacaron las muestras del horno y se prepararon para su evaluación de compresión.

Las muestras presentaron importante reducción de volumen debido a la deshidratación natural. Al presentar una forma irregular a consecuencia de ello, se cernió arena para realizar una cama de arena (figura 4.3.6) para regular su dimensión y lograr una medición más exacta.



Figura 4.3.6 Arena cernida para el ensayo.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

Cada una de las muestras se midió para determinar su área, además se pesaron para tener un correcto registro de su comportamiento durante y después de la prueba. (figura 4.3.7)



Figura 4.3.7 Preparación de muestras.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

La evaluación de compresión se ejecutó con una prensa de compresión uniaxial con una resolución de medida y registro de marca ELE. Sobre la placa de la prensa se colocó arena que anteriormente se cernió y posteriormente se acomodó una de las muestras sobre este, cuidadosamente son la finalidad que ésta se encuentre en el centro de la placa inferior, después se puso encima más arena para proseguir por la colocación de la placa y un cabezal donde cayó el vástago del compresor. (figura 4.3.8)

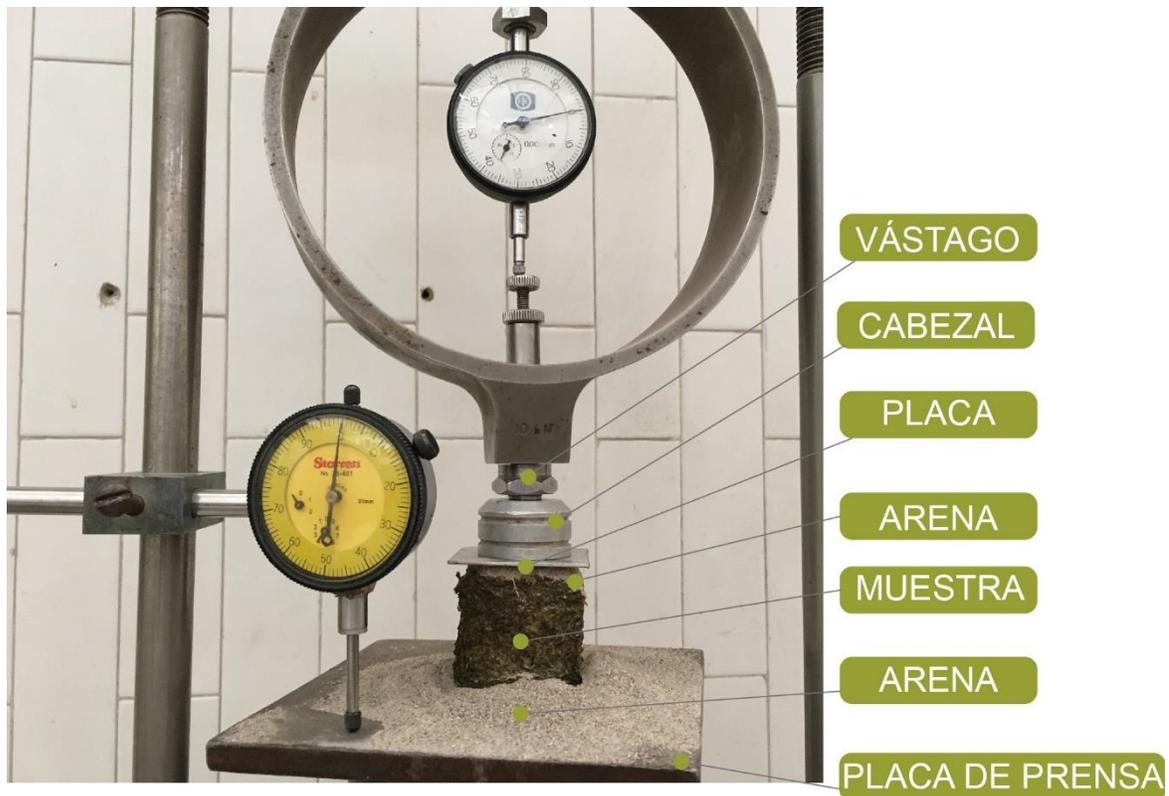


Figura 4.3.8 Colocación de muestra en compresor.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

El aparato de compresión mide los esfuerzos compresivos con una precisión de 1KPa (0.01 kg/cm²). Se aplicó una carga sobre la muestra de 0.05 plg/min. Se realizó un registro de los valores de la carga, deformación del anillo de deformaciones y del anillo de cargas (0.001”) a intervalos, con la finalidad de precisar la curva del esfuerzo versus la deformación que se pudiera presentar como resultado del sometimiento de fuerza sobre la muestra.

Se realizaron cuatro ensayos con cuatro muestras distintas respectivamente. Dos de ellas (muestra 1 y 2) el sustrato de la materia prima es natural y para las otras dos el sustrato se combinó con papel reciclado triturado (muestra 8 y 9). Para la primera muestra se continuó aplicando carga durante treinta minutos

aproximadamente, con el objetivo de llegar a su extremo y que la carga decazca al aumentar la deformación.

Lo que se observó fue un desplazamiento de materia, más no una falla. Aunque se presentaron algunas fisuras y grietas fue evidente un descentramiento de la materia y no una ruptura. (figura 4.3.9)



Figura 4.3.9 Muestras después del ensayo de compresión.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

Al vaciar los datos obtenidos del ensayo en una tabla se puede interpretar que la Muestra 1 (M1) y Muestra 2 (M2) fueron los especímenes donde el porcentaje de deformación que presentaron fue más bajo frente a las Muestras 8 y 9 (M8, M9).

Si tomamos como ejemplo aproximadamente el mismo porcentaje de deformación en las cuatro muestras y las colocamos frente al esfuerzo (kg/cm²) impuesto correspondientemente, podremos observar que algunas muestras alcanzan a resistir un alto esfuerzo sin deformarse mucho frente a otras muestras con ese mismo esfuerzo llegan a tener alto grado de deformación. Enfatizando en lo antes dicho, mientras una M1 presenta un porcentaje de deformación del 20.32% con una carga o esfuerzo de 3.43 Kg/m², un M8 solamente un esfuerzo de 0.958 Kg/m² ya alcanzó una deformación del 20.73%. (tabla 4.3.1)

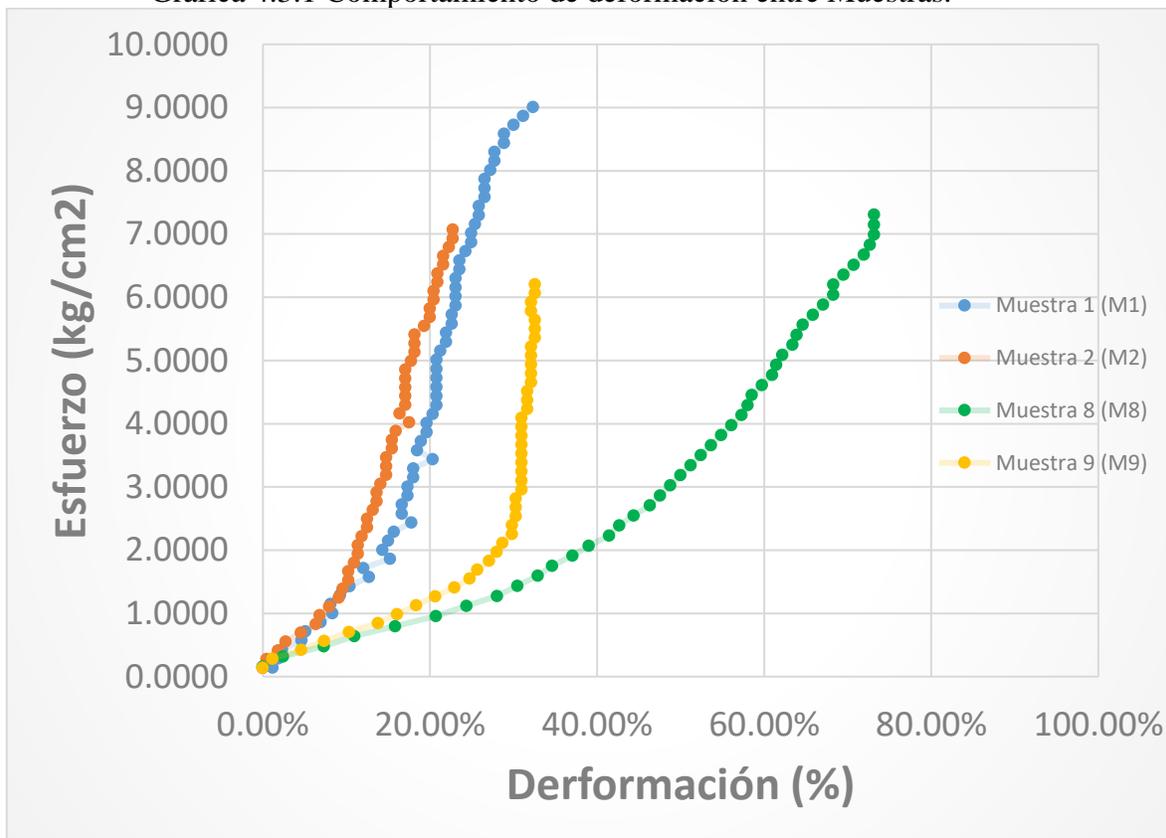
Las fotografías de las muestras parecerían decir lo opuesto. Con el apoyo de las mediciones sabemos que las muestras M1 y M2 son las que se deforman menos frente a las muestras M8 y M9. Contrariamente se observa en las fotografías (figura 4.3.9) que las muestras más deformadas son la M1 y M2; sin embargo, sucedió algo imprevisto. Las muestras M8 y M9 llevan un elemento adicional. En el proceso de fabricación del sustrato se agregó papel de periódico triturado en busca de sumar sus propiedades a nuestro sustrato.

Una vez que el esfuerzo se sometió sobre ellas, las muestras M8 y M9 tuvieron mayor deformación, pero al quitar este esfuerzo, presentaron elasticidad y memoria, así regresando casi a obtener su misma área con la que iniciaron el ensayo. Se pueden observar el comportamiento en la gráfica. (gráfica 4.3.1)

Tabla 4.3.1 Resumen de resultados de Ensayo de Compresión y Resistencia. Fuente: Elaboración a partir de los resultados de la investigación.

Muestra 1 (M1)		Muestra 2 (M2)		Muestra 8 (M8)		Muestra 9 (M9)	
Deformación (%)	Esfuerzo (kg/cm2)						
1.15%	0.1435	0.00%	0.1390	0.00%	0.1601	0.00%	0.1415
1.85%	0.2870	0.45%	0.2779	2.44%	0.3200	1.15%	0.2831
2.31%	0.4304	1.82%	0.4169	7.32%	0.4798	4.59%	0.4244
4.62%	0.5738	2.73%	0.5558	10.98%	0.6394	7.34%	0.5658
5.08%	0.7172	4.55%	0.6946	15.85%	0.7990	10.32%	0.7070
6.93%	0.8605	6.36%	0.8334	20.73%	0.9584	13.76%	0.8481
8.31%	1.0038	6.82%	0.9722	24.39%	1.1177	16.06%	0.9892
8.08%	1.1472	7.95%	1.1110	28.05%	1.2769	18.35%	1.1303
9.24%	1.2904	9.09%	1.2497	30.49%	1.4362	20.64%	1.2713
10.39%	1.4337	9.55%	1.3885	32.93%	1.5954	22.94%	1.4122
12.70%	1.5767	10.23%	1.5272	34.63%	1.7546	24.77%	1.5531
12.01%	1.7201	10.23%	1.6661	37.07%	1.9136	25.69%	1.6941
15.24%	1.8629	10.91%	1.8048	39.02%	2.0727	27.06%	1.8351
14.32%	2.0063	11.36%	1.9435	41.46%	2.2316	27.98%	1.9761
15.01%	2.1495	11.36%	2.0823	42.68%	2.3907	28.67%	2.1171
15.70%	2.2926	11.82%	2.2211	44.39%	2.5496	29.82%	2.2579
17.78%	2.4354	12.50%	2.3597	46.34%	2.7085	29.82%	2.3990
16.63%	2.5790	12.50%	2.4985	47.56%	2.8674	30.28%	2.5401
16.63%	2.7223	13.18%	2.6372	48.78%	3.0264	30.28%	2.6812
17.32%	2.8653	13.64%	2.7758	50.00%	3.1853	30.28%	2.8223
17.32%	3.0086	13.64%	2.9146	51.22%	3.3441	30.96%	2.9632
18.01%	3.1516	14.09%	3.0533	52.44%	3.5029	30.96%	3.1043
18.01%	3.2949	14.77%	3.1918	53.66%	3.6617	30.96%	3.2454
20.32%	3.4374	14.77%	3.3306	54.88%	3.8204	30.96%	3.3865
18.48%	3.5812	14.77%	3.4694	56.10%	3.9791	30.96%	3.5276
18.94%	3.7243	15.45%	3.6079	57.32%	4.1378	30.96%	3.6687
19.63%	3.8673	15.45%	3.7467	58.05%	4.2966	30.96%	3.8098
19.63%	4.0105	15.91%	3.8853	58.54%	4.4555	30.96%	3.9509
20.32%	4.1535	17.50%	4.0234	59.76%	4.6141	30.96%	4.0920
20.79%	4.2965	16.36%	4.1626	60.98%	4.7726	31.65%	4.2328
20.79%	4.4397	17.05%	4.3011	61.46%	4.9315	31.65%	4.3739
20.79%	4.5829	17.05%	4.4398	62.20%	5.0902	31.65%	4.5150
20.79%	4.7262	17.05%	4.5785	63.41%	5.2486	32.11%	4.6559
20.79%	4.8694	17.05%	4.7173	63.90%	5.4074	32.11%	4.7970
20.79%	5.0126	17.05%	4.8560	64.63%	5.5660	32.11%	4.9381
21.25%	5.1556	17.73%	4.9944	65.85%	5.7243	32.11%	5.0792
21.94%	5.2984	18.18%	5.1329	67.07%	5.8826	32.11%	5.2203
21.94%	5.4416	18.18%	5.2717	68.29%	6.0409	32.57%	5.3611
22.63%	5.5844	18.18%	5.4104	68.29%	6.1998	32.57%	5.5022
22.63%	5.7276	19.32%	5.5485	69.51%	6.3580	32.57%	5.6433
23.09%	5.8705	20.00%	5.6868	70.73%	6.5162	32.11%	5.7846
23.09%	6.0137	20.00%	5.8255	71.95%	6.6743	32.11%	5.9257
23.09%	6.1569	20.45%	5.9639	72.68%	6.8327	32.57%	6.0665
23.09%	6.3001	20.45%	6.1026	73.17%	6.9913	32.57%	6.2076
23.56%	6.4430	20.91%	6.2411	73.17%	7.1502		
23.56%	6.5861	20.91%	6.3797	73.17%	7.3090		
24.25%	6.7288	21.59%	6.5180				
24.94%	6.8715	21.59%	6.6567				
24.94%	7.0147	22.27%	6.7949				
25.40%	7.1575	22.73%	6.9332				
25.87%	7.3003	22.73%	7.0719				
25.87%	7.4435						
26.56%	7.5861						
26.56%	7.7292						
26.56%	7.8724						
27.25%	8.0149						
27.71%	8.1577						
27.71%	8.3008						
28.87%	8.4429						
28.87%	8.5860						
30.02%	8.7281						
31.18%	8.8702						
32.33%	9.0122						

Gráfica 4.3.1 Comportamiento de deformación entre Muestras.



Para datos más completos revisar el Apéndice de esta investigación.

2) Ensayo de tensión

La resistencia a la tensión es cuanta fuerza puede soportar un material antes de su rotura. Ésta fuerza es la cantidad de estiramiento en el material y se mide con apoyo de una probeta en tira.

Para el ensayo se fabricó un molde especialmente para el material. (Figura 4.3.10)

La resistencia de la probeta, en gramos fuerza, se calculó a partir de la energía que se utilizó para llegar al límite de la tensión de la misma.

Su medición se realizó junto con el ensayo de rasgado.



Figura 4.3.10 Fabricación y acondicionamiento de material sobre probeta.

Fuente: Fotografía de autoría propia.

3) Ensayo de rasgado

La medición de resistencia al rasgado se realizó por medio de un medidor Elmendorf. Se utilizó una probeta previamente fabricada y se realizó un corte de 5mm en uno de sus costados, localizado en medio de la tira.

La resistencia al rasgado de la probeta, en gramos fuerza, se calcula a partir de la energía que se utilizó para rasgar la muestra.

B. Caracterización Experimental

Parte de la caracterización del material como lo indica la metodología MDD, consta de la experimentación sobre el material. Se trabajó de distintas formas

las muestras como, por ejemplo, se cortó, se dobló, se pegó y se quemó para ver su comportamiento. (figura 4.3.11)



Figura 4.3.11 Elementos con los que se realizó el ensayo de manipulación.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

El desempeño del material al corte fue satisfactorio, ya que se debe proporcionar mucha fuerza para que se pueda cortar manualmente. El primer intento de corte se colocó en el medio de la muestra y no se logró cortar, después se cortó en un extremo pequeño y se consiguió cortar después de aplicar una fuerza alta para lograrlo. (figura 4.3.12)

Después el material se sometió a dos tipos de pegado, uno de ellos con pegamento líquido y el segundo con cinta adhesiva. En el primer caso, la muestra tuvo un desempeño positivo, ya que posteriormente que se secará el pegamento, la pieza no se despegó fácilmente. Con la cinta adhesiva no tuvo el mismo comportamiento. Una vez hecha la unión con el adhesivo, despegarlo fue relativamente sencillo, aunque inicialmente pudo cargar el peso de otra de las

piezas sin problema, al momento que se le impuso una fuerza mediana para intentar despegarlo, fue lo que finalmente lo despegó. (figura 4. 3.12)

La muestra de material se sometió también al fuego para ver su comportamiento. Con la ayuda de un encendedor de cocina con la llama directamente en contacto de la muestra tardó aproximadamente medio minuto en expulsar humo y tardó otro medio minuto más para arder. Se consideraría por ello un material flamable. El humo tiene un aroma fuerte a hierba quemada que tardó en disiparse. (figura 4. 3.12)

Finalmente se seleccionó otra muestra para someterlo a fuerza, con la intención de partirlo en dos. Aparentemente se veía que fácilmente se podría trozar a la mitad, pero se tuvo que emplear una fuerza mediana para lograr trozarlo. El material, por el tipo de composición que tiene, soltó varias partículas pequeñas antes de trozarlo por completo. (figura 4. 3.12)

El material mostró mejor resistencia al corte, más no a la fuerza de doblez. Esto demuestra que es un material no resistente al pliegue.

Por otro lado, se consideraría un material apto para adherir a superficies, o a sí mismo con adhesivos líquidos obteniendo un desempeño positivo.



Figura 4.3.12 Ensayos de manipulación.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

4.4 Creando experiencia visual del material

El segundo paso del modelo del Método MDD permite explorar el material a través de la experiencia sensorial de los usuarios desde tres puntos de vista; la experiencia de significados (interpretativo), experiencia emocional (afectivo) y nivel performativo (acciones que evoca).

Con el apoyo de entrevistas y cuestionarios se realizó ésta evaluación, brindando a la investigación percepciones, reflexiones e impresiones del material biodegradable desarrollado en el presente trabajo, desde el punto de vista del usuario. La gente involucrada en este proceso recibió tres muestras distintas para su interpretación. (figura 4.3.13)



Figura 4.3.13 Distintas muestras que usuarios evaluaron.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

La actividad apoyará a la investigación a crear interrelaciones entre las experiencias previstas u observadas, las propiedades técnicas y formales del material con el tipo de aceptación que tienen los usuarios con respecto al material.

Algunas de las preguntas realizadas a los usuarios fueron las siguientes:

- 1.- ¿Cuáles son las cualidades sensoriales únicas del material?
- 2.- ¿Qué es lo más y lo menos sensorialmente placentero del material?

3.- El material ¿Con qué otro material podría ser relacionado?

4.- Descripción del material a partir del significado que evoca.

5.- ¿Qué tipo de emoción te provoca el material?

Paralelamente a estas preguntas, se llevó a cabo una observación de cómo la gente interactuaba y reaccionaba al material. Lo anterior se documentó por medio de video y de fotografías. (Figura 4.3.14)



Figura 4.3.14 Diferentes reacciones del usuario frente al material. Fuente: Fotografía de autoría propia.

La primera reacción que se observó por parte de la gente entrevistada fue el impacto frente al olor que emana el material. La mayoría de la gente tuvo reacción positiva ante el olor, pero por otro lado a la gente que no le agradó el aroma, estuvo incómoda todo el tiempo. A éstas últimas personas el olor los llegó a hostigar de alguna manera.

Se notó que al principio dudaban en tocar el material, sobre todo la gente que tenía la muestra amorfa. Al parecer una figura que no le representaba nada, le provocaba menos confianza de manipularlo, por el contrario, las muestras que tenían una forma más definida obtuvo una mejor aceptación.

El grupo de trabajo que se juntó para la exploración del material fue muy animado, apretó, picaron y jugaron con el material encontrando que, aunque se viera frágil resultaba ser resistente. Sin embargo, si hubo unas personas que encontraron molesto que dejara partículas al manipularlo.

Todo el tiempo que tuvieron las muestras en las manos hablaban de los distintos tonos que tenía uno con diferencia al otro y comentaban acerca de agregar pigmentos para ayudar a la apariencia del material.

Toda la gente pensó que era un producto de origen natural y que sería benéfico utilizarlo en productos con fines ecológicos.

Vale la pena comentar, que aunque no todos los entrevistados tuvieron la misma opinión, muchos de ellos hablaban acerca de convertirlo en comida o se les antojaba comerlo por el olor y la apariencia que tenía a producto integral.

4.5 Identificación de los patrones a partir de la experiencia con el material

Una vez que se realizó la Experiencia Visual, se tienen que analizar los resultados que pueden caracterizar individualmente al material que se está desarrollando. Nos apoyamos con la información que ya tenemos del material sumando así lo obtenido de nuestro estudio de mercado con el usuario.

La metodología del MDD en el tercer paso nos habla acerca de encontrar patrones de comportamiento antes los aspectos físicos y técnicos y corroborarlo con nuestra información, encontrando si lo que queremos o estamos buscando para el material va por un buen camino a la aceptación del público.

Para visualizar los resultados y asentar los datos para conocer mejor el significado que evoca el material, en la figura 4.5.1 se puede observar que con respecto a la emoción que prevalece es la sorpresa y la curiosidad ante lo nuevo. Los contextos del material que se crearon fueron las distintas formas y aunque se encontrar distintas aceptaciones debido a las formas, las propiedades tanto sensoriales como técnicas fueron similares. Se remarca lo ligero que recibieron al material, lo áspero y lo ecológico, mientras que para el aspecto sensorial se encontró que lo más llamativo fue su aspecto fibroso y su aroma intenso.

Otro hallazgo es que la gente si encontró el material apto de contenedor, de construcción y de productos destinados a lo desechable. Mientras que el material está siendo pensado para tener como finalidad el empaque, la gente pensó que pudiera resultar apto y aceptable para este propósito; por consecuencia el material resultaría un éxito de aceptación.

Resultó ser un material tentador para explorarlo y conocer más cualidades que pudiera arrojar.

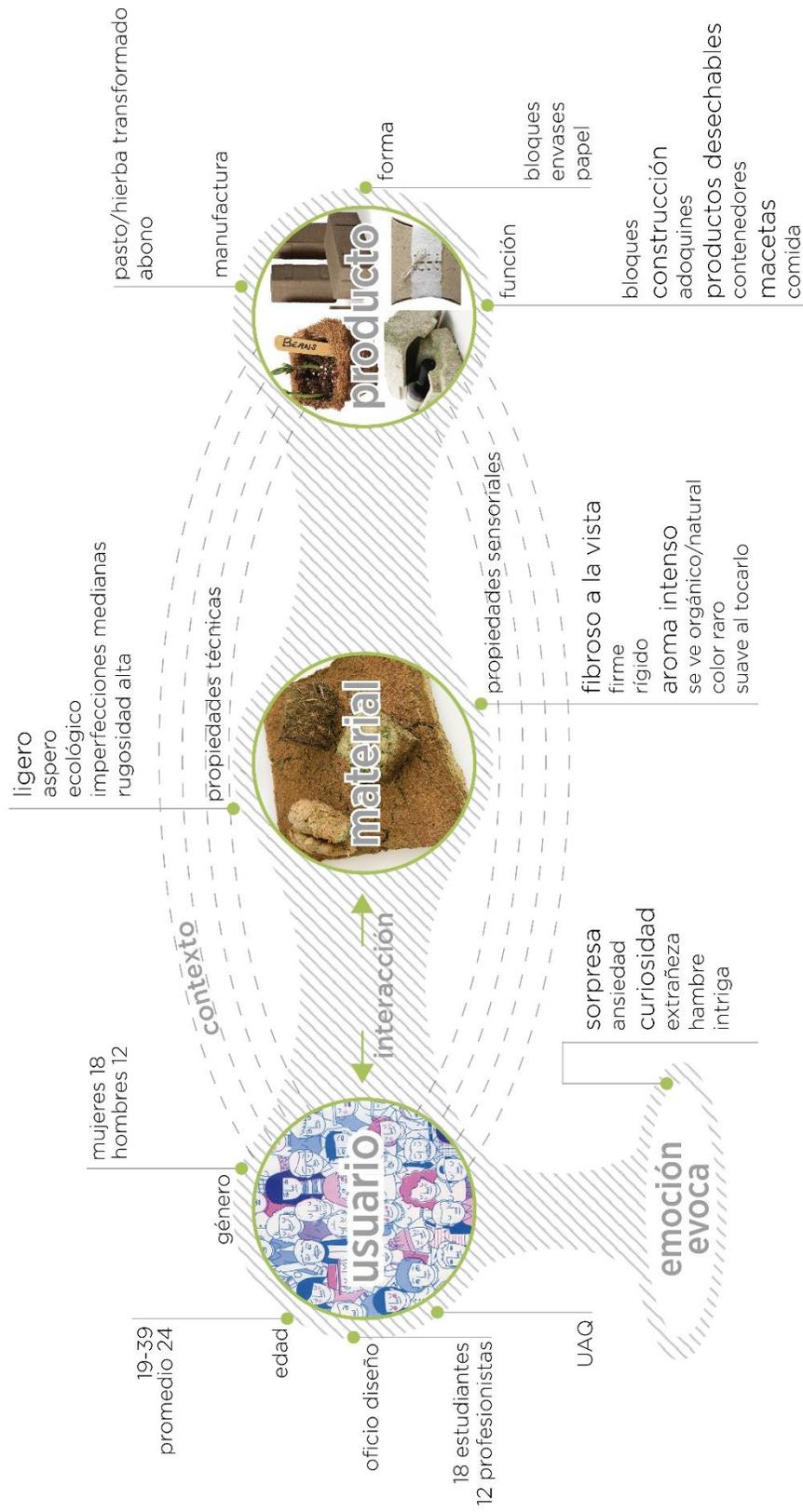


Figura 4.5.1 Visualización de datos obtenidos como "patrones de experiencia con el material" Fuente: Basado en el Modelo de Significados de Materiales (Karana, 2009) Con la información recabada de la presente investigación.

4.6 Validación de biodegradabilidad de materia prima

Para la validación se llevó a cabo una observación y documentación de los cambios cada tercer día durante 2 meses, tanto de la materia prima sin transformar como del material desarrollado y formado.

Por medio de la observación se ha definido la capacidad de biodegradabilidad.



Figura 4.6.1 Muestra de proceso de biodegradabilidad de materia prima natural.
Fuente: Fotografía de autoría propia.



Figura 4.6.2 Muestra de proceso de biodegradabilidad del material formado.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

Durante los dos meses se expuso el material al medio ambiente. Se sometió a fenómenos naturales como el sol, lluvia, aire y a las diferentes temperaturas que se presentaron durante el periodo de junio y agosto del 2017. La muestra de materia prima natural (figura 4.6.2) se sometió con y sin tierra para observar los distintos comportamientos del sustrato.

Tabla 4.6.3 Datos del clima del Municipio de Santiago de Querétaro periodo junio-agosto 2017. Fuente: climate-data.org

Datos Históricos del clima en Santiago de Querétaro			
	Junio	Julio	Agosto
Temperatura media °C	21.8	20.5	20.4
Temperatura mínima °C	14.3	13.6	13.3
Temperatura máxima °C	29.3	27.4	27.5
Precipitación (mm)	111	120	106

El clima de Querétaro durante el periodo de prueba se realizó en los meses donde la temperatura del municipio es el más alto a comparación del resto del año, así mismo son los meses más lluviosos.

El comportamiento del material se observó una clara degradación, así como pérdida de la forma y volumen adquirido anteriormente en el moldeo durante el periodo de prueba, lo cual indica que mientras se exponga más tiempo al medio ambiente se integrará nuevamente a la tierra.

4.7 Fabricación de prototipo para evaluación

Para esta investigación, como un primer prototipo, se realizó como base la forma de un diseño de empaque que ya está probado. Con éste se elaboró un molde.

El molde que se realizó fue en silicón por sus ventajas como, por ejemplo, la flexibilidad de ser doblado para el desmolde y que vuelve a su forma original, así mismo la estabilidad térmica, ya que cubre la temperatura necesaria para el moldeo.

Como se puede ver en la figura 4.7.1, el molde se realizó manualmente y se formuló el silicón como la elaboración recomendada por el fabricante: por cada litro de silicón se agregó un gramo de catalizador. Para la realización del presente molde se utilizaron 3.5 litros de silicón. Se dejó catalizar el material durante 24 horas y posteriormente se desmoldó. (figura 4.7.2)



Figura 4.7.1 Fotografías del método de elaboración de molde.
Fuente: Fotografía de autoría propia.



Figura 4.7.2 Proceso de desmolde.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

Una vez con el molde realizado, se fabricó material biodegradable con el fin de colocarlo en éste (figura 4.7.3) y realizar el empaque con el sustrato del nuevo material.



Figura 4.7.3 Colocación de sustrato de material biodegradable.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

Se sometió a calor durante 24 horas, esparcidos en 8 horas diarias. Como en la prueba preliminar, se colocó papel aluminio (figura 4.7.4) únicamente para aumentar el efecto calorífico dentro del molde, sin embargo, no es necesario, siempre y cuando se someta a calor más uniforme en cabina o con inyección de calor. Posteriormente se desmoldó para realizar las pruebas de desempeño.



Figura 4.7.4 Colocación de sustrato de material biodegradable.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

A diferencia de lo que se esperaba, el presente prototipo fue realizado al inicio de las pruebas para conocer su comportamiento a partir del diseño de empaque de huevo comercial que conocemos.

A largo de la investigación, mientras se fueron conociendo mejor sus propiedades mecánicas particulares del material, se denotó que la forma del presente empaque no iba a funcionar de la misma forma.

Sin embargo, realizar este prototipo apoyó al estudio brindando información sobre cómo el material puede tener un mejor desempeño y cómo debe colocarse sobre los moldes. Del mismo modo el molde para este tipo de sustratos que estamos elaborando debe cambiar. Mientras se pensaba que el molde fuera la base donde

cayera el material cubriendo toda la superficie, el molde que servirá para este tipo de material es el que rellena espacios a presión, algo muy similar a la inyección. (figura 4.7.5)

4.8 Pruebas de desempeño de empaque

A lo largo de la investigación mientras se iban conociendo mejor las propiedades particularidades del material, se denotó que el material no iba a comportarse correctamente con la forma de empaque de huevo que ya conocemos.

Sin embargo, se hicieron las pruebas esperando tener respaldo del desempeño.

Se comenzó con la prueba de tránsito en mesa vibratoria a 120rpm (revoluciones por minuto) durante una hora como lo marcan los estándares de las pruebas para envase y embalaje.

Se realizó una revisión a los 25 minutos, ya que había un ruido en el interior de la caja. Al abrir la caja encontramos en el material había cedido ya. (figura 4.8.1)

El material al ser una lámina delgada no soportó el movimiento de la mesa vibratoria, ya que para ese tipo de prueba la tensión del material es el que juega un papel importante y como pudimos observar en nuestras pruebas de desempeño, la tensión no es el punto fuerte, por ello el resultado.



Figura 4.8.1 Resultado de prueba de tránsito en mesa vibratoria.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

Cuando se trabaja con huevo como producto, existen cuatro niveles distintos de daños en huevos que se definen como daño interior, daño *haircrack*, *crack* y *leaker*. En la evaluación tuvimos la presencia de dos tipos de daños entre la docena. (figura 4.8.2) El huevo del lado izquierda tiene el daño *leaker* al presentar fuga y el de la derecha tiene el daño llamado *haircrack* al observarse sólo una línea de rotura.

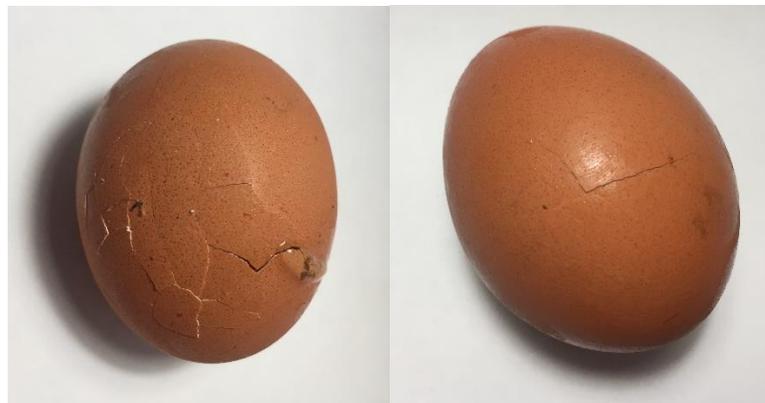


Figura 4.8.2 Daños en huevos después de la prueba de transporte.
Fuente: Fotografía de autoría propia.

A diferencia de lo que se esperaba, el primer prototipo realizado para evaluar el material, no funcionó como se esperaba. La forma, el diseño ni el molde fueron adecuados para las propiedades que se fueron descubriendo del material.

4.9 Diseño conceptual de producto final.

El cuarto paso del Método MDD es la creación del material resuelta y el comienzo de la etapa de diseño de conceptos de producto que se podrían realizar con el nuevo material gracias a la información que ya se obtiene.

Como resultado de este proyecto, las propiedades conceptuales se basan pensando en los alcances del material, tanto técnicos como hedónicos.

Las formas que se proponen son en función del correcto desempeño del material y explotando su virtud a la compresión y a la elasticidad. Por otro lado, el aspecto estético del material se está contemplando que, con ayuda de aditivos naturales, se cambié el tono que se obtiene de forma natural del material al deshidratarse. Lo anterior es decisivo para que el material sea mejor recibido por el público de acuerdo a nuestro estudio sensorial que se realizó.

Si bien tomamos como base el Método de Diseño *Design Thinking*⁴ para la elaboración de conceptos, por el trabajo que se ha realizado en esta investigación, estamos en la fase de ideación. (figura 4.9.1 y 4.9.2)

⁴ Design Thinking: Metodología del Pensamiento del Diseño Estratégico que establece 5 pasos principales para su desarrollo: empatizar, definir, idear, prototipar y probar.

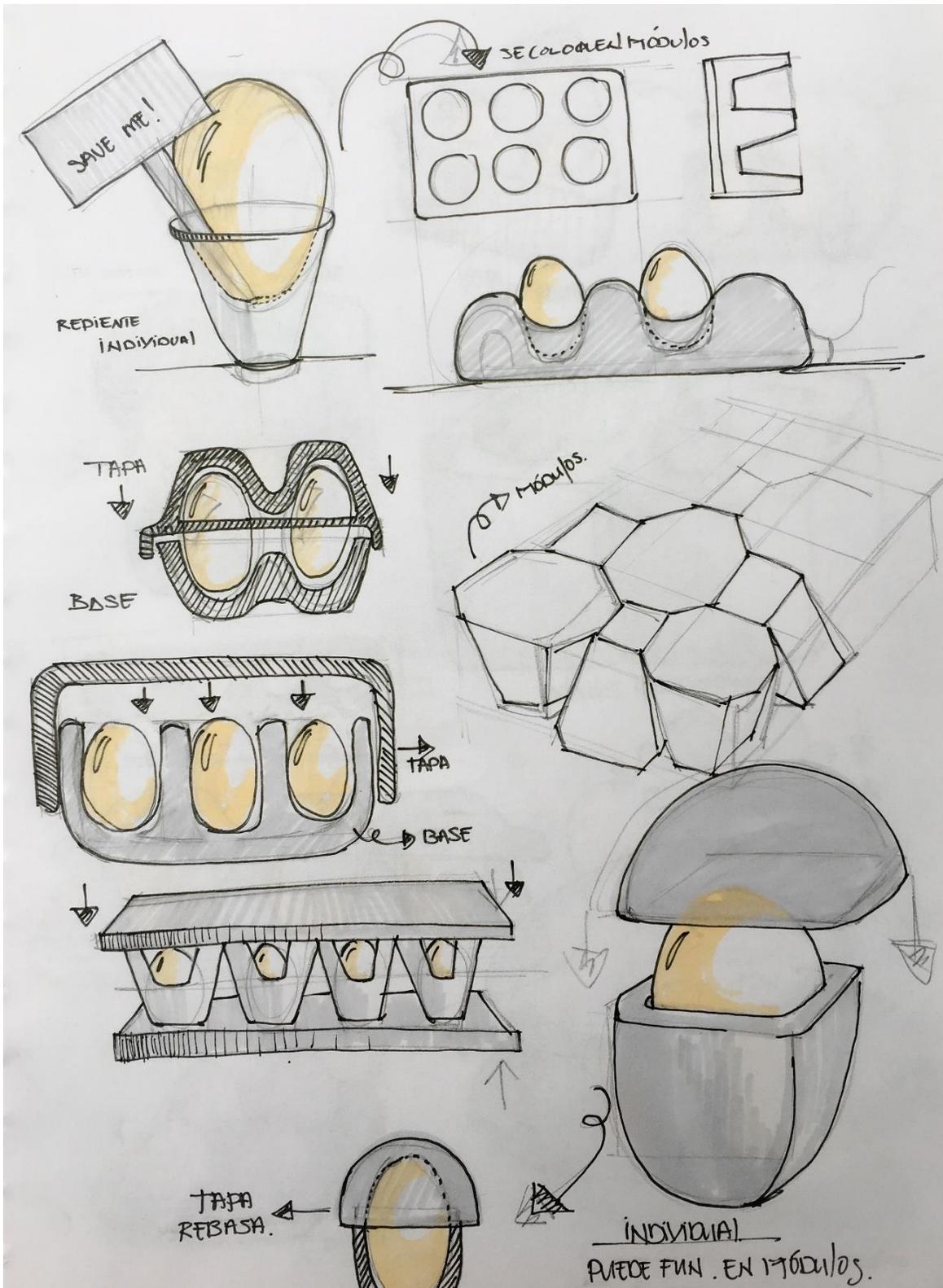


Figura 4.9.1 Bocetos de proceso creativo para diseño de empaque.
Fuente: Bocetos de autoría propia.

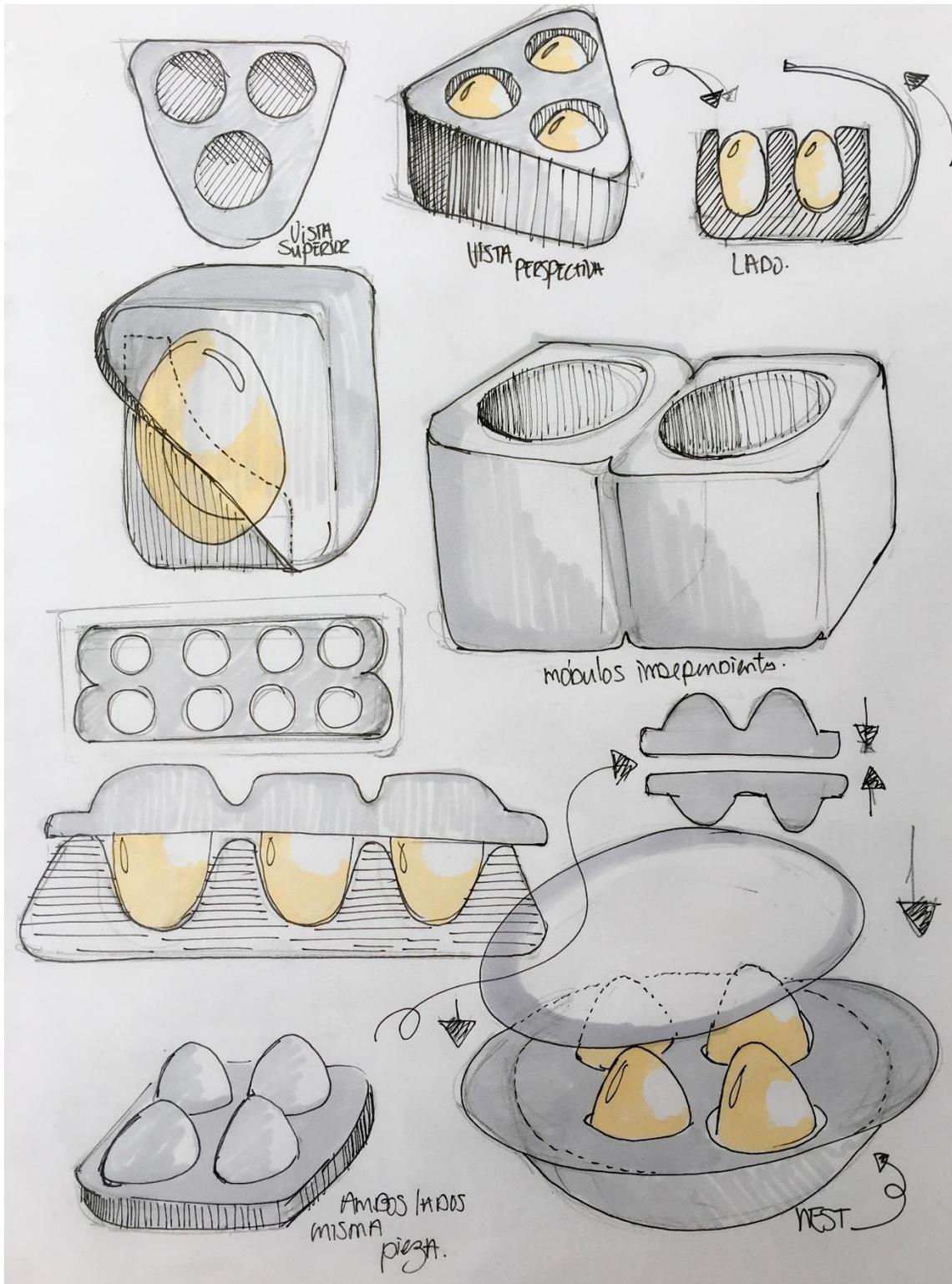


Figura 4.9.2 Bocetos de proceso creativo para diseño de empaque.
Fuente: Bocetos de autoría propia.

Se identificaron los diseños que pudieran cubrir tanto las necesidades del producto, del material y del cliente y se elaboró un par de renders para mostrar su alcance estético y en algún momento el *Benchmarking* que pudiera realizarse al salir al mercado. Los diseños que se seleccionaron también fueron elegidos pensando en un pensamiento disruptivo y que el producto en los anaqueles llame la atención al romper lo que ya conocen el usuario como empaque de huevos. (figuras 4.9.3 y 4.9.4)



Figura 4.9.3 Render 1, propuesta conceptual empaque. Fuente: Propia autoría



Figura 4.9.4 Render 2, propuesta conceptual empaque. Fuente: Propia autoría

4.10 Ciclo de vida del producto

La propuesta de material biodegradable de la presente investigación tiene un origen natural, sin ningún producto sintético, ya que está fabricado a partir de productos orgánicos, los cuales se degradan sin algún proceso en donde tenga que intervenir el hombre. Los factores naturales como la lluvia, el sol, el viento, inclusive hasta las mismas bacterias naturales de la tierra pueden descomponerlo de manera natural.

En el ciclo de vida (Figura 4.10) cumple un factor importante en la descomposición, ya que una vez que termina su vida útil, pudiera volver como nutriente para la próxima planta o simplemente regresar a la tierra.



Figura 4.10 Ciclo de vida del producto. Fuente: Propia autoría

V. PROPUESTA DE PÚBLICO OBJETIVO

Durante los últimos años, el consumo de productos biodegradables o productos verdes ha ido en aumento. El consumidor y su interés de obtener productos que satisfagan sus necesidades y que al mismo tiempo incentive una vida sana y de cuidado al medio ambiente ha hecho que las estrategias de mercado vayan cambiando poco a poco y giren a ver a esta sección del público.

La propuesta de la presente tesis va enfocado a este público objetivo. En México, de acuerdo a investigaciones realizadas sobre el tipo de consumidor que compra productos ecológicos, las mujeres con familia de 2 o 3 miembros son las que están más dispuestas a adquirir empaques biodegradables como una manera de cuidar el medio ambiente, de igual manera la preferencia aumenta con la edad o con el nivel socioeconómico y/o académico de los consumidores.

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

A nivel mundial existe el tema de los desechos y cómo reutilizarlos para evitar un menor impacto al ambiente. La presente investigación se une a la tendencia mundial de la fabricación de nuevos materiales biodegradables en base de residuos resultantes por otros procesos de fabricación, todo esto con la intención de encaminar y proponer una opción de cómo regresarlos y volverlos un producto útil nuevamente.

El producto resultante de la investigación fue un Manual de Procedimientos para la obtención del material de una manera artesanal, dejando las bases para perfeccionarlo en un futuro y dirigir los procedimientos a una producción más grande.

Con respecto a sus propiedades técnicas, las probetas del material que se analizaron obtuvieron distintos tipos de resultados. Mientras que el material resultó conseguir una alta resistencia a la compresión, su desempeño a las pruebas de tensión no fue de la misma manera satisfactorio. Pero gracias a estos resultados se logró especificar sus alcances para el mejoramiento del diseño de empaque. Basándose en los resultados obtenidos de las evaluaciones, se observó que los efectos de pérdida de humedad en las probetas, al tiempo que se expone a calor, provoca que el comportamiento del material sea irregular. La experimentación arrojó que la humedad juega un factor importante. Los espacios que se encuentran dentro del material que antes eran agua, después de someterlo a calor, se transforma en espacios vacíos, que por ello, su comportamiento es irregular a someterlo a fuerzas. Sin embargo, se lograron obtener resultados aproximados que favorecieron para establecer rangos y criterios concretos de resistencia.

El Método de *Material Driven Design* (MDD) apoyó a esta investigación a darle un giro a los actuales estudios de desarrollo de materiales, donde solamente se toman en cuenta las especificaciones técnicas/mecánicas y necesidades/alcances del fabricante, sin embargo, con el MDD se tomó en cuenta al usuario para conocer su experiencia directa con el material y se analizaron sus percepciones hedónicas. Con los patrones que se identificaron a partir de su experiencia sensorial, se logró establecer qué alcances y oportunidades de mejora tenemos con el material para lograr la mejor aceptación del nuevo material. Un aspecto importante de mejora es conseguir que el olor se disipe más rápido y sea menos intenso.

Por otro lado, la fabricación de un prototipo, sin antes conocer por completo al material no fue el orden correcto, no obstante, su elaboración brindó información que confirmó sus pruebas mecánicas y se adaptó a los nuevos resultados. Aunque las pruebas de empaque se realizaron con el primer prototipo que se tuvo que acondicionar de acuerdo a las propiedades que el mismo material alcanzaba, los resultados no fueron positivos. Lo anterior nos dice que si se elabora un nuevo prototipo con el conocimiento que hoy ya tenemos del material podríamos tener un mejor desempeño.

A falta de registros de la cantidad de volumen que puede generar el forraje de la producción de jitomate, el presente trabajo contribuyó a tener una aproximación de la magnitud del problema. Dado que las mediciones se realizaron en una sola línea dentro del invernadero, se calculó un promedio para saber el impacto.

Puesto que el desarrollo de un material puede llevar muchos años y si sumamos a ello, el tiempo que toma el proceso de diseño de producto, la presente investigación deja abiertas las posibilidades de mejora, pero además deja en puerta una propuesta de material que puede ser explotado, sino para empaque como la presente investigación, abrir el camino para otros proyectos.

El residuo o materia prima es prácticamente gratuita y está disponible para que investigadores en un futuro puedan apoyarse de este trabajo. Durante los dos años de maestría, la investigación cubrió el desarrollo de un nuevo material, demostrando su viabilidad y alcances del mismo, técnicos y hedónicos; tocando un extremo apenas del desarrollo de producto. Queda la investigación para el interesado en seguir descubriendo sus posibilidades.

Sumando a lo anterior, el presente proyecto buscaría que en un futuro se buscará la concienciación en el sector agrícola de generar una oportunidad a partir de un problema, que no sólo pudiera apoyarlo en crear un nuevo negocio, sino también colaborar a la reducción de impacto ambiental.

REFERENCIAS

- ACS. 2016. Generating electricity with tomato waste.
<https://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/newsreleases/2016/march/tomato-waste.html> (Consultado Diciembre 2016.)
- Ashby, M., y Johnson, K. 2009. Materials and design. The art and science of material selection in product design. 2nd ed. Butterworth-Heinemann Elsevier. Oxford, UK.
- Benítez, J. J. 2011. Entrevista a José Jesús Benítez, científico titular del Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla. (J. García, Entrevistador)
<http://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/46670-Entrevista-Jose-Jesus-Benitez-cientifico-titular-Instituto-Ciencia-Materiales-Sevilla.html>
(Consultado Enero 2016.)
- Borrero, J. H. 2015. Colombia Patente nº US9017514 B2.
https://www.google.es/patents/US9017514?dq=Jorge+Humberto+Borrero&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwivqv3j07_OAhXH6yYKHTrsBQYQ6AEIHDA
(Consultado Enero 2016.)
- Billoch, C. 2010. Verano en la Huerta, En el Jardín [Blog].
<http://www.eneljardin.com/2010/12/verano-en-la-huerta.html>
- Castilla Prados, N. 2007. Invernaderos de plástico: tecnología y manejo. Mundi-Prensa. España. p. 261.
- Callister, W. D. 2007. Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Reverte. España.
- CCA. 2014. La quema de residuos agrícolas: fuente de dioxinas, Comisión para la Cooperación Ambiental. Montreal, CA. p. 6.

- Desai, B. B.; Kotecha, P. M. and Salunkhe, D. K. 1997. Seeds Handbook. Marcel Dekker. New York, NY. p. 450-488.
- Dimitrios George Hondroulis, I. P. 1999. EUA Patente nº US5958182 A.:
<https://www.google.com/patents/US5958182> (Consultado Enero 2016.)
- Dimitrios George Hondroulis, W. W. 2015. EUA Patente nº WO2015013409 A1.:
<https://www.google.com/patents/WO2015013409A1?cl=en> (Consultado Enero 2016.)
- FAO. 2009. “La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050” Boletín FAO
http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf (Consultado Noviembre 2015.)
- FAO. 2011. “El estado de los recursos de Tierras y Aguas de Mundo para la alimentación y la agricultura” Boletín FAO.
<http://www.fao.org/docrep/015/i1688s/i1688s00.pdf> (Consultado Noviembre 2015.)
- FAO. 2013. Anuario Estadístico de la FAO. <http://www.fao.org/3/a-i3592s.pdf>
(Consultado Abril 2017.)
- FAO. 2015. Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura. Tubiello F. N., Córdor-Golec R. D., Salvatore M., Piersante A. , Federici S. , Ferrara A. , *et al.* p. 193. <http://www.fao.org/3/a-i4260s.pdf>
(Consultado Enero 2016.)
- Farré, X. M. 2006. Gestión y Tratamiento de Residuos Agrícolas.
http://www.infoagro.com/hortalizas/residuos_agricolas.htm (Consultado Enero 2016.)

- Farré, X. M. 2006. Residuos Agrícolas. Revista técnica de medio ambiente. p 62-75. http://www.infoagro.com/hortalizas/residuos_agricolas.htm (Consultado Enero 2016.)
- Garzón, F. L. 2014. Colombia Patente nº WO2014118699 A1.: <https://www.google.com/patents/WO2014118699A1?cl=en> (Consultado Enero 2016.)
- Giaccardi, E., y Karana, E. 2015. Foundations of materials experience: An approach for HCI. In Proceedings of the 33rd Annual ACM Human Factors in Computing Systems. SIGCHI. New York, US. p 2447-2456.
- Greenpeace. 2009. Bolsas “Biodegradables”. Basura Cero. Campaña contra la Contaminación. Argentina.
- IPCC. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- Itten, J. 1975. Design and form: The basic course at the Bauhaus and later. John Wiley & Sons. New York, US.
- Kambis, A.D., J. L. 1996. Biomass Burning and Global Change. En J. S. Levine, Biomass Burning and the Production of Carbon Dioxide: a Numerical Study. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MS. v. 1, p. 170-177.
- Lemieuxa, Paul M., C. C. 2004. Emissions of organic air toxics from open burning: Progress in Energy and Combustion Science. p. 1–32. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360128503000613> (Consultado Enero 2016.)

- Manzini, E., y Petrillo, A. 1991. Neolite. Metamorfosi delle plastiche [Neolite. Metamorphosis of plastics]. Domus Academy. Milan, IT.
- Martínez Bustos, F. 2016., Materiales biodegradables para sustituir plásticos. Conacyt. <http://conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/materiales/6526-materiales-biodegradables-para-sustituir-plasticos>
- Mercado Luna, A. y Rico García, E. 2008. Manual de producción de jitomate. En variedades de crecimiento indeterminado bajo invernadero. 1 ed. UAQ. Querétaro, Qro. p. 30-36.
- Núñez Camargo, D. W. 2012. Uso de residuos agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del Meta Tecnura. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, CO. vol. 16, 34:142-156.
- ONUDI. 2007. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Guía para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos. Austria. p. 150.
- Riggi, Ezio G. A. 2008. Fresh tomato packinghouses waste as high added-value biosource. ScienceDirect. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134490800147X> (Consultado Noviembre 2016.)
- Riggi, Ezio G. A. 2008. Fresh tomato packinghouses waste as high added-value biosource. Resources, Conservation and Recyclin. p. 96–106. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134490800147X?np=y> (Consultado Noviembre 2016.)
- Rodríguez, R. Tavares, R. y Medina, H. 2001. Cultivo Moderno del Tomate. 2a ed., Mundi-Prensa. España. p. 250-260.

Schettinia, Evelia G. S. 2013. Recycled wastes of tomato and hemp fibres for biodegradable pots: Physico-chemical characterization and field performance. *Resources, Conservation and Recycling*. p. 9-19.

SIAP. 2015. Cierre de la producción agrícola por estado. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/ (Consultado Abril 2017.)

Vargas García, Ma. del Carmen F. J. 2014. *De Residuos a Recurso*. Mundi-Prensa. España.
<http://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484766988/residuos-agricolas-i-1> (Consultado Enero 2016.)

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario perceptivo y sensorial del material.	76
Anexo 2. Tablas de resultados de ensayos de resistencias.	77
Anexo 3. Gráficas de resultados de ensayos de resistencias.	81
Anexo 4. Manual de Fabricación de Material Biodegradable.	83

Anexo 1. Cuestionario perceptivo y sensorial del material.

Cuestionario perceptivo y sensorial del material.

Edad _____
 Género F _____ M _____
 Profesión _____

1.- Cualidades sensoriales únicas de la muestra presentada.
 Escribir la primera impresión.

2.- ¿Qué es lo más y lo menos placentero sensorialmente de la muestra?
 + _____
 - _____

3.- La muestra presentada ¿Con qué otro material podría ser asociada?
 Estéticamente similar.

4.- ¿Cómo podrías describir este material?
 ¿Qué tipo de significado te evoca?

5.- ¿Qué tipo de emoción te provoca?
 (ej. sorpresa, odio, amor, etc.)

6.- Seleccionar la mejor respuesta:

Posibles aplicaciones

Decorativo	Si	No
Estructural	Si	No
Empaque	Si	No
Alimento	Si	No

Propiedades detectadas del material

Color natural	Si	No			
Imperfecciones	Si	No	bajo	medio	alto
Rugosidad	Si	No	bajo	medio	alto
Intensidad de olor	neutral	medio	alto		
Fibras Visibles	ninguno	medio	alto		
Aspecto natural	Si	No	bajo	medio	alto

7.- ¿Qué otra aplicación pudiera tener?

¡Gracias!

Anexo 2. Tablas de resultados de ensayos de resistencias.

Área de probeta: 112.49 cm² Longitud de probeta: 4.33 43.3

RESULTADOS M1					
Carga (kg)	Carga corregida (kg)	Deformación (mm)	Deformación (%)	Area corregida (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
20	16.144	0.5	1.15%	112.5029911	0.1435
40	32.288	0.8	1.85%	112.5107872	0.2870
60	48.432	1.0	2.31%	112.5159852	0.4304
80	64.576	2.0	4.62%	112.5419824	0.5738
100	80.720	2.2	5.08%	112.5471833	0.7172
120	96.864	3.0	6.93%	112.5679917	0.8605
140	113.008	3.6	8.31%	112.583603	1.0038
160	129.152	3.5	8.08%	112.5810008	1.1472
180	145.296	4.0	9.24%	112.5940129	1.2904
200	161.440	4.5	10.39%	112.6070281	1.4337
220	177.584	5.5	12.70%	112.6330674	1.5767
240	193.728	5.2	12.01%	112.6252543	1.7201
260	209.872	6.6	15.24%	112.6617246	1.8629
280	226.016	6.2	14.32%	112.6513021	2.0063
300	242.160	6.5	15.01%	112.6591188	2.1495
320	258.304	6.8	15.70%	112.6669365	2.2926
340	274.448	7.7	17.78%	112.6903963	2.4354
360	290.592	7.2	16.63%	112.6773619	2.5790
380	306.736	7.2	16.63%	112.6773619	2.7223
400	322.880	7.5	17.32%	112.6851822	2.8653
420	339.024	7.5	17.32%	112.6851822	3.0086
440	355.168	7.8	18.01%	112.6930036	3.1516
460	371.312	7.8	18.01%	112.6930036	3.2949
480	387.456	8.8	20.32%	112.7190827	3.4374
500	403.600	8.0	18.48%	112.6982184	3.5812
520	419.744	8.2	18.94%	112.7034338	3.7243
540	435.888	8.5	19.63%	112.7112577	3.8673
560	452.032	8.5	19.63%	112.7112577	4.0105
580	468.176	8.8	20.32%	112.7190827	4.1535
600	484.320	9.0	20.79%	112.7242999	4.2965
620	500.464	9.0	20.79%	112.7242999	4.4397
640	516.608	9.0	20.79%	112.7242999	4.5829
660	532.752	9.0	20.79%	112.7242999	4.7262
680	548.896	9.0	20.79%	112.7242999	4.8694
700	565.040	9.0	20.79%	112.7242999	5.0126
720	581.184	9.2	21.25%	112.7295177	5.1556
740	597.328	9.5	21.94%	112.7373452	5.2984
760	613.472	9.5	21.94%	112.7373452	5.4416
780	629.616	9.8	22.63%	112.7451738	5.5844
800	645.760	9.8	22.63%	112.7451738	5.7276
820	661.904	10.0	23.09%	112.7503935	5.8705
840	678.048	10.0	23.09%	112.7503935	6.0137
860	694.192	10.0	23.09%	112.7503935	6.1569
880	710.336	10.0	23.09%	112.7503935	6.3001
900	726.480	10.2	23.56%	112.7556137	6.4430
920	742.624	10.2	23.56%	112.7556137	6.5861
940	758.768	10.5	24.25%	112.7634448	6.7288
960	774.912	10.8	24.94%	112.7712771	6.8715
980	791.056	10.8	24.94%	112.7712771	7.0147
1000	807.200	11.0	25.40%	112.7764992	7.1575
1020	823.344	11.2	25.87%	112.7817218	7.3003
1040	839.488	11.2	25.87%	112.7817218	7.4435
1060	855.632	11.5	26.56%	112.7895566	7.5861
1080	871.776	11.5	26.56%	112.7895566	7.7292
1100	887.920	11.5	26.56%	112.7895566	7.8724
1120	904.064	11.8	27.25%	112.7973924	8.0149
1140	920.208	12.0	27.71%	112.802617	8.1577
1160	936.352	12.0	27.71%	112.802617	8.3008
1180	952.496	12.5	28.87%	112.8156804	8.4429
1200	968.640	12.5	28.87%	112.8156804	8.5860
1220	984.784	13.0	30.02%	112.8287468	8.7281
1240	1000.928	13.5	31.18%	112.8418163	8.8702
1260	1017.072	14.0	32.33%	112.8548888	9.0122

Área de probeta: 116.16 cm²

Longitud de probeta: 4.4

44

RESULTADOS M2

Carga (kg)	Carga corregida (kg)	Deformación (mm)	Deformación (%)	Area corregida (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)
20	16.144	0.0	0.00%	116.16	0.1390
40	32.288	0.2	0.45%	116.1652802	0.2779
60	48.432	0.8	1.82%	116.1811238	0.4169
80	64.576	1.2	2.73%	116.1916886	0.5558
100	80.720	2.0	4.55%	116.212824	0.6946
120	96.864	2.8	6.36%	116.2339671	0.8334
140	113.008	3.0	6.82%	116.239254	0.9722
160	129.152	3.5	7.95%	116.2524736	1.1110
180	145.296	4.0	9.09%	116.2656961	1.2497
200	161.440	4.2	9.55%	116.2709859	1.3885
220	177.584	4.5	10.23%	116.2789216	1.5272
240	193.728	4.5	10.23%	116.2789216	1.6661
260	209.872	4.8	10.91%	116.2868584	1.8048
280	226.016	5.0	11.36%	116.2921502	1.9435
300	242.160	5.0	11.36%	116.2921502	2.0823
320	258.304	5.2	11.82%	116.2974424	2.2211
340	274.448	5.5	12.50%	116.3053817	2.3597
360	290.592	5.5	12.50%	116.3053817	2.4985
380	306.736	5.8	13.18%	116.3133221	2.6372
400	322.880	6.0	13.64%	116.3186163	2.7758
420	339.024	6.0	13.64%	116.3186163	2.9146
440	355.168	6.2	14.09%	116.323911	3.0533
460	371.312	6.5	14.77%	116.3318539	3.1918
480	387.456	6.5	14.77%	116.3318539	3.3306
500	403.600	6.5	14.77%	116.3318539	3.4694
520	419.744	6.8	15.45%	116.3397979	3.6079
540	435.888	6.8	15.45%	116.3397979	3.7467
560	452.032	7.0	15.91%	116.3450945	3.8853
580	468.176	7.7	17.50%	116.3636364	4.0234
600	484.320	7.2	16.36%	116.3503915	4.1626
620	500.464	7.5	17.05%	116.3583381	4.3011
640	516.608	7.5	17.05%	116.3583381	4.4398
660	532.752	7.5	17.05%	116.3583381	4.5785
680	548.896	7.5	17.05%	116.3583381	4.7173
700	565.040	7.5	17.05%	116.3583381	4.8560
720	581.184	7.8	17.73%	116.3662857	4.9944
740	597.328	8.0	18.18%	116.3715847	5.1329
760	613.472	8.0	18.18%	116.3715847	5.2717
780	629.616	8.0	18.18%	116.3715847	5.4104
800	645.760	8.5	19.32%	116.3848343	5.5485
820	661.904	8.8	20.00%	116.3927856	5.6868
840	678.048	8.8	20.00%	116.3927856	5.8255
860	694.192	9.0	20.45%	116.398087	5.9639
880	710.336	9.0	20.45%	116.398087	6.1026
900	726.480	9.2	20.91%	116.4033889	6.2411
920	742.624	9.2	20.91%	116.4033889	6.3797
940	758.768	9.5	21.59%	116.4113427	6.5180
960	774.912	9.5	21.59%	116.4113427	6.6567
980	791.056	9.8	22.27%	116.4192975	6.7949
1000	807.200	10.0	22.73%	116.4246014	6.9332
1020	823.344	10.0	22.73%	116.4246014	7.0719

Área de probeta: 100.86 cm2

Longitud de probeta

4.1

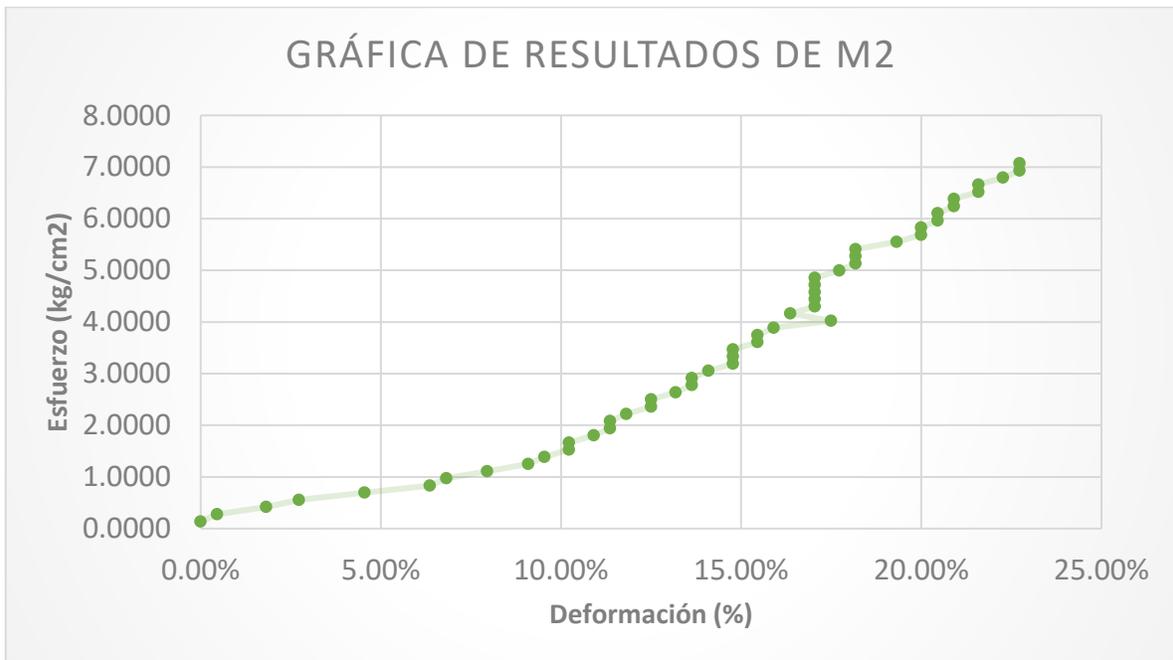
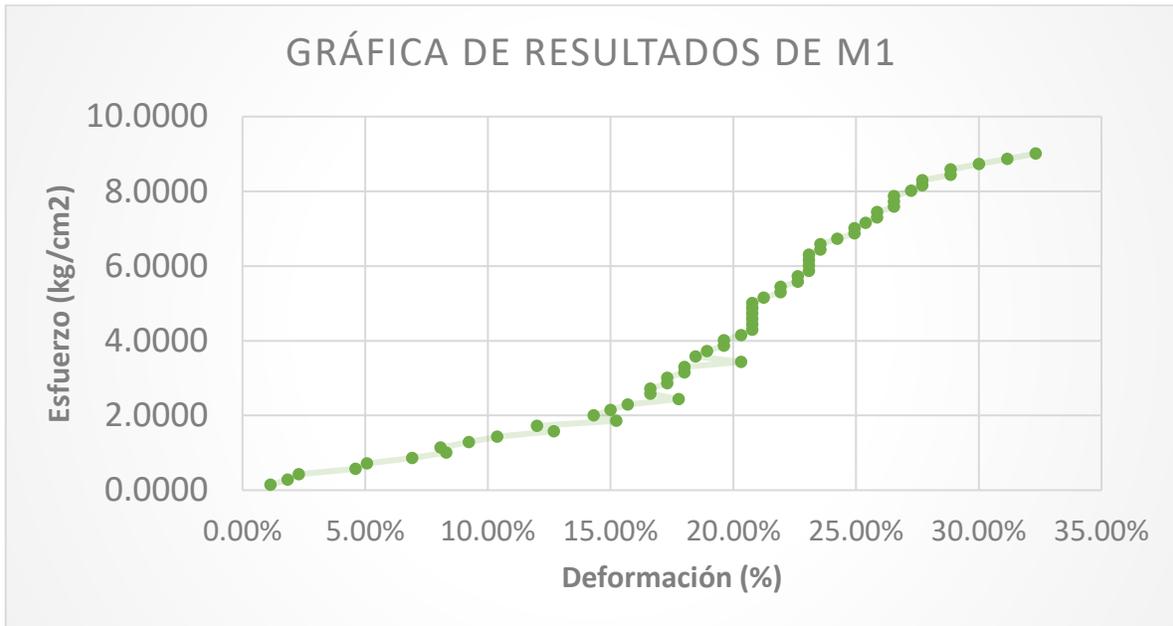
41

RESULTADOS M8					
Carga (kg)	Carga corregida (kg)	Deformación (mm)	Deformación (%)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo (kg/cm2)
20	16.144	0.0	0.00%	100.86	0.1601
40	32.288	1.0	2.44%	100.884606	0.3200
60	48.432	3.0	7.32%	100.933854	0.4798
80	64.576	4.5	10.98%	100.970822	0.6396
100	80.720	6.5	15.85%	101.020154	0.7990
120	96.864	8.5	20.73%	101.069534	0.9584
140	113.008	10.0	24.39%	101.106601	1.1177
160	129.152	11.5	28.05%	101.143696	1.2769
180	145.296	12.5	30.49%	101.16844	1.4362
200	161.440	13.5	32.93%	101.193197	1.5954
220	177.584	14.2	34.63%	101.210534	1.7546
240	193.728	15.2	37.07%	101.235311	1.9136
260	209.872	16.0	39.02%	101.255142	2.0727
280	226.016	17.0	41.46%	101.279941	2.2316
300	242.160	17.5	42.68%	101.292345	2.3907
320	258.304	18.2	44.39%	101.309716	2.5496
340	274.448	19.0	46.34%	101.329576	2.7085
360	290.592	19.5	47.56%	101.341992	2.8674
380	306.736	20.0	48.78%	101.354412	3.0264
400	322.880	20.5	50.00%	101.366834	3.1853
420	339.024	21.0	51.22%	101.37926	3.3441
440	355.168	21.5	52.44%	101.391688	3.5029
460	371.312	22.0	53.66%	101.40412	3.6617
480	387.456	22.5	54.88%	101.416554	3.8204
500	403.600	23.0	56.10%	101.428992	3.9791
520	419.744	23.5	57.32%	101.441433	4.1378
540	435.888	23.8	58.05%	101.448898	4.2966
560	452.032	24.0	58.54%	101.453876	4.4555
580	468.176	24.5	59.76%	101.466323	4.6141
600	484.320	25.0	60.98%	101.478773	4.7726
620	500.464	25.2	61.46%	101.483754	4.9315
640	516.608	25.5	62.20%	101.491226	5.0902
660	532.752	26.0	63.41%	101.503682	5.2486
680	548.896	26.2	63.90%	101.508665	5.4074
700	565.040	26.5	64.63%	101.516141	5.5660
720	581.184	27.0	65.85%	101.528603	5.7243
740	597.328	27.5	67.07%	101.541068	5.8826
760	613.472	28.0	68.29%	101.553536	6.0409
780	629.616	28.0	68.29%	101.553536	6.1998
800	645.760	28.5	69.51%	101.566008	6.3580
820	661.904	29.0	70.73%	101.578482	6.5162
840	678.048	29.5	71.95%	101.590959	6.6743
860	694.192	29.8	72.68%	101.598447	6.8327
880	710.336	30.0	73.17%	101.60344	6.9913
900	726.480	30.0	73.17%	101.60344	7.1502
920	742.624	30.0	73.17%	101.60344	7.3090

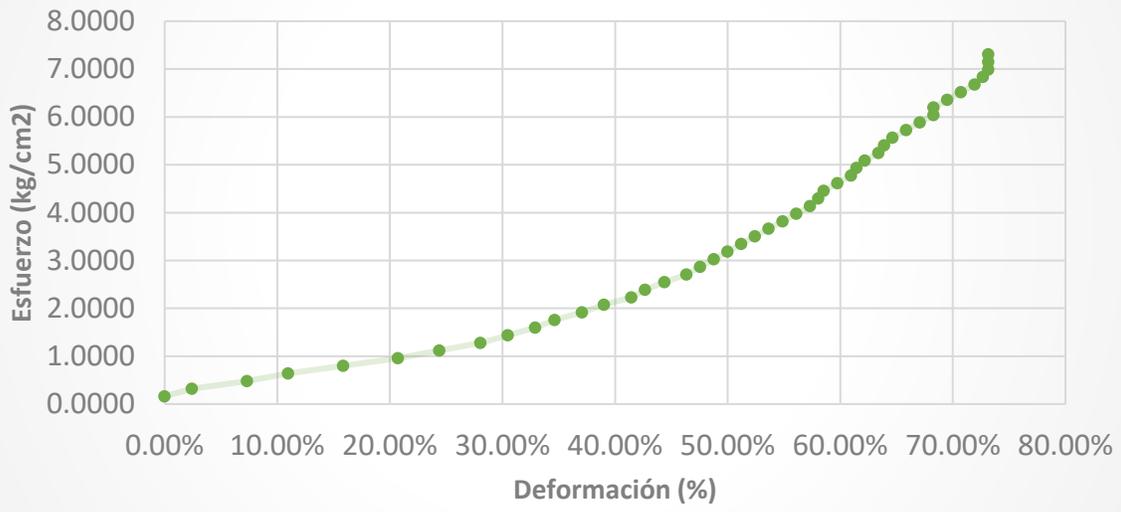
Área de probeta 114.0576 cm2 Longitud de probeta: 4.36 43.6

RESULTADOS M9					
Carga (kg)	Carga corregida (kg)	Deformación (mm)	Deformación (%)	Area corregida (cm2)	Esfuerzo (kg/cm2)
20	16.144	0.0	0.00%	114.0576	0.1415
40	32.288	0.5	1.15%	114.070682	0.2831
60	48.432	2.0	4.59%	114.109944	0.4244
80	64.576	3.2	7.34%	114.141373	0.5658
100	80.720	4.5	10.32%	114.175442	0.7070
120	96.864	6.0	13.76%	114.214776	0.8481
140	113.008	7.0	16.06%	114.241014	0.9892
160	129.152	8.0	18.35%	114.267265	1.1303
180	145.296	9.0	20.64%	114.293527	1.2713
200	161.440	10.0	22.94%	114.319801	1.4122
220	177.584	10.8	24.77%	114.34083	1.5531
240	193.728	11.2	25.69%	114.351347	1.6941
260	209.872	11.8	27.06%	114.367126	1.8351
280	226.016	12.2	27.98%	114.377648	1.9761
300	242.160	12.5	28.67%	114.38554	2.1171
320	258.304	13.0	29.82%	114.398697	2.2579
340	274.448	13.0	29.82%	114.398697	2.3990
360	290.592	13.2	30.28%	114.403961	2.5401
380	306.736	13.2	30.28%	114.403961	2.6812
400	322.880	13.2	30.28%	114.403961	2.8223
420	339.024	13.5	30.96%	114.411857	2.9632
440	355.168	13.5	30.96%	114.411857	3.1043
460	371.312	13.5	30.96%	114.411857	3.2454
480	387.456	13.5	30.96%	114.411857	3.3865
500	403.600	13.5	30.96%	114.411857	3.5276
520	419.744	13.5	30.96%	114.411857	3.6687
540	435.888	13.5	30.96%	114.411857	3.8098
560	452.032	13.5	30.96%	114.411857	3.9509
580	468.176	13.5	30.96%	114.411857	4.0920
600	484.320	13.8	31.65%	114.419754	4.2328
620	500.464	13.8	31.65%	114.419754	4.3739
640	516.608	13.8	31.65%	114.419754	4.5150
660	532.752	14.0	32.11%	114.42502	4.6559
680	548.896	14.0	32.11%	114.42502	4.7970
700	565.040	14.0	32.11%	114.42502	4.9381
720	581.184	14.0	32.11%	114.42502	5.0792
740	597.328	14.0	32.11%	114.42502	5.2203
760	613.472	14.2	32.57%	114.430286	5.3611
780	629.616	14.2	32.57%	114.430286	5.5022
800	645.760	14.2	32.57%	114.430286	5.6433
820	661.904	14.0	32.11%	114.42502	5.7846
840	678.048	14.0	32.11%	114.42502	5.9257
860	694.192	14.2	32.57%	114.430286	6.0665
880	710.336	14.2	32.57%	114.430286	6.2076

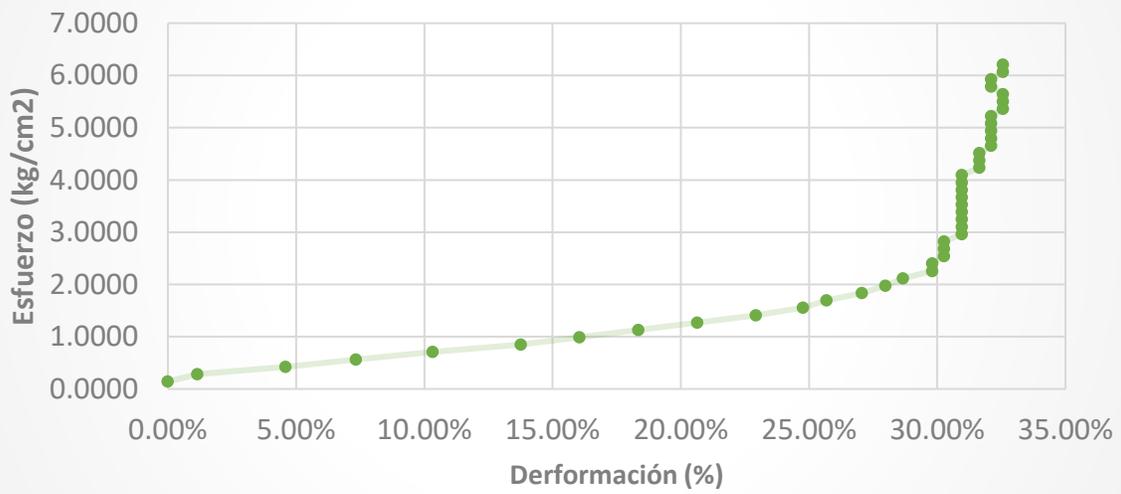
Anexo 3. Gráficas de resultados de ensayos de resistencias.



GRÁFICA DE RESULTADOS DE M8



GRÁFICA DE RESULTADOS DE M9



Anexo 4. Manual de Fabricación de Material Biodegradable.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA



MANUAL DE FABRICACIÓN DE MATERIAL BIODEGRADABLE

ELABORADO
CAMPUS AMAZCALA

objetivo

El presente manual de fabricación tiene como finalidad de suministrar la información necesaria para la producción de un material biodegradable para promover su uso y mejorar los procedimientos para la obtención de productos de utilidad a partir de los desechos obtenidos del follaje como resultado de la producción de jitomate bajo invernadero.

contenido

PAG.

1

MATERIAL Y EQUIPO

2

PROCESO DE FABRICACIÓN

5

LIMPIEZA

6

SUGERENCIAS

material y equipo



Forraje recién desechado de la planta del jitomate



Equipo de protección

guantes
bata/overall
mascarilla estándar
botas de seguridad



Equipo de trabajo

tijeras para podar de una mano
colador metálico
rodillo
licuadora industrial
horno de laboratorio



Otros

agua potable
papel periódico
colorantes naturales



Molde y contra molde de producto a elaborar

paso 1

Colocarse el equipo de protección.

paso 2



Recuperar el forraje después de una poda o después de la eliminación de toda la planta de la tierra. Recomendable recuperarlo antes de que se ponga a deshidratar al Sol.

paso 3



Separar los frutos que pudieran haber quedado en el forraje y las raíces si las hubiera. Hojas y tallos son lo que utilizaremos como materia prima. Ayudarse con las tijeras para podar.

paso 4



Con las tijeras para podar se deben hacer cortes al forraje. La dimensión aproximada de corte es de 25 cm-30 cm de largo.

paso 5



Por cada 370 g o un volumen de 6,600 cm³ se necesitarán 50 ml de agua potable solo para el primer licuado. Si vamos a preparar más material ,no se requerirá nuevamente agua, hasta una cuarto licuado.

paso 6



Identificar la licuadora industrial.
Ubicar sus partes principales de función como, seguros de la tapa, encendido y apagado, enchufe, etc.

Colocar forraje que recién cortamos dentro de la licuadora, así mismo colocar dentro el agua.

paso 7



Colocar la tapa de la licuadora y asegurarla correctamente con ambas grapas, así mismo verificar que el vaso esté correctamente afianzado girando en la base la perilla hacia la derecha.

paso 8



Antes de conectar la licuadora a la corriente, verificar que el switch esté en apagado. Posteriormente conectar y encender.

Para la cantidad de forraje colocado de 40-50 segundos es suficiente.

paso 9



Abrir la tapa y verificar que el forraje ahora sea una pulpa como se muestra en la imagen.

Triturar papel periódico desechado (250g) y colocarlo dentro de la licuadora con la plpa dentro, dejar reposar un minutos y licuar nuevamente unos 20 seg.

CUIDADO; Si necesitas sumir el papel triturado para que se asiente mejor desconecta antes de la licuadora.

paso 10



Antes de sacar el sustrato, desconectar la licuadora de la energía y colocarlo en un recipiente para su evaluación. Posteriormente quitar el exceso de agua con la ayuda del colador como se puede apreciar en la imagen.

paso 11



Preparar nuestro molde previamente hecho y colocar el sustrato sobre este, es recomendable agregar dos o tres capas de sustrato dejando reposar el material un par de horas entre cada una de ellas o dejar en el horno durante 30 minutos entre los intervalos de las capas de material.

Después de colocar cada capa de material se sugiere tener un contra molde para comprimir perfectamente el material.

paso 12



Colocar dentro del horno industrial a unos 100°C durante 24 horas.

La pieza puede previamente desmoldarse en verde y colocarse dentro del horno o si el material lo permite colocarlo con todo y molde.

Se sugiere, en la manera de lo posible colocarlo sin molde para que al momento de la deshidratación y encogimiento no se rompa.

paso 13



Sacarlo del horno y acondicionar.

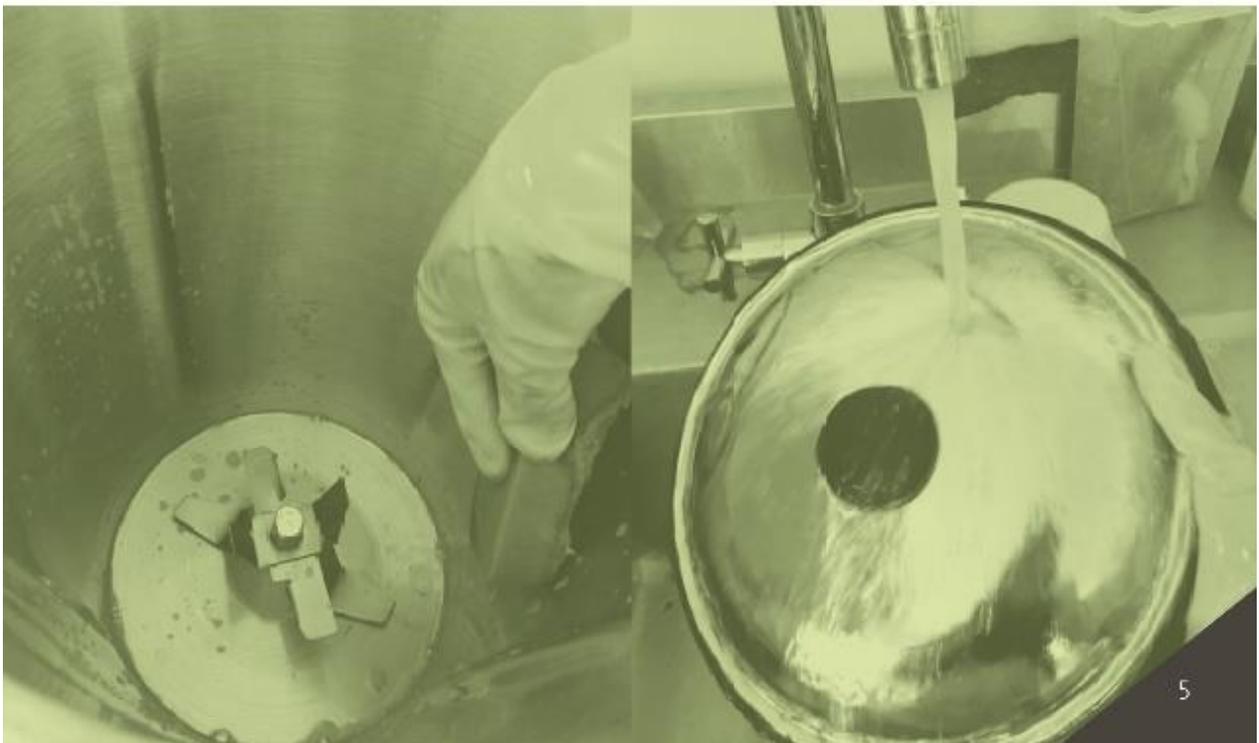
limpieza del material y equipo

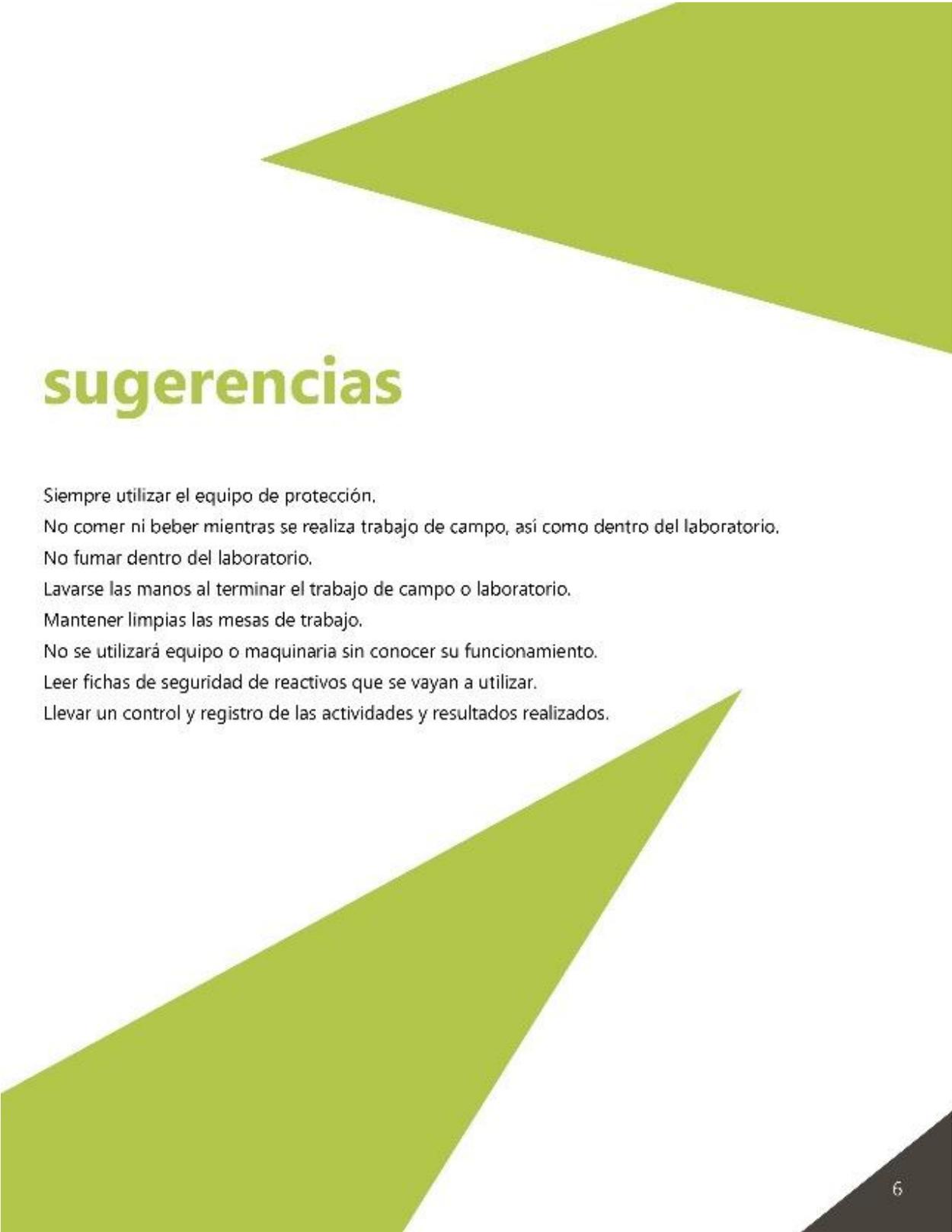
El material con el que se está trabajando tiene un pigmento muy penetrante, por ello se recomienda que inmediatamente se termine de usar el equipo se lave con abundante agua y jabón para mantener en perfectas condiciones el equipo.

El equipo que se podrá lavar:

Colador, guantes, vaso y tapa de la licuadora y si fuera necesario la bata u overol.

El lavado del vaso y la tapa de la licuadora se recomienda lavar con detergente suave y esponja, para el cuerpo de la licuadora bastará con un trapo húmedo.





sugerencias

Siempre utilizar el equipo de protección.

No comer ni beber mientras se realiza trabajo de campo, así como dentro del laboratorio.

No fumar dentro del laboratorio.

Lavarse las manos al terminar el trabajo de campo o laboratorio.

Mantener limpias las mesas de trabajo.

No se utilizará equipo o maquinaria sin conocer su funcionamiento.

Leer fichas de seguridad de reactivos que se vayan a utilizar.

Llevar un control y registro de las actividades y resultados realizados.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA

