



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN MEDIO
AMBIENTE**

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**INVERNADERO ECOLÓGICO A BASE DE RESIDUOS
PLÁSTICOS (BOTELLAS PET) EN EL VIVERO DE LA ESPAM
MFL**

AUTORES:

**RODRIGUEZ BRAVO MARÍA ISABEL
ZAMBRANO MOREIRA GÉNESIS GEMA**

TUTORA:

ING. LAURA GEMA MENDOZA CEDEÑO

CALCETA, NOVIEMBRE 2018

DERECHOS DE AUTORÍA

RODRIGUEZ BRAVO MARÍA ISABEL Y ZAMBRANO MOREIRA GÉNESIS GEMA, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

MARÍA I. RODRIGUEZ BRAVO

GÉNESIS G. ZAMBRANO MOREIRA

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. LAURA GEMA MENDOZA CEDEÑO, certifica haber tutelado el trabajo de titulación **INVERNADERO ECOLÓGICO A BASE DE RESIDUOS PLÁSTICOS (BOTELLAS PET) EN EL VIVERO DE LA ESPAM MFL**, que ha sido desarrollada por **MARÍA ISABEL RODRIGUEZ BRAVO Y GÉNESIS GEMA ZAMBRANO MOREIRA**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. LAURA GEMA MENDOZA CEDEÑO
TUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **INVERNADERO ECOLÓGICO A BASE DE RESIDUOS PLÁSTICOS (BOTELLAS PET) EN EL VIVERO DE LA ESPAM MFL**, que ha sido propuesto, desarrollado por **MARÍA ISABEL RODRIGUEZ BRAVO Y GÉNESIS GEMA ZAMBRANO MOREIRA**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Carlos Villafuerte Vélez, Mg. C.A.
MIEMBRO

Ing. Jorge Cevallos Bravo, MSC
MIEMBRO

Ing. Carlos Delgado Villafuerte, Mg. C.A.
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos salud, inteligencia, sabiduría y permitirnos crecer profesionalmente.

A nuestros padres y familiares que nos brindaron su apoyo incondicional en nuestra formación académica para conseguir nuestro objetivo de ser profesionales.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, que nos brindó la oportunidad de tener una educación superior de calidad, a nuestra Carrera Ingeniería Ambiental que nos abrió las puertas hacia un futuro mejor, a nuestros docentes que nos compartieron sus conocimientos .

A nuestra tutora Ing. Laura Mendoza, por la ayuda brindada, por ser nuestra guía durante la investigación.

A nuestros amigos y compañeros, por compartir sus conocimientos, por los momentos compartidos que se quedan guardados en nuestros y todas las experiencias vividas a lo largo de este lindo camino universitario que se termina aquí y empieza un nuevo camino lleno de muchos retos.

A nosotras mismas, agradecemos por el apoyo mutuo, por la comprensión y dedicación.

MARÍA ISABEL RODRIGUEZ BRAVO

GÉNESIS GEMA ZAMBRANO MOREIRA

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza y sabiduría para ser una persona de bien, por enseñarme afrontar cada obstáculo que se presentó en este largo camino y permitirme cumplir mis objetivos propuestos.

A mi madre por haberme dado la vida, cuidarme, guiarme y apoyarme en todos los momentos de mi vida, por su sacrificio y esfuerzo supo sacarme adelante siempre, a mi padre a pesar de no tenerlo cerca de mí, de una u otra manera me supo apoyar en algún momento.

A mis hijas Valentina e Isabella por ser mi motivación e inspiración de seguir adelante y ser un ejemplo para ellas.

Y al resto de mi familia por estar siempre presente en todas mis alegrías y tristezas brindándome su amor y apoyo incondicional.

A mí querida compañera de tesis Génesis Zambrano, por demostrarme siempre su compañerismo, confianza y amistad, también a Erika y Carla, por ser esas amigas, hermanas que te regala la vida, a mis amigos y compañeros de clases por todos los momentos compartidos y a cada una de las personas que siempre tuvieron un consejos y los mejores deseos para mí.

MARÍA ISABEL RODRIGUEZ BRAVO

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme salud y fuerzas para no rendirme ante la circunstancia que se presentaron en el transcurso de mi etapa universitaria.

A mi padre por apoyarme en cada momento y a mí querida madre por la motivación constante que siempre me da y por sus consejos que me han permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis hermanas y mi sobrino por mostrarme su apoyo de manera directa o indirecta y a mis gatos por brindarme la tranquilidad y felicidad que me transmitían en los momentos difíciles.

Y a mis amigas, gracias por tenerme paciencia y no desesperarse con mi impredecible carácter.

GÉNESIS GEMA ZAMBRANO MOREIRA

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA.....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
DEDICATORIA	vii
CONTENIDO GENERAL	viii
CONTENIDO DE GRÁFICOS Y CUADROS.....	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4 IDEA A DEFENDER.....	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1 PLÁSTICO	4
2.2 PET (POLIETILENO TEREF TALATO).....	4
2.2.1 CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL PET	6
2.2.2 PRINCIPALES USOS DEL PET.....	7
2.3 BOTELLAS PLÁSTICAS PET	8
2.3.1 RECICLAJE DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET	8
2.3.2 DEGRADACIÓN DE LAS BOTELLAS PLÁSTICAS PET	9
2.4 IMPACTOS AMBIENTALES EN LA SALUD Y EL AMBIENTE	9
2.5 INVERNADERO.....	10
2.5.1 HISTORIA DEL INVERNADERO.....	10
2.5.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL INVERNADERO	11
2.6 TIPOS DE INVERNADEROS.....	11
2.7 CLASIFICACIÓN DE INVERNADEROS	12

2.8	INVERNADERO EN ZONAS TROPICALES Y SUBTROPICALES.....	15
2.9	PARAMETROS DE DISEÑO PARA EL INVERNADERO ECOLÓGICO	16
2.9	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA PRODUCCIÓN EN INVERNADEROS.....	17
2.9.1	VENTAJAS.....	17
2.9.2	DESVENTAJAS.....	17
2.10	CULTIVOS EN INVERNADERO.....	17
2.11	TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DE UN INVERNADERO	18
2.12	SISTEMA DE RIEGO POR MINIASPERCIÓN	18
2.13	DIAGNÓSTICO.....	18
2.14	PRODUCCIÓN PER CÁPITA.....	19
2.15	ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU)	19
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO		20
3.1	UBICACIÓN.....	20
3.2	DURACIÓN.....	20
3.3	MÉTODOS, TÉCNICAS.....	21
3.3.1	MÉTODOS.....	21
3.3.2	TÉCNICAS.....	21
3.4	VARIABLES EN ESTUDIO	22
3.4.1	VARIABLE INDEPENDIENTE	22
3.4.2	VARIABLE DEPENDIENTE.....	22
3.5	PROCEDIMIENTOS.....	22
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		26
4.1	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL SOBRE EL MANEJO DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS (BOTELLAS PET) EN LA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL.....	26
4.1.1	ENTREVISTA DIRIGIDA AL PERSONAL RESPONSABLE DE LIMPIEZA.....	26
4.1.2	ENCUESTA A LOS ESTUDIANTES, DOCENTES Y ADMINISTRATIVOS	26
4.1.3	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS (BOTELLAS PET) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL.....	33

4.2 DISEÑO DE UN MODELO DE INVERNADERO ECOLÓGICO A BASE DE RESIDUOS PLÁSTICOS (BOTELLAS PET) PARA EL VIVERO DE LA ESPAM MFL.....	35
4.2.1 RECOPIACIÓN DE DATOS METEOROLÓGICOS.....	35
4.2.2 DISEÑO DEL INVERNADERO ECOLÓGICO.....	36
4.2.3 CONSTRUCCIÓN DEL INVERNADERO ECOLÓGICO.....	39
4.3 COMPROBACIÓN DE LA EFICIENCIA Y EFICACIA DEL INVERNADERO ECOLÓGICO.....	41
4.3.1 UTILIZACIÓN DEL INVERNADERO ECOLÓGICO.....	41
4.3.2 MANEJO DEL CLIMA DEL INVERNADERO ECOLÓGICO.....	41
4.3.3 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....	43
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
6.1 CONCLUSIONES.....	45
6.2 RECOMENDACIONES.....	45
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	54

CONTENIDO DE GRÁFICOS Y CUADROS

GRÁFICOS

Gráfico 2. 1 . PETE.	5
Gráfico 2. 2. PET ó HDPPE	5
Gráfico 2. 3. PET (Vinil)	5
Gráfico 2. 4. PET 4 ó LDPE	5
Gráfico 2. 5. PET 5 (Polypropylene)	6
Gráfico 2. 6. PET 6 (Poliestireno)	6
Gráfico 2. 7. PET 7	6
Gráfico 2. 8. Invernadero tipo túnel o semicírculo	13
Gráfico 2. 9. Invernadero plano o tipo parra	13
Gráfico 2. 10. Invernadero en raspa y amagado	14
Gráfico 2. 11. Invernadero asimétrico	14
Gráfico 2. 12. Invernadero de capilla	14
Gráfico 2. 13. Invernadero de doble capilla	15

Gráfico 3. 1. Ubicación del Vivero de la ESPAM MFL	20
Gráfico 4. 1. Aporte con el ambiente	27
Gráfico 4. 2. Conocimiento de la degradación de la botella plástica	28
Gráfico 4. 3. Reutilización de las botellas plásticas.....	28
Gráfico 4. 4. Reutilización de las botellas PET	29
Gráfico 4. 5. Líquidos utilizados	30
Gráfico 4. 6. Frecuencia utilizada	31
Gráfico 4. 7. Lugar de depósito de las botellas PET	31
Gráfico 4. 8. Separación de botellas PET	32
Gráfico 4. 9. Capacitación	32
Gráfico 4. 10. Implementación del invernadero ecológico.....	33
Gráfico 4. 11. Planta (Sin escala).....	36
Gráfico 4. 12. Fachada frontal (Sin escala)	36
Gráfico 4. 13. Perspectiva isométrica (Sin escala)	37
Gráfico 4. 14. Ensamblaje de botellas PET para cubrir las paredes	38
Gráfico 4. 15. Ensamblaje de las botellas PET para cubrir el techo.....	38
Gráfico 4. 16. Esquema fotorealista del invernadero ecológico.....	38

CUADROS

Cuadro 2. 1. Estándares de diseño y construcción de un invernadero ecológico	16
Cuadro 3. 1. Análisis de Precios Unitarios	25
Cuadro 4. 1. Descripción de miembros encuestados	27
Cuadro 4. 2. Peso de botellas PET generadas en la carrera de Ingeniería Ambiental	34
Cuadro 4. 3. PPC de las botellas PET generadas en la carrera de Ingeniería Ambiental	34
Cuadro 4. 4. Datos de meteorológicos del año 2015.....	35
Cuadro 4. 5. Materiales para la construcción del invernadero ecológico.....	39
Cuadro 4. 6. Temperatura del aire interior y exterior del invernadero	41
Cuadro 4. 7. Humedad relativa del aire interior y exterior del invernadero	42
Cuadro 4. 8. Niveles climáticos necesarios para cultivos en invernadero	42
Cuadro 4. 9. Análisis de Precios Unitarios del Invernadero Ecológico	43

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo diseñar un invernadero ecológico a base de residuos de botellas PET (polietileno tereftalato) en el vivero de la ESPAM MFL, mostrando una alternativa para mejorar los problemas ambientales en las formas de reusar, reducir y reciclar dichos residuos. Antes de diseñar y construir el invernadero, se desarrolló un diagnóstico sobre el manejo de los residuos plásticos (botellas PET) en la carrera, para lo cual se aplicó una encuesta a una muestra de 229 personas de los cuales el 94,76% cree que reutilizar una botella PET ayuda al medio ambiente y un 95,20 está de acuerdo en aprovechar estos residuos para la implementación del invernadero ecológico, teniendo como resultado el uso habitual de las botellas PET, seguido se realizó una caracterización que consistió en pesar durante siete días los residuos de botellas PET que se generan en la carrera teniendo un total de 18.30 kg. Para el diseño del modelo del invernadero se recopiló información de la madera y las botellas PET y también se obtuvieron todos los datos de parámetros de diseño para el modelo, con lo cual se logró obtener un esquema fotorrealista en 3D del invernadero, continuamente se procedió a la construcción del invernadero utilizando la madera para la estructura y 4252 botellas PET de diferentes tamaños para la cubierta de las paredes y techo. Finalmente se efectuó un estudio de costo de la construcción siendo \$286,50 el valor total, convirtiéndose en un proyecto factible en base al bajo costo y a los beneficios de los materiales utilizados

PALABRAS CLAVES

Invernadero ecológico, botellas PET, madera.

ABSTRACT

The objective of the research was to design an ecological greenhouse based on waste from PET bottles (polyethylene terephthalate) at ESPAM MFL nursery, showing an alternative to improve environmental problems in the reusing ways, reducing and recycling said residues. Before designing and building the greenhouse, a diagnosis was developed on the handling of plastic waste (PET bottles) in the career area, for which a survey was applied to a sample of 229 people of whom 94.76% believed that reusing PET bottles helps the environment and a 95.20 agrees to take advantage of this waste for the implementation of the greenhouse, resulting in the usual use of PET bottles, followed by a characterization that consisted of weighing for seven days the waste of PET bottles that are generated, having a total of 18.30 kg. For the design of the greenhouse model, information was collected from the wood and PET bottles and all the data of design parameters for the model was obtained, which resulted in obtaining a photorealistic 3D scheme of the greenhouse, continuously proceeding to the construction of the greenhouse using the wood for the structure and 4252 PET bottles of different sizes to cover the walls and roof. Finally, a cost study of the construction was carried out, being \$ 286.50 the total value, becoming a feasible project based on the low cost and the benefits of the materials used.

KEY WORDS

Ecological greenhouse, PET bottles, wood.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Según Gómez (2016), el crecimiento poblacional y las concentraciones humanas han causado la acumulación de los residuos plásticos (botellas PET), a su vez tanto los residuos orgánicos como inorgánicos han aumentado, sin embargo, la gestión de los residuos va más allá de su disposición final, siendo las botellas plásticas uno de los mayores residuos que se generan a nivel mundial.

Según Alesmar, Rendón y Korody (2008), la mayoría de los plásticos son originados del petróleo, el cual es un recurso no renovable, la materia prima que se requiere para la fabricación de las botellas de plásticos es el polietileno tereftalato (PET), del cual únicamente un 30% de esta materia en el mundo es usado para hacer botellas de plástico.

A pesar de que el PET no es un material peligroso, el consumo excesivo de productos envasados en este material puede ocasionar a largo plazo problemas en el sistema respiratorio y en la piel por acción de los “tereftalatos”, que son compuestos químicos que se pueden desprender con facilidad al estar en altas temperaturas por lo que al ser liberados al líquido y ser ingeridos dichas partículas se acumulan en el cuerpo (Cobos, 2016).

La degradación de los plásticos sintéticos es muy lenta y puede tardar hasta 500 años, Rivera (2014), menciona que los índices de contaminación en Ecuador siguen aumentando cada día, a pesar de que es un país en vía de desarrollo es importante sensibilizar a las personas sobre la reutilización de los residuos de botellas PET, contribuyendo con la disminución de los mismos y mejorando el estilo de vida.

El Ministerio del Ambiente (MAE , 2012), argumenta que en el año 2012 se produjeron 1 406 millones de botellas PET, siendo recuperadas 511 millones por parte de los embotelladores y 624 en centros de acopio.

Según Andrade y Vélez (2017), la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “MFL” cuenta con un plan de manejo de residuos plásticos el cual tiene

como objetivo minimizar la demanda y sostener el manejo adecuado de los residuos plásticos.

Por lo anterior expuesto se formula la pregunta de investigación.

¿Cuál es la producción per cápita de residuos plásticos (botellas PET) de la carrera de Ingeniería Ambiental necesaria para la implementación de un invernadero ecológico a bajo costo?

1.2 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación ofrece el diseño y construcción de un invernadero ecológico a base de residuos plásticos (botellas PET) en el vivero de la ESPAM MFL, todo lo planteado en base al ineficiente uso que se les da a los residuos plásticos, en especial a los envases de botellas plásticas, este proyecto busca de forma alternativa mejorar los problemas ambientales reusando, reduciendo y reciclando estos residuos resulte favorable desde el ámbito económico. Como señalan Solano y Vera (2011), los plásticos son polímeros derivados del petróleo el cual es una materia prima, debido a esta característica no es conveniente su desperdicio, sino alargar su vida útil y una de las alternativas es mediante el reciclaje de los mismos.

En Ecuador anualmente se generan aproximadamente 4 millones de toneladas de residuos de botellas PET, sin embargo de 1 millón de toneladas que podrían reciclarse solo entre un 15% a 25%, logran el objetivo de ser aprovechadas para el reciclaje (Alarcón, 2017).

Santos, Obregón y Salamé (2010), señala que un invernadero es una estructura herméticamente cerrada con materiales transparentes que tiene la capacidad de generar un micro clima en su interior. Esta herramienta es muy útil para la producción de cultivos en todo el año y acelera el transcurso de crecimiento de algunas plantas, incluyendo hortalizas, ornamentales y medicinales.

Lo mencionado en este proyecto en base al objetivo 7 del plan nacional del buen vivir el cual establece “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global” y su diagnóstico de contaminación ambiental el cual plantea prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental,

como aporte para el mejoramiento de la calidad de vida, continúa siendo sumamente importante para garantizar el derecho humano a vivir en un ambiente sano, pilar fundamental en la sociedad del buen vivir.

La intención final de la investigación no solo infiere al conocimiento sobre un tema en particular, si no, pretende sensibilizar la existencia de alternativas de minimización de residuos plásticos (botellas PET) y muestra opciones de emprendimiento que son posibles de alcanzar a corto plazo y de bajo costo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un invernadero ecológico a base de residuos plásticos (botellas PET) en el vivero de la ESPAM MFL

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la situación actual sobre el manejo de los residuos plásticos (botellas PET) en la carrera de Ingeniería Ambiental.
- Diseñar un modelo de invernadero ecológico a base de residuos plásticos (botellas PET) para el vivero de la ESPAM MFL.
- Comprobar la eficiencia y eficacia del invernadero ecológico.

1.4 IDEA A DEFENDER

El uso de los residuos plásticos (botellas PET) generados en la carrera de ingeniería ambiental contribuirá en la construcción de un invernadero ecológico a bajo costo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 PLÁSTICO

Según Pumagualli (2016), es un material no biodegradable y es manipulado para fabricar distintos productos, existen algunas variedades de plásticos entre ellos el polietileno tereftalato, este material se usa para la fabricación de botellas. Salazar (2013), menciona que es utilizado por su diversidad, versatilidad y facilidad de producir, así mismo es causante de importantes problemas de contaminación en el ambiente. Bilbao (2015), expresa que su degradación se da por los rayos ultravioleta procedentes del sol, con el pasar del tiempo bajo la radiación solar.

Para Frías, Ize y Gavilán (2003), son sustancias orgánicas de alto peso molecular y son sintetizados con compuestos de bajo peso molecular, la mayoría de estos plásticos son polímeros sintetizados. Según Mañón (2014), el plástico es uno de los causantes de la muerte de miles de especies que habitan en el mar, muchas de ellas están en peligro de extinción como las tortugas que debido a esto son asfixiadas.

2.2 PET (POLIETILENO TEREFTALATO)

Para Pabón y Prieto (2016), son polímeros termoplásticos lineal con alto grado de cristalinidad, su composición se da por una reacción poli condensación del ácido tereftálico y el etilenglicol, también puede ser obtenido por dimetil tereftalato, está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados del gas natural y el 13% de aire.

Según Recycling of used plastics united limited (RECOUP, 2016), la botella PET sin color es la que más se recicla y existe gran variedad en los mercados en cambio la botella PET coloreada no son deseables para los recicladores por su calidad de los productos finales son sensibles al color.

Según Esteve (2012), los PET tienen categorías la misma que se indica con un triángulo donde se encuentra un número adentro el que identifica el tipo de plástico:

- **PET 1 ó PETE (polietileno tereftalato):** Son usados para las botellas de refresco, agua, en los envases de mayonesa, aceites, es de reciclaje alto y puede ser utilizado para ser convertidos en abrigos, muebles, bolsos entre otros.



Gráfico 2. 1 . PETE.

- **PET 2 ó HDPE (polietileno de alta densidad):** Se encuentran en empaques de leche, jugos, detergente, cloro, bolsas de basura y son reciclados para volver a ser reutilizados.



Gráfico 2. 2. PET ó HDPPE.

- **PET 3 (Vinil):** Se los utiliza para los empaques de productos de limpieza, equipos médicos, no es reciclado para utilizarlos en la construcción de objetos.



Gráfico 2. 3. PET (Vinil)

- **PET 4 ó LDPE (polietileno de baja densidad):** Se encuentran en los empaques de comida congelada, muebles, alfombras, son pocos reciclables pero se pueden transformar n botes de basura y en papeles.



Gráfico 2. 4. PET 4 ó LDPE

- **PET 5 (Polypropylene):** Algunos están en los platos desechables, tapas de los envases, frascos de medicina, estos productos plásticos PET que se reciclan son usados en los semáforos, escobas y brochas entre otros.



Gráfico 2. 5. PET 5 (Polypropylene)

- **PET 6 (poliestireno):** Se los encuentra en las cajas de CDs, embalaje, cartones de huevo, es difícil de reciclar.



Gráfico 2. 6. PET 6 (Poliestireno)

- **PET 7 (Varios):** Son utilizados para protectores de celular, MP3 o computadoras y otros objetos, no son reciclables.



Gráfico 2. 7. PET 7

2.2.1 CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DEL PET

Según Cayllahua (2014), el polietileno tereftalato tiene diferentes características y propiedades de los otros polímeros entre ellos tenemos:

- **Biorientación:** Permite tener propiedades mecánicas y de barrera con optimización de espesores.
- **Cristalización:** Cuenta con resistencia térmica y bandejas termoformadas en hornos a elevadas temperaturas de cocción.

- **Esterilización:** Resiste la esterilización química de óxido de etileno y radiación gamma.
- **Factor barrera:** Está conformado por un envase al paso de agentes, como malos olores, gases, humedad, contaminación.
- **Transparencia:** Es alta la transparencia que poseen con mucho brillo.
- **Peso:** No tiene un peso significativo, para envases de agua es de 1.5 l de 37 a 39 gramos.
- **Resistencia química:** Son resistentes a agentes químicos.
- **Degradación Térmica:** Este material se extorsiona a temperaturas superiores a 250 °C y con fusión 260 °C.
- **Conformidad sanitaria:** Son fabricados correctamente e inofensivos.
- **Reciclado y recuperación:** Su reciclaje es fácil y útil.

2.2.2 PRINCIPALES USOS DEL PET.

Para Zamudio y Cuervo (2013), los principales usos del PET son:

- **PET grado botella:** Este grado de poliéster no necesita aditivos por lo que se considera puro o inerte, el desarrollo de este proceso llamado de Inyección-Soplado Biorientado, cumple con los requerimientos para estar en contacto con alimentos. Para botellas que se utilizan en bebidas carbonatadas tienen barreras de gases, para evitar la oxidación del producto y es 100 % reciclable.
- **PET grado fibra:** Se usa en la fabricación de poliéster, cuenta con alta resistencia a la tensión, propiedades químicas, pero se limita a acumular electricidad.
- **PET grado película:** Es utilizado para la fabricación de películas que se utilizan para fotos, audios, rayos x, se usan para cintas magnéticas, también son utilizados para recubrir o laminar distintos materiales.
- **PET grado lámina:** Tiene varias categorías, los amorfo son diseñados para proporcionar claridad, resistencia de los empaques, en los PET cristalinos tienen peso molecular elevado y los PET espumado son resistentes a elevadas

temperaturas se utilizan para lugares donde se comercializan comidas rápidas como empaques.

2.3 BOTELLAS PLÁSTICAS PET

Para Simbaña y Chiza (2012), las botellas son un recipiente liviano que es muy utilizado para envasar líquidos como bebidas, productos de limpieza para el hogar, lácteos entre otros, para luego ser comercializados, son de bajos precio, su estructura consta de algunas partes:

- **Superficie de sellado:** Es la tapa de la botella que está en contacto con la envasadora o disco de sellado.
- **Hilo cuerda:** Son los bordes de la tapa y permiten que las muescas de la tapa se deslicen en las protuberancias para que puedan girar.
- **Hilo continuo:** Es una espiral continua que embraga con la cuerda de la tapa.
- **Anillo o cordón de transferencia:** En la parte inferior de la corona se ubica una cresta horizontal.
- **Cuello:** Es la parte que va de la corona al cuerpo de la botella.
- **Cuerpo:** están los hombros, pared lateral que se extiende del hombro al talón.
- **Fondo:** El talón es la parte curva y la superficie en la cual descansa la botella.

Una botella plástica (PET) contiene una cantidad considerable de antimonio y pueden ser filtrado a el líquido que contenga la botella debido a la exposición a la luz solar, niveles de PH y las altas temperaturas (Mercola, 2015) .

Estudios realizados por Mansilla y Ruiz (2009), mencionan que las botellas PET con el tiempo han ido desplazando a las botellas de vidrio.

2.3.1 RECICLAJE DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET

Los materiales PET son considerados contaminantes derivados del petróleo, la producción y consumo del plástico aumenta en gran cantidad debido al múltiple uso que se les da como en la elaboración de botellas plásticas, envases de

detergentes, entre otros. La actividad de reciclar los plásticos contribuye a la disminución de la contaminación ambiental, en la actualidad es una forma de obtener ingresos económicos con la comercialización del material que se recicla, esta actividad es una de las iniciativas de fomentar la sensibilización ambiental para todas las personas (Baquerizo, 2016).

En el Ecuador existen 10 000 recicladores informales, 100 microempresarios, 2 000 centros de acopio para el reciclaje de botellas, en el año 2011 se creó el impuesto redimible de \$0,02 por botella plástica (Heredero, 2015).

2.3.2 DEGRADACIÓN DE LAS BOTELLAS PLÁSTICAS PET

Según Castillo y Daquilema (2014), manifiestan que el proceso de degradación tarda cerca de 500 años de forma natural, esta degradación se da de modo aeróbica y anaeróbica, su descomposición biológica es a través del compostaje, también se degradan por los rayos ultravioletas perdiendo su firmeza y liberando pequeñas partículas, otro método de degradación de las botellas es la solubilización con agua, una vez sean descartados después de desempeñar su rol de vida útil.

2.4 IMPACTOS AMBIENTALES EN LA SALUD Y EL AMBIENTE

Las botellas plásticas perjudican la salud y el ambiente, cuando son depositados en vertederos muchas veces son quemadas afectando al ambiente, otros inconvenientes que se dan cuando son arrojadas en las riberas de ríos, en las playas o en carreteras causan contaminación visual, también en épocas de lluvias provocando acumulación de estos residuos en ríos, mares y carreteras. En cuanto a salud, los seres vivos son los responsables de originar enfermedades provocadas por los desechos de plásticos o por el exceso de eso de los mismos y en los animales marinos, la asfixia con botellas PET es una de las causas de que estos mueran (Valle, 2013).

2.5 INVERNADERO

Es una construcción de metal, madera, plástico y tubos que permite cultivar plantas ya sean hortalizas, ornamentales o medicinales, la cubierta ayuda a que no pase el agua lluvia dentro del invernadero protegiendo a las plantas en cualquier época del año (Ocampo, 2014).

Según Villagrán (2016), el microclima en un invernadero tiene como objetivo aumentar la producción de las siembras, los materiales que se usan para la construcción de los invernaderos son de acero galvanizado, aluminio, madera, la cubierta tiene que ser transparente para que maximice el paso de la radiación solar.

Una de las principales características de los invernaderos es que son un sistema de producción que permite modificaciones en el ambiente y mejoran las condiciones para el crecimiento en su interior en comparación con los ambientes exteriores (Mira, 2018).

Según Muñoz, Peña y Díaz. (2017), para la construcción de un invernadero se deben tener en cuenta algunas variables como la determinación de ubicación de la infraestructura, orientación, nivelación del terreno y los cultivos que serán producidos en el invernadero.

2.5.1 HISTORIA DEL INVERNADERO

Según Fernández (2014), en la antigüedad el cultivo de vegetales se lo realizaba en macetas o barriles, en el año 1850 fue el comienzo de la utilización de los invernaderos para el cultivo de uvas, estos invernaderos surgen debido a la escasez de cultivos en las distintas temporadas del año, para esta época se dio a conocer que los cultivos en invernaderos con calefacción tenían un buen rendimiento, con el pasar de los años se fueron mejorando las condiciones de los invernaderos, después de la segunda guerra mundial los invernaderos comienzan a incrementarse y se dan a conocer varios materiales para su construcción.

2.5.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL INVERNADERO

Según Ibáñez (2016), los invernaderos tienen características climáticas que se describen a continuación:

- **Temperatura:** En los invernaderos la temperatura incrementa, la radiación influye en las hojas de las plantas, los niveles de transpiración son altos, este parámetro se mide con un termómetro en escalas Celsius y Kelvin.
- **Humedad:** Su humedad relativa es superior al ambiente atmosférico, su incremento puede afectar al desarrollo del cultivo, la humedad relativa dentro del invernadero se forma por la evaporación del agua del suelo y transpiración de las plantas, esto interviene en el crecimiento de la planta.
- **Anhídrido carbónico:** Es un elemento fundamental para el proceso de la fotosíntesis en las plantas, dentro del invernadero la concentración es similar a la exterior, por las mañanas su concentración es máxima en el proceso de la fotosíntesis y en horas de la tarde disminuye el anhídrido carbónico.
- **Luz ambiente:** Proviene del sol o lámparas, actúa sobre la asimilación de carbono, temperatura de las hojas, si hay mucha luz mayor será la temperatura.

Para Alvarado y Urrutia (2003) , la ventilación es esencial para regular la temperatura y humedad dentro del invernadero, estando la ventilación natural como la más utilizada, entrando por ventanas o paredes laterales. Schinelli (2002) , asegura que también es recomendable el sistema de ventilación cenital, este consiste en ubicar las ventanas en la parte alta del techo, creando un efecto de tiraje el cual no necesita la acción del viento para permitir la transformación del aire. Según López y Torrente (2012), la transmisión de radiación por medio de la cubierta es un parámetro sujeto a las variaciones de la posición solar modificando la incidencia de la radiación.

2.6 TIPOS DE INVERNADEROS

- **Invernadero ecológico:** Estos invernaderos son de costos muy bajos, son resistentes al viento y a la radiación solar, su durabilidad es mayor a los

invernaderos tradicionales, se puede dar más de una cosecha al año, la calefacción de estos invernaderos no necesita temperaturas bajas, su construcción es fácil de realizar y los materiales que se usan son botellas plásticas, madera o tubos y alambres (Flores, 2014).

- **Invernadero automatizado:** La mayoría de estos invernaderos se usan por medio de computadoras, son encargadas de realizar las operaciones de los equipos de riego, mantener la temperatura equilibrada, hacen el trabajo de tener ventilado el invernadero automáticamente, contienen sensores los cuales se encargan de detectar los cambios en los factores ambientales, tienen un detector de humedad de las plantas, detectan el nivel del agua, la ventaja de estos invernaderos automatizados es que no se necesita la supervisión constante de las personas (Paz, 2017).
- **Invernadero de vidrio:** Fueron de los primeros que se conocieron, tienen mucha diferencia a los invernaderos de polietileno, hoy en día no es recomendable construir estos invernaderos ya que son muy costosos, también su estructura es muy pesada por el hierro que se utiliza (López, 2016).
- **Invernadero de tomate:** Poseen gran variedad de estructura, son importantes para no tener pérdidas de producción, su estructura es de madera o metal, con una cubierta de vidrio o plástico para recibir los rayos solares, estos invernaderos permiten la producción en todo el año (Flores, 2014).

2.7 CLASIFICACIÓN DE INVERNADEROS

Según Serrano (2005), los invernaderos se clasifican de acuerdo a su estructura y por el tipo de clima:

CLASIFICACIÓN DE LOS INVERNADEROS POR ESTRUCTURA

- **Invernadero tipo túnel o semicilíndrico:** Tienen forma cilíndrica, son construidas a gran escala y tienen mayor resistencia a los vientos, son los más utilizados en la actualidad, poseen la ventaja que la luz solar penetra directo sin inconvenientes, están contruidos de hierro pre forrados y polietileno tensado.

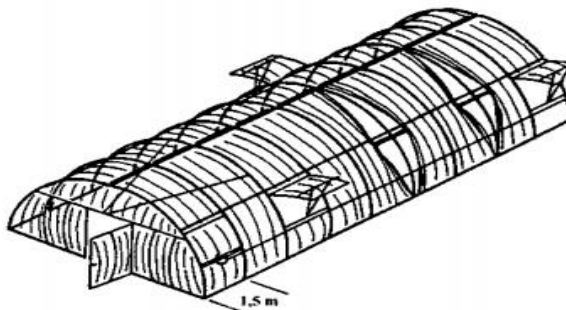


Gráfico 2. 8. Invernadero tipo túnel o semicírculo

- **Invernadero plano o tipo parral:** Su construcción es económica, son manejados en zonas poco lluviosas, puede ser horizontal o vertical una de las ventajas es que cuenta con alta resistencia al viento.

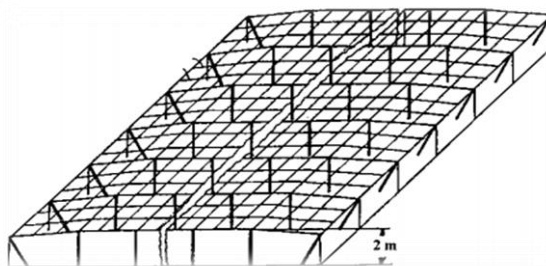


Gráfico 2. 9. Invernadero plano o tipo parral

- **Invernadero en raspa y amagado:** La ventilación es cenital, cuenta con canalones de desagüe de aguas pluviales, pero tiene como desventaja que no aprovecha las aguas pluviales, carece de similitud de luz dentro del invernadero. Se conoce como raspa porque en la parte alta esta sostenida por tubos galvanizados, alambres y en la parte baja como amagado por que se une

a la estructura mediante horquillas de hierro sujetadas a la base del invernadero, estos invernaderos son económicos.

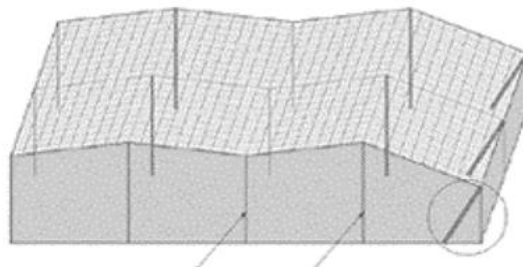


Gráfico 2. 10. Invernadero en raspa y amagado

- **Invernadero asimétrico:** Permite mayor captación de radiación solar, en época de invierno tiene un mejor aprovechamiento, cuenta con buena ventilación, pueden ser de línea recta y curva.

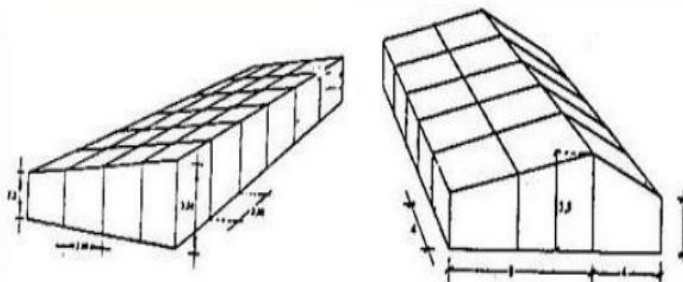


Gráfico 2. 11. Invernadero asimétrico

- **Invernadero de capilla:** El techo está formado de una o dos aguas, su construcción y conservación es fácil.

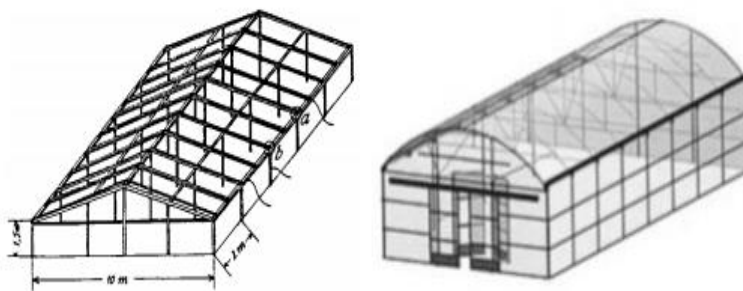


Gráfico 2. 12. Invernadero de capilla

- **Invernadero de doble capilla:** Su estructura es más compleja y costosa, tiene una cumbre de dos escalones donde se unen, tienen ventilación cenital.

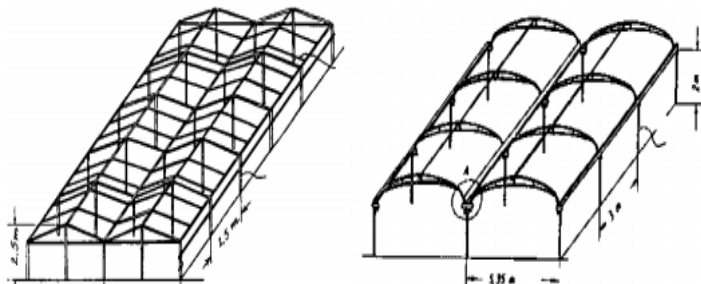


Gráfico 2. 13. Invernadero de doble capilla

CLASIFICACIÓN DE LOS INVERNADEROS SEGÚN EL CLIMA

- **Invernaderos fríos:** Se mantienen a temperaturas de 5 °C a 15°C, pueden usarse en temporadas de invierno y en principios de primavera, mantener la temperatura de las plantas por las noches mejora la producción.
- **Invernaderos frescos:** Su objetivo es proteger las plantas en del clima de invierno, su temperatura debe estar de 5 a 7 °C, son implementados en climas fríos.
- **Invernaderos templados:** Su temperatura mínima es de 13°C pueden ser implementados en cualquier estación del año, los costos de estos invernaderos se dan dependiendo del clima donde sean implementados, por ejemplo, en el clima frío su costo es más alto.
- **Invernaderos cálidos:** Son implementados en cualquier época del año, su temperatura mínima de 18°C, tiene como ventaja cultivar hortalizas de zonas tropicales y subtropicales.

2.8 INVERNADERO EN ZONAS TROPICALES Y SUBTROPICALES

Para estos invernaderos la radiación no se limita en ninguna época del año, sin embargo, se incorporan avances tecnológicos como diseños, estructuras y manejo para las altas temperaturas y la humedad, cuentan con varias características climáticas de gran importantes como que deben contar con estructuras que sirvan de protección en épocas de lluvias, tener buena ventilación que pueda ser cerrada

en las noches y de esta manera tener las condiciones óptimas para los cultivos (De Pedro, 2015).

2.9 PARAMETROS DE DISEÑO PARA EL INVERNADERO ECOLÓGICO

Los estándares de diseño para la estructura, cubierta y sistema de climatización del invernadero ecológico, se basarán en los criterios establecidos en el estudio de Invernaderos en regiones tropicales y sub-tropicales, elaborado por De Pedro (2015) de la Universidad Nacional del Litoral de Argentina y mediante el Diseño de Invernaderos, establecidas por (Marín, 2013).

Cuadro 2. 1. Estándares de diseño y construcción de un invernadero ecológico

Fase	Actividad	Requisito	Descripción	Detalle
			Altura	3-4m
			Anchura	4-6m
			Longitud	3m
Diseño	Ilustración del diseño	Dimensiones de estructura	Anchura y altura de la puerta	0,90m x 2,5m
			Pendiente del techo	En invernaderos tipo capilla la pendiente para el techo es de 20° a 25°
Diseño	Ilustración del diseño	Climatización	Ventilación natural	Ventanas cenital con un área de ventilación equivalente del 10 al 25% de la superficie de suelo cubierta es suficiente para una correcta ventilación del invernadero
Diseño	Ilustración del diseño	Materiales de estructura	Dimensión de madera	Para las bases principales de la estructura usar vigas de 4"
Diseño	Ilustración del diseño	Cobertura de las paredes	Material de cubierta	Traslucido con transmisión de luz no inferior a 71%
Construcción	Localización el lugar de construcción	Orientación	Ubicación del invernadero	De este a oeste y que la apertura de la venta cenital sea opuesta a la dirección predominante del viento
Construcción	Instalación de equipo	Sistema de riego	Precipitación para el cultivo	La tasa de precipitación depende del tipo de cultivo que se riega

Fuente: Adaptada a (De Pedro, 2015) y (Marín, 2013)

2.9 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA PRODUCCIÓN EN INVERNADEROS.

Para la producción en invernaderos Peralta (2016), afirma que existen ventajas y desventajas:

2.9.1 VENTAJAS

Se puede cultivar en cualquier estación del año, la calidad del producto es mejor en comparación a los cultivados en campos abiertos, brindan protección de plagas y mejoran los rendimientos del cultivo.

2.9.2 DESVENTAJAS

Un problema que puede causar complicaciones en el funcionamiento de un invernadero es la contaminación por el tipo de plástico que se utiliza para su cubierta una vez termine su vida útil, altos costos en las infraestructura y poca resistencia de plagas.

2.10 CULTIVOS EN INVERNADERO

Según Santiago (2014), el cultivo bajo invernadero protege a la plantación de las condiciones extremas climáticas. Mientras que Allende y otros (2017), menciona que el tomate es una de las hortalizas que más se cultiva en invernaderos y puede ser cultivada en cualquier época del año, siendo uno de las más consumidas a nivel mundial. Para el Departamento Administrativo Nacional de Estadístico (DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2014), el desarrollo del cultivo de tomate tiene como fases la siembra de semilla, la germinación y la formación de 3 a 4 hojas, una vez que se trasplante se inicia la floración y la reproductividad se da cuando empieza la floración, dando frutos hasta conseguir su madurez. Estudios realizados por Francescangeli y Mitidieri (2006), la lechuga también es cultivada en invernaderos, este cultivo puede implantarse por siembra directa o por trasplante.

2.11 TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DE UN INVERNADERO

TEMPERATURA

Según Pérez y Cortés (2007), es un factor determinante de la actividad metabólica y del crecimiento de los cultivos, las temperaturas máximas y mínimas biológicas son de gran importancia para la eficacia de la fase vegetativa: como la germinación, floración y fructuación.

HUMEDAD RELATIVA

Según Huertas (2008), influye en el cultivo bajo invernadero, el aire es enriquecido con vapor de agua por evaporación desde el suelo y por transpiración de las plantas, la humedad relativa varía con la temperatura, es decir que si la temperatura aumenta, la humedad relativa disminuye.

2.12 SISTEMA DE RIEGO POR MINIASPERCIÓN

Para Montserrat (2005), el sistema de riego aéreo por miniaspersión es conveniente debido a que cuenta con diversas precipitaciones para diferentes tipos de cultivos. En concordancia con Salcedo, Barrios, García y Valdez (2005), en los sistemas de microaspersión el agua se aplica sobre una superficie limitada del terreno de manera pulverizada y las presiones medias y bajas son capaces de distribuir el agua en toda el área interna del invernadero.

2.13 DIAGNÓSTICO

De acuerdo a Paiva y Oliva (2014), es una herramienta que facilita el proceso de investigación, permite reconocer los puntos vulnerables para realizar un diagnóstico debe existir un observador para que pueda describir alguna situación y analizar los principales aspectos, este diagnóstico tiene indicadores y componentes de diagnóstico.

2.14 PRODUCCIÓN PER CÁPITA

Es un cálculo para determinar el ingreso que recibe en promedio cada uno de los habitantes de un lugar determinado. Según el Centro Panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente (CEPIS , 2012) este parámetro asocia al tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo, teniendo como unidad de expresión (kg/ha*día).

2.15 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO (APU)

Según Martínez (2011), es el costo de una actividad a ejecutar en una obra, donde se establecen las medidas y precios unitarios, mano de obra, materiales, equipos y herramientas, en el que se generan costos directos e indirectos.

Villegas (2017), los costos directos es la suma de materiales, equipos, herramientas y mano de obra y los costos indirectos como el transporte, es la suma de gastos y beneficios que se agregan a los costos directos.

MANO DE OBRA: Representa todo el personal involucrado dentro de la ejecución de la partida es decir: obreros, albañiles, plomeros, electricistas.

MATERIALES: Son todos aquellos elementos consumibles o instalables necesarios para una partida o tarea en obra.

EQUIPOS: Son todos aquellos elementos tales como: herramientas, equipos de colocación, equipos de seguridad, maquinarias y transporte necesarios para llevar a cabo una actividad o partida.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1 UBICACIÓN.

La investigación se realizó en el campus de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí localizada en el sitio “El Limón” de la ciudad de Calceta, Cantón Bolívar, en el área del vivero ubicado geográficamente a 0° , 49 minutos, 30 segundo de latitud sur y a 80° , 11 minutos, 0 segundos de longitud oeste.

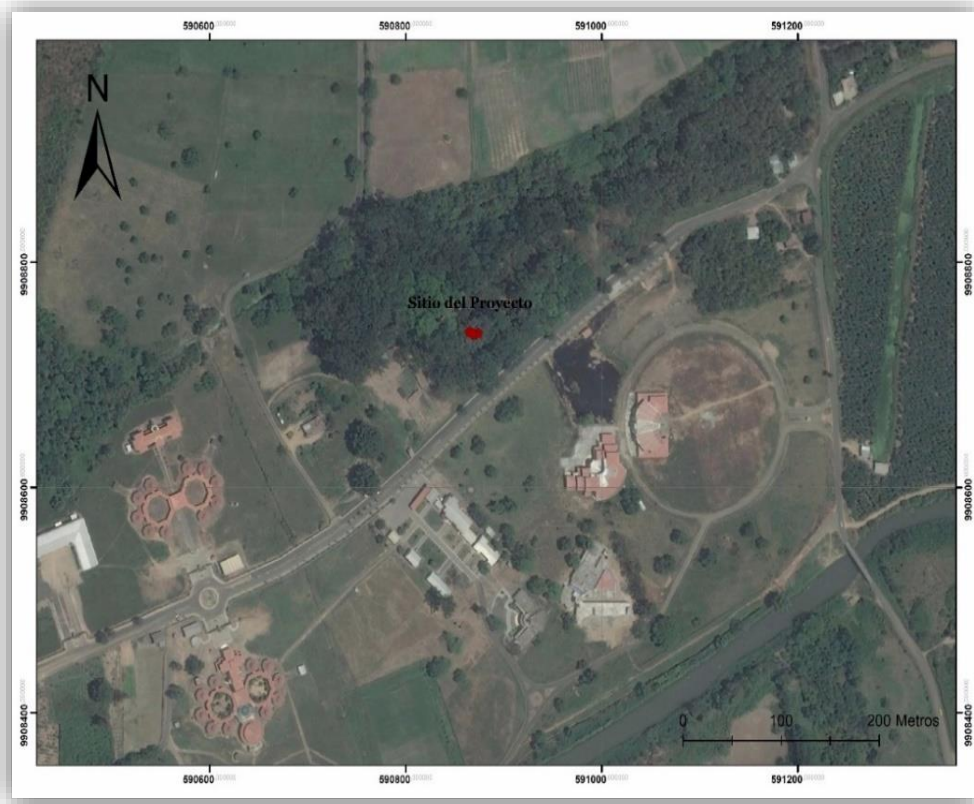


Gráfico 3. 1. Ubicación del Vivero de la ESPAM MFL

3.2 DURACIÓN.

El proyecto de investigación tuvo una duración de un año, lo cual correspondió a seis meses de planificación y seis meses de ejecución.

3.3 MÉTODOS, TÉCNICAS.

3.3.1 MÉTODOS.

- **CUANTITATIVO**

Este método permitió una relación numérica entre las variables centrándose en la causa y efecto del problema empleando cálculos matemáticos para dar resultados concluyentes.

- **INDUCTIVO**

Con este método se utilizó el razonamiento para llegar de la verdad de los hechos de manera particular a una conclusión general.

3.3.2 TÉCNICAS.

- **OBSERVACIÓN**

Consistió en observar los diferentes aspectos y características del hecho que se está tomando en consideración para así obtener el mayor número de datos y registrarlos para su posterior análisis.

- **ENCUESTA**

Con esta técnica se tomó información de interés sociológico a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental por medio de un cuestionario, con el fin de recopilar opiniones acerca del uso que se les podría dar a los residuos plásticos (botellas PET).

- **FICHAJE**

Consistió en registrar los datos que se obtuvieron en las diferentes revisiones que se realizaron de los residuos plásticos (botellas) en los diferentes botes de basura que se encuentren en la carrera de Ingeniería Ambiental lo cual fue un valioso auxiliar para la recopilación de datos.

- **ENTREVISTA**

Es una de las técnicas que contribuyeron a la investigación realizada, valiendo la información recopilada para el diagnóstico de la situación actual de los residuos

plásticos (botellas PET) este medio es recomendable y ventajoso para obtener datos actualizados.

3.4 VARIABLES EN ESTUDIO

3.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Residuos plásticos (botellas PET)

3.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Invernadero ecológico

3.5 PROCEDIMIENTOS

FASE 1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL SOBRE EL MANEJO DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS (BOTELLAS PET) EN LA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL.

Actividad 1. Entrevista dirigida al personal responsable de limpieza

Se realizó una entrevista (**Anexo 1**) a los miembros del personal de limpieza de la carrera de Ingeniería Ambiental, con la finalidad de tener un mejor conocimiento del uso y la disposición final de los residuos plásticos (botellas PET).

Actividad 2. Encuesta a los estudiantes, docentes y administrativos

Se aplicó una encuesta dirigida a los estudiantes, docentes y administrativos de la carrera de Ingeniería Ambiental de la ESPAM “MFL” (**Anexo 2**), para determinar el uso habitual de los residuos plásticos (botellas PET) y el posible aprovechamiento para la construcción de un invernadero ecológico a base de este material. Previo a la encuesta se planteó un estudio estadístico para la obtención del tamaño de la muestra necesaria, suplantando así el número total de estudiantes, docentes y administrativos de la carrera de Ingeniería Ambiental.

Para el cálculo de la muestra poblacional Martínez, Muñoz y Pascual (2004) plantearon la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * (1-p)}{d^2 * (N-1) + Z_{\alpha}^2 * p * (1-p)} \quad [3.1]$$

Dónde:

n= Tamaño de la muestra

N= Total de la población

Z_α= Nivel de confianza elegido

p= Proporción en que la variable estudiada se da en la población

q= 1-p

d= error de la estimación

*Nota: Según diferentes seguridades el coeficiente de Z_α varía, así:

- Si la seguridad Z_α fuese del 90% el coeficiente sería 1.645
- Si la seguridad Z_α fuese del 95% el coeficiente sería 1.96
- Si la seguridad Z_α fuese del 97.5% el coeficiente sería 2.24
- Si la seguridad Z_α fuese del 99% el coeficiente sería 2.576

Actividad 3. Caracterización de los residuos plásticos (botellas PET) de la carrera de Ingeniería Ambiental.

Para lograr el proceso de caracterización de botellas PET, se utilizó la metodología de (CEPIS, 2012) que consiste en determinar por siete días el peso y la producción per cápita de los residuos plásticos (botellas PET) que se generan en la carrera de Ingeniería Ambiental

La producción per cápita se la determinó con la ecuación la producción, con la ecuación [3.2].

$$PPC = \frac{W}{P} \quad [3.2]$$

Dónde:

PPC= Producción per cápita de los residuos sólidos en kg/hab*día.

W= Peso generado del total de los residuos sólidos en kg.

P= Población que generó esos residuos sólidos. Cabe recalcar que esta actividad, se desarrolló durante siete días.

FASE 2. DISEÑO DE UN MODELO DE INVERNADERO ECOLÓGICO A BASE DE RESIDUOS PLÁSTICOS (BOTELLAS PET) PARA EL VIVERO DE LA ESPAM MFL.

Actividad 4. Recopilación de datos meteorológicos.

Se efectuó la compilación de datos meteorológicos de la Estación Meteorológica ESPAM MFL del año 2015. Es necesario obtener datos meteorológicos del lugar donde se implemente un invernadero, de acuerdo a Ortega, Ocampo, Sandoval y Martínez (2014) existen variables climáticas que afectan el desarrollo de las plantas lo cual se refleja en los resultados de producción, tanto en cantidad como en calidad.

En Ecuador existen dos estaciones climáticas, invierno de Diciembre a Mayo y verano de Junio a Noviembre

Actividad 5. Diseño del invernadero ecológico

Esta actividad se realizó en base a los estándares de diseño y construcción de un invernadero ecológico (**Cuadro 2.1**). El diseño se lo ilustró gráficamente mediante SketchUp Pro el cual Masi (2017), menciona que es un software que permite modelar en 3D edificios, paisajes, escenarios, mobiliario, personas y cualquier objeto o artículo que imagine el diseñador o dibujante y V-Ray el cual es un motor de renderizado para procesar escenas con alto nivel de realidad.

Actividad 6. Construcción del invernadero ecológico.

Con el cumplimiento de las actividades anteriores se procedió a contratar al personal de apoyo para la construcción de la estructura del invernadero ecológico empleando los parámetros de diseño recomendados (**Cuadro 2.1**) y situar la cubierta de las paredes y techo con botellas PET.

FASE 3. COMPROBACIÓN DE LA EFICIENCIA Y EFICACIA DEL INVERNADERO ECOLÓGICO.

Actividad 7. Utilización del invernadero ecológico

Una vez implementado el invernadero ecológico se procedió a la adecuación del interior del invernadero, con camas de cultivos, mesa de semilleros y maceteros. Se realizó un estudio de manejo del clima para comprobar la eficiencia y efectividad del mismo.

Actividad 8. Manejo del clima del invernadero ecológico.

Se realizó un estudio de comparación del registro de datos de siete días de la temperatura del aire y la humedad relativa, en el interior y exterior del invernadero ecológico.

Actividad 9. Análisis de Precios Unitarios

Se implementó el modelo matemático APU (**Tabla 3.1**) para estimar el costo por unidad de medida de los componentes de cada actividad que se realizó en la implementación del invernadero ecológico.

Cuadro 3. 1. Análisis de Precios Unitarios

INVERNADERO ECOLÓGICO				
Equipos				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo Total
Mano de Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo Total
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo Total
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo Total
TOTAL				

Fuente: Villegas(2017)

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL SOBRE EL MANEJO DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS (BOTELLAS PET) EN LA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL.

4.1.1 ENTREVISTA DIRIGIDA AL PERSONAL RESPONSABLE DE LIMPIEZA.

Se realizó la entrevista a dos funcionarios del personal de limpieza que laboran dentro de los predios de la carrera de Ingeniería Ambiental. En respuesta a las preguntas planteadas expresaron lo siguiente; los horarios de limpieza se realizan de 07:00 am a 16:00 pm, uno de los funcionarios indico que para ellos es favorable que se haya implementado el contenedor de hierro para residuos de botellas PET en la carrera, ya que son los que más se generan día a día y por ello se facilita el trabajo de limpieza y recolección de los mismos, sin embargo añadieron que no todos estos residuos son depositados en el contenedor, siendo algunos encontrados en los alrededores de las aulas o dentro de las mismas, ya sea en pupitres o en los botes de basura de cada una de ellas.

También indicaron que ellos se encargan del manejo de las botellas PET, cuando el contenedor de hierro se llena y debido a la gran generación de las mismas muchas veces son vendidas en los centros de acopio, sin embargo el transporte de las mismas no es fácil por lo que terminan siendo llevadas por otros recolectores. Señalaron que los residuos de botellas PET generados son abundantes debido a la cantidad de estudiantes que posee la carrera, llegando a recolectarse 500 botellas PET por semana y creen que con esa cantidad sería posible la construcción de un invernadero ecológico con cubierta de botellas PET.

4.1.2 ENCUESTA A LOS ESTUDIANTES, DOCENTES Y ADMINISTRATIVOS

Se realizó la encuesta a los estudiantes, docentes y administrativos de la carrera de Ingeniería Ambiental quienes demostraron cooperación e interés en la ejecución del proyecto.

Cuadro 4. 1. Descripción de miembros encuestados

Miembro	Cantidad
Estudiante	538
Docente	24
Administrativo	3
Total	565

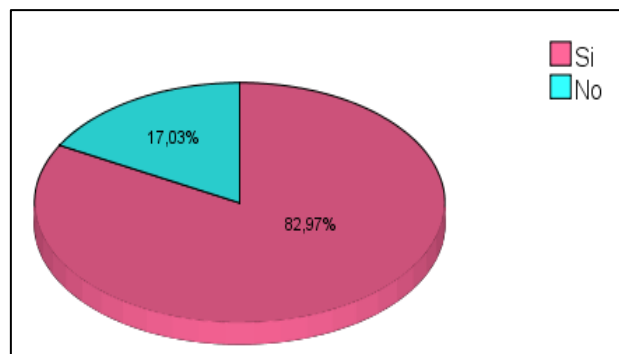
Fuente: Autores

Para obtener el tamaño de la muestra de los 565 miembros; se empleó el cálculo del tamaño de muestra obteniendo como resultado 229 el número total de encuestados.

A continuación se detallan los resultados gráficos de cada pregunta de las encuestas:

1. ¿Aporta usted con el ambiente reutilizando las botellas PET?

Opción	Frecuencia	Porcentaje %
Si	190	83,0
No	39	17,0
Total	229	100,0

**Gráfico 4. 1.** Aporte con el ambiente

Reutilizar las botellas PET ayuda a la disminución de las mismas y en relación a los resultados obtenidos, se pudo comprobar que el 82,97% de las personas encuestadas si reutilizan las botellas PET en distintas actividades, mientras que un 17,03% no lo hacen. Reyes (2013), menciona que el reciclaje de las botellas PET permite que se les dé un segundo uso, el cual puede ser utilizado en sistemas constructivos alternativos.

2. ¿Sabía usted que una botella plástica tarda en degradarse hasta 500 años?

Opción	Frecuencia	Porcentaje %
Si	169	73,8
No	60	26,2
Total	229	100,0

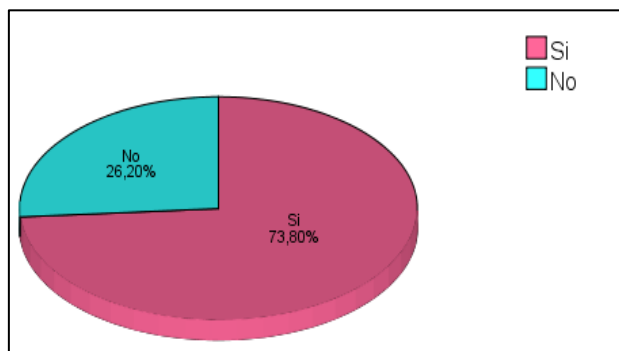


Gráfico 4. 2. Conocimiento de la degradación de la botella plástica

La degradación de los plásticos sintéticos es muy lenta y tardan hasta 500 años según expresan Castillo y Daquilema (2014), de acuerdo a la pregunta planteada se pudo constatar que el 73,80% de los encuestados tienen conocimiento del proceso de degradación de las botellas PET y el 26,20% desconocen sobre el proceso de degradación de las botellas PET.

3. ¿Cree usted que el reutilizar las botellas plásticas ayuda al medio ambiente?

Opción	Frecuencia	Porcentaje %
Si	217	94,8
No	12	5,2
Total	229	100,0

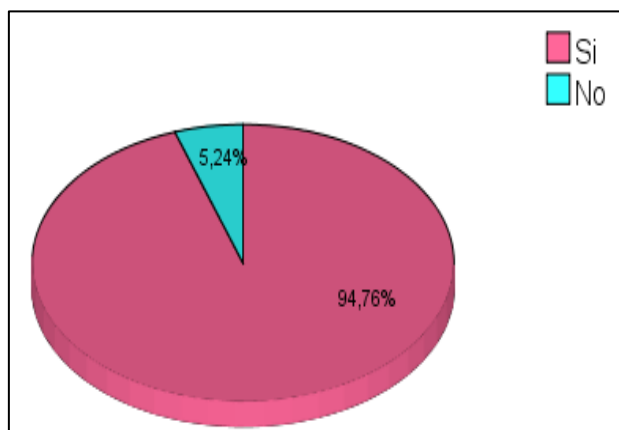


Gráfico 4. 3. Reutilización de las botellas plásticas

Chacón, Cendejas y Ortega (2016), menciona que la reutilización de botellas PET ayuda a reducir el espacio ocupado en los rellenos sanitarios. Mediante la pregunta planteada se tuvo como respuesta que el 94,76% opina que reciclar las botellas PET si ayuda al ambiente y un 5,24% respondió que no.

4. ¿En caso de reutilizar una botella plástica cuantas veces lo hace?

Opción	Frecuencia	Porcentaje %
Una vez	62	27,1
Dos veces	94	41,0
Tres veces	45	19,7
Cinco veces	21	9,2
Nunca	7	3,1
Total	229	100,0

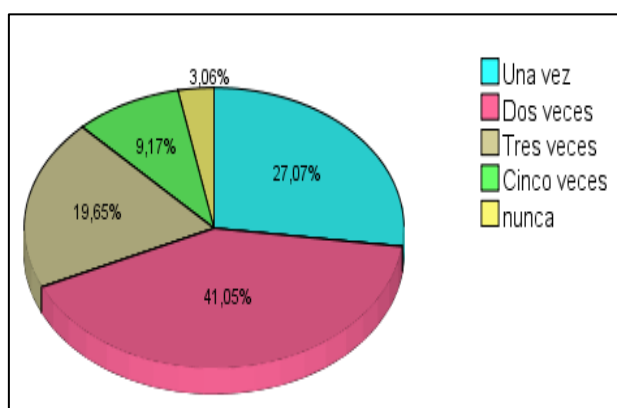


Gráfico 4. 4. Reutilización de las botellas PET

Con respecto a la pregunta formulada se tuvo como resultados que el 41,05% de los encuestados reutiliza una botella plástica dos veces, el 27,07% solo reutiliza los envases plásticos una vez, el 19,65% las reutiliza tres veces, el 9,17% las reutiliza hasta cinco veces y el 3,06% nunca reutiliza las botellas plásticas PET. Mercola (2015), menciona que las botellas PET contienen una cantidad considerable de antimonio y pueden ser filtrados al líquido que se deposita en los envases plásticos.

5. ¿En caso de reutilizar una botella plástica con que líquido la utiliza?

Opción	Frecuencia	Porcentaje %
Agua	154	67,2
Leche	7	3,1
Café	5	2,2
Jugos	15	6,6
Varios líquidos	41	17,9
Nada	7	3,1
Total	229	100,0

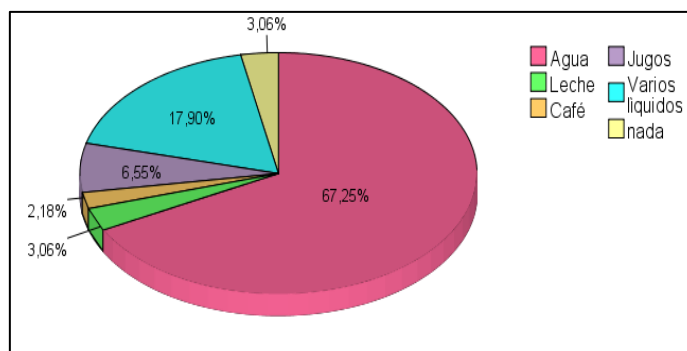


Gráfico 4. 5. Líquidos utilizados

De acuerdo con Valencia , Guberney, Vanegas y Restrepo (2017) el mayor uso de los plásticos (botellas PET) se encuentra en las botellas de agua y gaseosas, por lo que en análisis a la pregunta desarrollada, el 67,25% reutilizan las botellas para envasar agua en su consumo diario, 17,90% con varios líquidos, el 6,55% deposita jugos, el 3,06% la utilizan para envasar leche y el 2,18% con café, también se pudo mostrar que un 3,06% no reutilizan las botellas plásticas PET con ninguna clase de líquidos.

6. ¿En caso de reutilizar una botella plástica cuantas veces lo hace?

Opción	Frecuencia	Porcentaje %
Una vez	62	27,1
Dos veces	94	41,0
Tres veces	45	19,7
Cinco veces	21	9,2
Nunca	7	3,1
Total	229	100,0

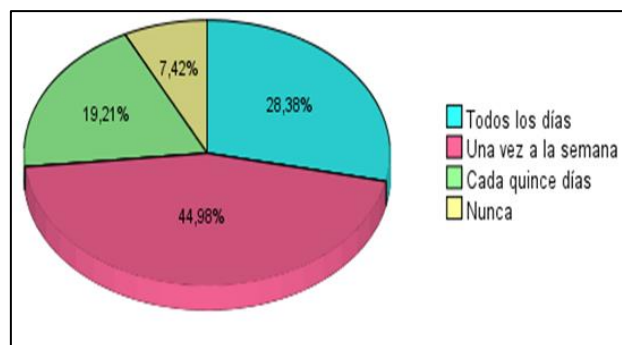


Gráfico 4. 6. Frecuencia utilizada

Para Cayllahua (2014) las botellas PET solo deben ser utilizadas una sola vez. De acuerdo a los resultados de la pregunta realizada, el 44,98% de los encuestados utilizan un envase nuevo de botellas plásticas una vez a la semana, el 28,38% todos los días, el 19,21% cada quince y el 7,42% respondieron que nunca utilizan botellas plásticas PET porque tienen sus propios recipientes donde envasan los líquidos que consumen.

7. ¿Deposita usted los residuos plásticos (botellas PET) en el contenedor de hierro ubicado en el hall de la carrera de Ingeniería Ambiental?

Opción	Frecuencia	Porcentaje %
Si	179	78,2
No	50	21,8
Total	229	100,0

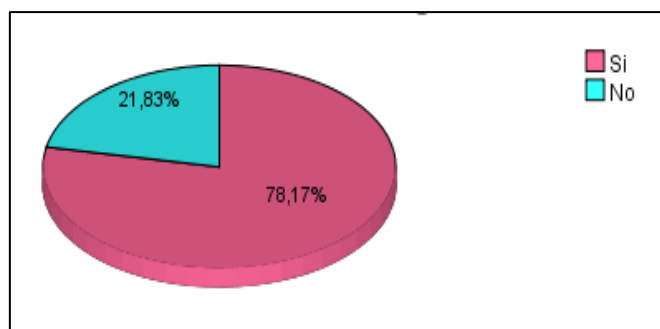


Gráfico 4. 7. Lugar de depósito de las botellas PET

En la carrera de Ingeniería Ambiental existe un contenedor para botellas PET, donde son depositadas las botellas por los estudiantes, docentes y administrativos, teniendo como resultado que el 78,17% deposita las botellas PET en el contenedor, mientras que el 21,83% no las depositan.

8. ¿Usted separa los envases de botellas plásticas de la basura común?

Opción	Frecuencia	Porcentaje %
Si	136	59,4
No	93	40,6
Total	229	100,0

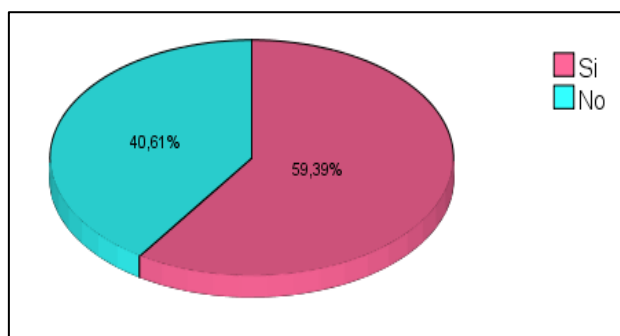


Gráfico 4. 8. Separación de botellas PET

En el Gráfico 4.8 se observa que el 59,39% si separa los envases de botellas PET de la basura común y el 40,61% no realiza la separación de estos residuos plásticos, arrojándolos en la basura común para que luego sean depositadas en los vertederos.

9. ¿Ha recibido algún tipo de capacitación sobre la contaminación al ambiente por los envases de botellas plásticas?

Opción	Frecuencia	Porcentaje %
Si	127	55,5
No	102	44,5
Total	229	100,0

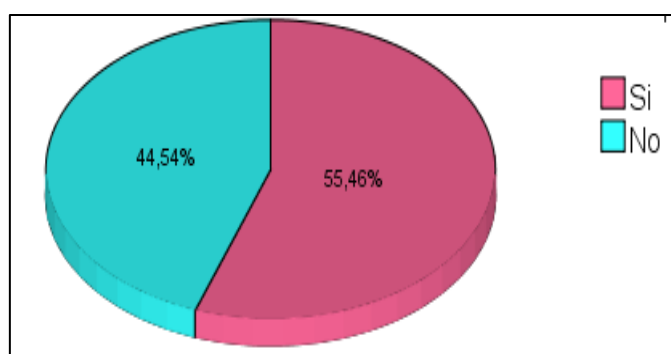


Gráfico 4. 9. Capacitación

El 55,46% de los encuestados si ha recibido capacitación sobre la contaminación al ambiente por los envases de botellas PET y un 44,54% no han recibido ninguna capacitación.

10. ¿Estaría de acuerdo en aprovechar los residuos plásticos (botellas) para la implementación de un invernadero ecológico?

Opción	Frecuencia	Porcentaje %
Si	218	95,2
No	11	4,8
Total	229	100,0

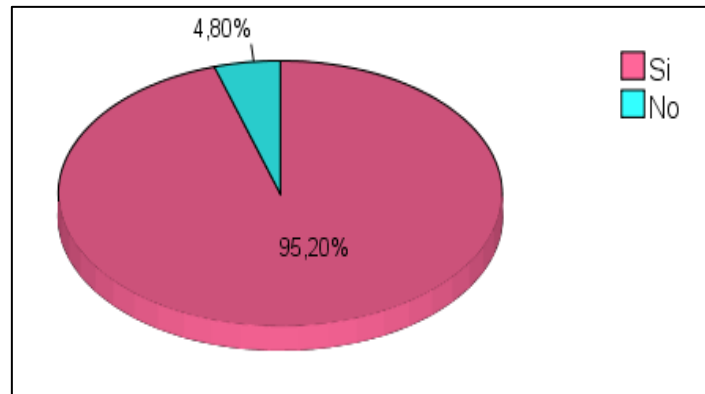


Gráfico 4. 10. Implementación del invernadero ecológico

El 95,20% de los encuestados si están de acuerdo en aprovechar los residuos plásticos (botellas PET) para la implementación del invernadero ecológico y el 4,80% no está de acuerdo, considerando una gran aceptación por parte de los encuestados en la construcción del invernadero ecológico.

4.1.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS (BOTELLAS PET) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Se realizó la recolección de los residuos de botellas PET depositadas en el contenedor de hierro ubicado en el hall de la carrera de ingeniería ambiental el cual tiene la capacidad de acoger hasta 700 botellas. Con la encuesta realizada se pudo conocer que el 78,17% de los encuestados depositan las botellas PET en el contenedor de hierro y el 21,83 % depositan las botellas plásticas en otros lugares. Para la toma de datos se estableció un horario de recolección de las botellas PET, de 7:30 AM a 5:00 PM siendo estas las horas de jornada laboral de la carrera, a su vez se contó con el apoyo del personal de limpieza para la recolección de las botellas PET encontradas en los botes de basura de las aulas de cada semestre y de esta manera ser colocadas en el contenedor de hierro.

Para establecer la caracterización de las botellas PET generadas en la carrera, se realizó por siete días el acopio de botellas PET, registro de peso y cálculo de producción per cápita.

REGISTRO DE PESO

El Cuadro 4.2 detalla los pesos del total de las botellas PET que se generaron y se depositaron en el contenedor de hierro, este registro se efectuó durante 7 días del mes de julio del 2018.

Cuadro 4. 2. Peso de botellas PET generadas en la carrera de Ingeniería Ambiental

Días de registro	Peso total de botellas PET (kg)
2 de Julio	2.13
3 de Julio	2.50
4 de Julio	3.10
5 de Julio	1.93
6 de Julio	2.38
9 de Julio	2.88
10 de Julio	3.38
Total	18.30

Fuente: Autores

El día que se generó menor cantidad de botellas PET fue el 5 de julio con un peso de 1.93 kg y el de mayor cantidad fue el 10 de julio con un peso de 3.38 kg, teniendo un total de 18.30 kg de botellas PET durante 7 días, en la carrera de Ingeniería Ambiental.

PRODUCCIÓN PER CÁPITA

El resultado del cálculo de PPC [3.2] se muestra a continuación en la Cuadro 4.3

Cuadro 4. 3. PPC de las botellas PET generadas en la carrera de Ingeniería Ambiental

Días de registro	PPC (kg/hab*día)
2 de Julio	0,0038
3 de Julio	0,0044
4 de Julio	0,0055
5 de Julio	0,0034
6 de Julio	0,0042
9 de Julio	0,0051
10 de Julio	0,0060
Total	0,0324

Fuente: Autores

La producción per cápita de botellas PET en la carrera de Ingeniería Ambiental fue de 0,0324 kg/hab*día, una botella PET vacía pesa aproximadamente 0,025 kg, lo cual indica que en promedio cada individuo consume al menos una botella PET por día. Estas cantidades pueden variar de acuerdo los hábitos y costumbres de las personas y también por las estaciones, generalmente en verano las cifras aumentan.

4.2 DISEÑO DE UN MODELO DE INVERNADERO ECOLÓGICO A BASE DE RESIDUOS PLÁSTICOS (BOTELLAS PET) PARA EL VIVERO DE LA ESPAM MFL.

4.2.1 RECOPIACIÓN DE DATOS METEOROLÓGICOS

El Cuadro 4.4 detalla un resumen de los datos mensuales y anuales de temperatura ambiente, precipitación, horas sol y vientos del año 2015.

Cuadro 4. 4. Datos de meteorológicos del año 2015

Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura Ambiente													
°C	26,1	25,7	27,3	27,0	26,9	26,8	26,1	26,0	26,8	26,4	26,9	27,0	26
Precipitación													
mm	107,3	209,4	145,6	165,8	133,5	56,5	60,5		2,8	0,4	7,8	2,7	100,4
Horas Sol													
h/s	57	84,9	124,3	144,14	123,4	119,5	85,7	88,1	103,7	65,9	71,5	69,3	63,15
Vientos													
m/s	1,3	1,4	1,6	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,7	1,6	1,7	1,4	1,5

Fuente: Estación Meteorológica ESPAM MFL. 2015

El cuadro 4.4. Indica que el mayor nivel de temperatura ambiente 27°C se dio en Marzo, época de invierno cuando el clima es cálido y lluvioso; y la más baja 26°C se dio en Agosto época de verano donde hay temperaturas más frescas. La precipitación más alta se dio en Febrero con 209,4 mm, evidentemente en época de invierno aumentan las lluvias. El nivel de horas sol tuvo un alcance de 144,14 h/s en Abril y los vientos mantienen valores de 1,3 m/s a 1,7 m/s en todo el año.

4.2.2 DISEÑO DEL INVERNADERO ECOLÓGICO.

En los parámetros de diseño de invernaderos (Cuadro 2.1) se especifican las dimensiones y características de la estructura, cubierta y sistema de climatización del invernadero, a continuación se muestran ilustraciones gráficas del diseño con sus partes y dimensiones establecidas en metros.

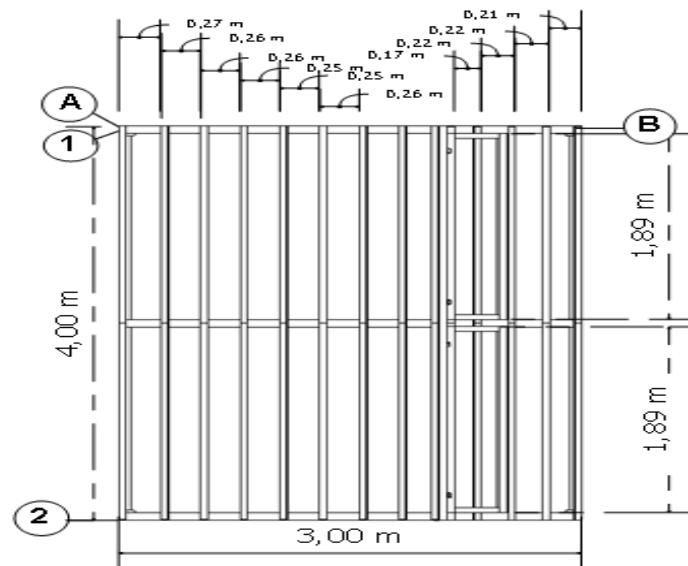


Gráfico 4.11. Planta (Sin escala)

El Gráfico 4.11. indica el ancho del invernadero de 4 m y la longitud de 3 m, lo que resulta un espacio adecuado en el que cómodamente se puedan realizar las actividades de cultivo. Se estructuró el techo con cerchas de entre 0,27 m a 0,21 m con el fin de asegurar mejor la cubierta de láminas de botellas PET.

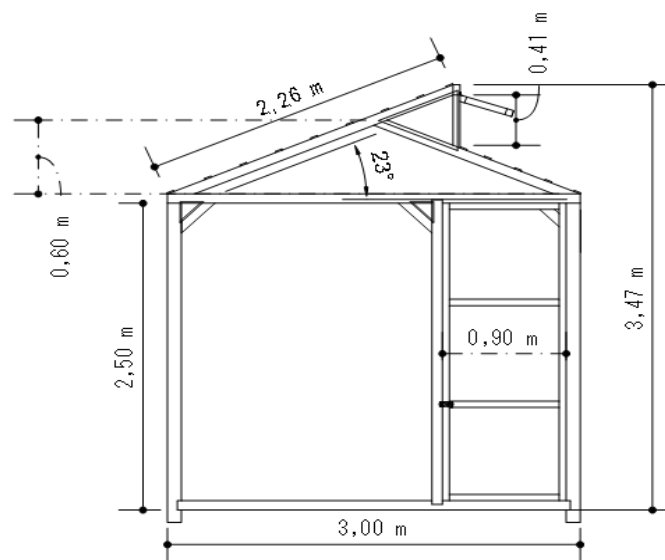


Gráfico 4.12. Fachada frontal (Sin escala)

El Gráfico 4.12. Indica la altura del invernadero de 3,47 m incluyendo las ventanas cenitales, el techo se lo estructuro por cerchas con pendientes de 23° en ambos lados con la intención de favorecer la entrada de luz y facilitar que las gotas de agua, producto de la condensación de la transpiración de las plantas y la evaporación del suelo caigan hacia los lados y no sobre los cultivos. Al mismo tiempo cuenta con dos ventanas cenitales cuyas dimensiones equivalen al 12% de la superficie del suelo cubierto, porcentaje suficiente para una correcta ventilación del invernadero. El ancho de la puerta tiene 0,90 m y así mismo la estructura cuenta con tornapuntas en las esquinas de cada viga de las paredes para frenar los movimientos laterales o de profundidad.

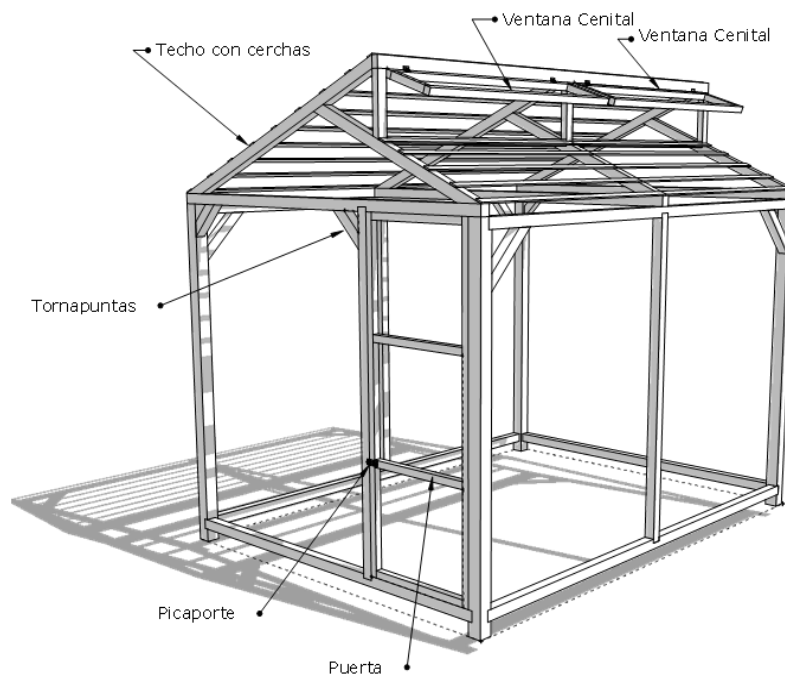


Gráfico 4. 13. Perspectiva isométrica (Sin escala)

El Gráfico 4.13. Muestra una vista isométrica de las partes esenciales de la estructura del invernadero ecológico.

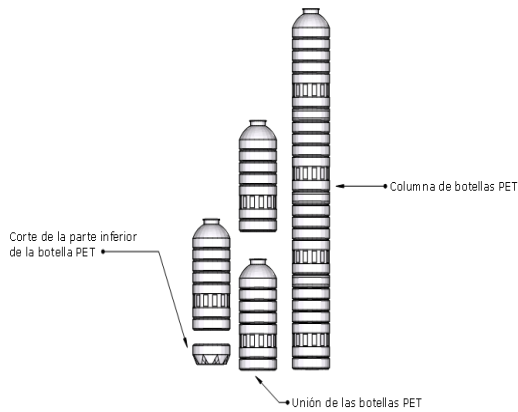


Gráfico 4. 14. Ensamblaje de botellas PET para cubrir las paredes

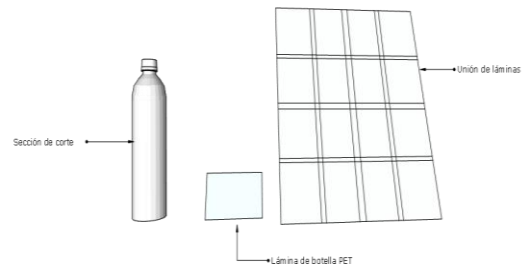


Gráfico 4. 15. Ensamblaje de las botellas PET para cubrir el techo

Las paredes y el techo están cubiertos con botellas PET, las cuales están hecha de un material de alta transparencia y resistente a múltiples agentes químicos. En los Gráficos 4.14 y 4.15. Se presentan esquemas de la técnica de ensamblado de botellas PET, utilizado para cubrir las paredes y el techo del invernadero ecológico.



Gráfico 4. 16. Esquema fotorealista del invernadero ecológico

En el Gráfico 4.16. Representa el diseño 3D renderizado del invernadero ecológico a base de residuos plásticos (botellas PET) mediante los programas informáticos Sketchup Pro y V-Ray.

4.2.3 CONSTRUCCIÓN DEL INVERNADERO ECOLÓGICO

Las dimensiones de la madera, la cantidad de botellas PET utilizadas y los materiales auxiliares se encuentran detallados en el **Cuadro 4.5**

Cuadro 4. 5. Materiales para la construcción del invernadero ecológico

Actividad	Materiales	Cantidad
Estructura Base	Madera 4"x3m	4
	Madera 3"x3m	5
	Madera 3"x4m	4
	Madera 3"x2,35m	2
Cubierta de Paredes	Botellas PET	3721
Estructura de Techo	Madera 3"x2,30	3
	Madera 3"x1,55m	3
	Madera 2"x2m	2
	Madera 1"X2m	8
	Madera 2"x0,43m	3
Cubierta de techo	Botellas PET	304
Estructura de Ventanas	Madera 2"x2m	4
	Madera 2"x0,46m	4
	Madera 2"x4m	1
Cubierta de Ventanas	Botellas PET	28
Estructura de Puerta	Madera 3"x2,42m	1
	Madera 2"x2,32m	2
	Madera 2"x0,90m	4
Cubierta de Puerta	Botellas PET	199
Materiales auxiliares	Grapas de cable	3 cajas
	Alambre	7 rollos
	Clavos	3 libras
	Pega tubo	4 frascos
	Grapas	2000
	Aspersor	1
	Manguera	15m

Fuente: Autores.

Para la cubierta de las paredes y el techo se utilizó un total de 4252 botellas PET, las cuales se distribuyeron de la siguiente manera

Para la cubierta de paredes del invernadero (Anexo 5-B) se usó 3721 botellas PET de 500 ml.

Para la cubierta de la puerta (Anexo 5-D) se utilizó 199 botellas PET de 500 ml las cuales son de un tono azul.

El techo fue cubierto con la unión de 112 láminas (Anexo 5-C) extraídas de botellas PET de 1 litro y 192 láminas de botellas PET de 3 litros, para la

cubierta de las ventanas cenitales del techo se utilizaron 28 botellas PET de 1 litro.

Para sostener las botellas se hizo uso de alambres y grapas de cable.

En el interior del invernadero se realizó la construcción de una mesa para semilleros (Anexo 7-B), dos camas de cultivo con 94 botellas PET (Anexo 7-A), una de ellas de 150 cm de largo y 80cm de ancho y también se utilizaron 35 botellas PET de diferentes tamaños como maceteros (Anexo 7-B).

Descripción de construcción.

En investigaciones realizadas por Adlercreutz y otros (2013), mencionan que el material más utilizado debido por su costo, disponibilidad y de fácil construcción es la madera. Para la construcción del invernadero ecológico se utilizó la madera de laurel como material para la estructura (Anexo 5-A) y para la cubierta de las paredes y techo fueron utilizadas las botellas PET.

Previo a la utilización de las botellas PET recicladas en la carrera de ingeniería ambiental se llevaron a cabo varios procesos como quitar las etiquetas, retirar la tapa, cortar el fondo (Anexo 4-D) y lavar cada botella PET (Anexo 4-E), quedando como resultado la botella transparente y lista para usarla.

La colocación de las botellas PET en las paredes se la efectuó mediante columnas, colocando cada botella una encima de otra (Figura 4.4), sostenidas por un alambre intersectado dentro y fuera de cada sección de las paredes.

Para la colocación de las botellas PET en el techo y ventanas, se utilizó una sección de las botellas PET (Gráfico 4.15) de 1.53 litros y 3 litros, dando como resultado una lámina (Anexo 5.C) para la unión de cada lámina se utilizó grapas y pegamento.

El sistema de riego utilizado fue el riego aéreo por miniaspersión el cual abastece el suministro de todas las plantas que se encuentran dentro del invernadero.

4.3 COMPROBACIÓN DE LA EFICIENCIA Y EFICACIA DEL INVERNADERO ECOLÓGICO

4.3.1 UTILIZACIÓN DEL INVERNADERO ECOLÓGICO.

En una investigación realizada por Iglesias (2006), menciona que las características principales de un invernadero son la eficiencia y eficacia de su producción. Es por eso que una vez culminada la construcción del invernadero ecológico se realizó la distribución de los elementos que se construyeron en el interior del invernadero, las plantas medicinales y ornamentales fueron plantadas en maceteros hechos de botellas PET.

En la mesa se ubicaron semilleros de germinación con hortalizas como tomate (*Solanum lycopersicum*), pimiento (*Capsicum annuum*), repollo (*Brassica oleracea var capitata*) y lechuga (*Lactuca sativa*), para desarrollar la sustentabilidad interna del mismo.

4.3.2 MANEJO DEL CLIMA DEL INVERNADERO ECOLÓGICO

De acuerdo a Ponce (2013) la temperatura y la humedad relativa son variables importantes a controlar y monitorear dentro de un invernadero para mantener las condiciones óptimas del cultivo.

- **Temperatura del aire**

Este parámetro influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. A continuación se muestra el registro de datos de temperatura del aire expresados en °C (Cuadro 4.6) en el interior y exterior del invernadero ecológico, tomados durante el mediodía (12:00 am).

Cuadro 4. 6. Temperatura del aire interior y exterior del invernadero

Tratamiento	Día 1 (°C)	Día 2 (°C)	Día 3 (°C)	Día 4 (°C)	Día 5 (°C)	Día 6 (°C)	Día 7 (°C)	Promedio (°C)
Interior	30,1	28,4	29,8	29,9	30,9	30,1	30,2	29,9
Exterior	28,8	25,4	28,2	27,7	28,5	27,1	28,7	27,7

Fuente: Autores

La temperatura del aire interna del invernadero tiene un aumento considerable en comparación con en el ambiente exterior, el promedio de la temperatura del aire interna del invernadero tuvo un aumento de 2,2° en comparación con la

exterior, este aumento favorece al cultivo en las noches donde la temperatura baja. Esta modificación climática permite avanzar cosechas, aumentar rendimientos o cultivar fuera de época.

- **Humedad Relativa del aire**

El porcentaje óptimo de humedad ayuda al desarrollo de las plantas. En el Cuadro 4.7, se muestra el registro de datos de humedad relativa del aire interior del invernadero ecológico y en el exterior del mismo.

Cuadro 4. 7. Humedad relativa del aire interior y exterior del invernadero

Tratamiento	Día 1 (%)	Día 2 (%)	Día 3 (%)	Día 4 (%)	Día 5 (%)	Día 6 (%)	Día 7 (%)	Promedio (%)
Interior	65	68	66	66	65	65	64	66
Exterior	68	70	68	68	67	68	68	68

Fuente: Autores

Según Perales y otros (2003) el rango óptimo de humedad relativa del aire para los cultivos en invernaderos es entre el 55% y 80%. El promedio de la humedad relativa en el interior del invernadero es 66% lo que comprueba que se encuentra en el rango óptimo debido a que un exceso de ella les resulta perjudicial por favorecer el desarrollo de enfermedades causadas por hongos y bacterias.

- **Riego**

El riego utilizado en el invernadero ecológico es el riego por miniaspersión el cual genera ahorro de agua, el riego se lo realiza por la mañana para minimizar la condensación de la superficie de las hojas cuando termina la tarde, ya que esto podría causar enfermedades al cultivo.

COMPARACIÓN DE NIVELES CLIMÁTICOS

Cuadro 4. 8. Niveles climáticos necesarios para cultivos en invernadero

Especies	Nombre científico	Temperaturas (C°)					HR óptima (%)
		Mínima		Óptima		Máxima biológica	
		Letal	Biológica	Noche	Día		
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	0 – 2	8 – 10	13 – 16	22 – 30	26 – 34	55 – 60
Pimiento	<i>Capsicum annum</i>	0 – 4	10 – 12	16 – 18	22 – 28	15 – 20	65 – 70
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	0 – 2	4 – 6	15 – 18	24 – 29	25 – 35	60 – 80

Fuente: Adaptada (Florián y Roca, 2014)

Los niveles climáticos necesarios para las especies cultivadas en invernaderos (Cuadro 4.8) indican que las temperaturas y la humedad relativa en el interior del invernadero ecológico (Cuadro 4.6 y 4.7) están en el rango adecuado para obtener cultivos eficientes. Los resultados de la producción de los cultivos analizados en el interior y exterior del invernadero se encuentran en el Anexo 8.

4.3.3 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Cuadro 4. 9. Análisis de Precios Unitarios del Invernadero Ecológico

INVERNADERO ECOLÓGICO				
Equipos				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo Total
Aspersor		1	1,50	1,50
Mano de Obra				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo Total
Maestro albañil	Hr			50
Peón de Albañil	Hr			20
Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo Total
Madera 4"x3m	M	4	12	48
Madera 3"x3m	M	5	4,5	22,5
Madera 3"x4m	M	4	5,5	22
Madera 3"x2,35m	M	2	3	6
Madera 3"x2,30	M	3	3	9
Madera 3"x1,55m	M	3	2	6
Madera 2"x2m	M	2	2	4
Madera 1"x2m	M	28	0,50	14
Madera 2"x0,43m	M	3	0,50	1,5
Madera 2"x2m	M	4	2	8
Madera 2"x0,46m	M	4	0,50	2
Madera 2"x4m	M	1	3,50	3,50
Madera 3"x2,42m	M	1	3	3
Madera 2"x2,32m	M	2	2	4
Madera 2"x0,90m	M	4	1	4
Botellas PET	Kg	4272	0	0
Grapas	Caja	4	1,5	6
Alambre	Rollo	7	1	7
Clavos 1/2"	Lb	1	0,5	0,5
Clavos 1"	Lb	1	1	1
Clavos 3"	Lb	1	2	2
Pegatubo	Envase	4	1,5	6
Manguera	M	20	1	20
Transporte				
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo Total
Transporte de madera		1	15	15
TOTAL				286,50

Fuente: Autores

El costo de la implementación del invernadero ecológico a base de botellas (PET) fue de doscientos ochenta y seis dólares con cincuenta centavos (\$286,50) tomando en cuenta que el mayor costo se generó por la estructura de madera a pesar de ser un material de construcción de bajo costo en comparación a los demás materiales utilizados en construcción, el costo de las botellas PET utilizadas para la cubierta de las paredes y techo fue de \$0 debido a que todas fueron recicladas. Una de las ventajas del material usado es que el tiempo de vida útil del plástico PET se estima que es de 500 años y su obtención es de fácil acceso debido a la gran demanda que se genera en el país.

Estos factores hacen del invernadero ecológico un proyecto factible en base al costo y a los beneficios de los materiales utilizado.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El diagnóstico del manejo de los residuos plásticos (botellas PET) demostró que; el 82,97 % de los encuestados reutilizan las botellas, el registro del peso de la generación de residuos durante siete fue de 18,30 kg y la producción per cápita fue de 0,0324 kg/hab*día lo cual indica que cada individuo consume una botella PET por día.
- El invernadero ecológico fue diseñado y construido a base de residuos plásticos (botellas PET) siendo aprovechado el volumen generado de las botellas PET en la Carrera de Ingeniería Ambiental.
- El análisis de precios unitarios comprobó que utilizar las botellas PET para la construcción de un invernadero ecológico es económico.

6.2 RECOMENDACIONES

- Realizar capacitaciones de sensibilización ambiental en la carrera de Ingeniería Ambiental y reducir el uso de los residuos plásticos (botellas PET)
- Que la institución siga realizando proyectos que conlleven a usar materiales reciclables y continúen motivando a los estudiantes para que sean participe de la reutilización de los residuos plásticos (botellas PET).
- Incentivar a la comunidad estudiantil a construir nuevos invernaderos ecológicos debido a que es una herramienta muy útil y sustentable vista desde el ámbito económico ya que sus materiales son de fácil acceso y de bajo costo.

BIBLIOGRAFÍA

- Adlercreutz, E., Huarte, D., López, A., Manzo, E., Szczesny, A., & Liliana, V. (2013). Producción Horticola bajo cubierta. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria).
- Alarcón, I. (2017). Ecuador tiene un déficit en reciclar basura. El Comercio, pág. 1.
- Alesmar, L., Rendón, N., & Korody, E. (2008). Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (pet)- cemento. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela, 1-2.
- Allende, M., Salinas, L., Rodríguez, F., Olivares, N., Riquelme, J., Antúnez, A., . . . Felmer, S. (2017). Manual de cultivo del tomate bajo invernadero. INIA(Instituto de Investigación Agropecuario), 14-15.
- Alvarado, P., & Urrutia, G. (2003). Invernaderos. Revista el Agroeconómico de la Fundación Chile en el número de mayo 2000, 7.
- Andrade, M., & Vélez, P. (2017). Manejo de residuos plásticos en las Carreras de Meio Ambiente y Agroindustria de la ESPAM "MFL". Tesis previo la obtención del título de Ingeniería en Medio Ambiente. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta.
- Baquerizo, N. (2016). Tributos verdes en el Ecuador: impuesto redimible a las botellas plásticas no retornables, periodo 2012- 2014. (Tesis de Magister en Tributación y Finanzas). Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Económicas Maestría en tributación y Finanzas, Guayaquil.
- Bilbao, A. (2015). Desengancharse del plástico.Problemas de un material ubicuo. Madrid: Confederación de Ecologistas en Acción Marqués de Leganés 12-28004 Madrid.
- Castillo, W., & Daquilema, R. (2014). Diseño y construcción de un modelo de máquina expendedora inversa (RVM) automatizada, orientada al reciclaje de botellas plásticas PET para la facultad de Mecánica-

- ESPOCH. (Tesis de Ingeniería Mecánica). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Cayllahua, B. (2014). Láminas de tereftalato de polietileno PET reciclado. Tesis. Ingeniería de Materiales. Arequipa. (Tesis de Ingeniería de Materiales). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa Facultad de Ingeniería de Procesos, Arequipa.
- CEPIS. (2012). Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. Lima: CEPIS.
- CEPIS, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2012). Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. Lima: CEPIS.
- Chacón, M., Pacheco, A., Cendejas, M., & Ortega, F. (2016). Tendencia del crecimiento en la cultura del reciclaje. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 64-65. Obtenido de Ecoembes: <https://www.ecoembes.com/es/planeta-recicla/blog/un-invernadero-con-botellas-de-plastico>
- Cobos, R. (2016). El polietilén tereftalato (PET) como envase de aguas minerales. Facultad de Medicina, Universidad Complutense, Madrid, España, Madrid.
- DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2014). El cultivo del tomate de mesa bajo invernadero, tecnología que ofrece mayor producción, calidad e inocuidad del producto. Colombia: DANE.
- De Pedro, L. (2015). Invernaderos en regiones tropicales y sub-tropicales balance d energía, diseño y manejo del ambiente físico. (Tesis de Especialidad en Cultivos Intensivos). Universidad Nacional del Litoral Facultad de Ciencias Agrarias, Santa Fé.
- Esteve, J. (2012). Todo lo que tienes que saber sobre el plástico y su reciclaje. *Reciclaje Verde*.

- Fernández, M. (2014). Optimización de estructuras de invernaderos por algoritmos genéticos. (Tesis Doctoral). Universidad de Extremadura.
- Flores, L. (2014). Evaluación de proyectos para una empresa sustentable. Tesis de Ingeniero Topógrafo y Fotogrametrista. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, México.
- Florián, P., & Roca, D. (2014). El control del clima de los invernaderos de plásticos. Un enfoque actualizado. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Francescangeli, N., & Mitidieri, M. (2006). El invernadero hortícola estructura y manejo de cultivos. Buenos Aires : Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Frías, C., Ize, I., & Gavilán, A. (2003). La situación de los envases . Gaceta ecológica de plástico en México, 67.
- Gómez, J. (2016). Diagnóstico del impacto del plástico - botellas sobre el medio ambiente: un estado del arte. Trabajo de grado para optar el título como Administrador Ambiental y de los Recursos Naturales. Universidad Santo Tomás, Facatativá, Cundinamarca.
- Heredero, J. (2015). Incidencia que el impuesto redimible a las botellas plásticas no retornables en el sector socio- económico ecuatoriano en el periodo fiscal 2012- 2014. (Tesis de Economista). Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Económicas Carrera de Economía, Guayaquil.
- Huerta, L. (2008). El control ambiental en invernaderos: humedad relativa. Revista Horticultura, 52.
- Ibañez, C. (2016). Determinación del coeficiente de cultivo(KC), para maíz (zea mays L.) bajo invernadero en la granja Santa Ines. (Tesis de Ingeniero Agrónomo). Unidad académica de ciencias agropecuarias, Machala.
- Iglesias, N. (2006). Producción de hortalizas bajo cubierta. INTA(Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), 7-8.

- López, J., & Torrente, R. (2012). Innovación en estructuras productivas y manejo de cultivos en agricultura protegida. Almería: Fundación Cajamarca. Puerta de Pucherna, 10.3 planta- 04001 Almería.
- López, R. (2016). Diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero. Tesis para optar el título de Ingeniero electrónico. Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de ciencias e Ingeniería, Lima.
- Mansilla, L., & Ruiz, M. (2009). Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster. Ingeniería Industrial, 124.
- Mañón, C. (2014). Obtenido de <https://aduanasdigital.gob.do/2014/01/24/las-botellas-plasticas-y-su-amenaza-al-medio-ambiente/>
- Marín, M. (2013). Obtenido de <https://www.portalfruticola.com/assets/uploads/2017/07/Manual-de-Invernaderos-2.pdf>
- Martinez, A., Muñoz, J., & Pascual, A. (2004). Tamaño de muestra y precisión estadística. España: Universidad de Almeira, servicio de publicaciones.
- Martínez, B. (2011). Análisis de precios unitarios. Obtenido de Ecoembes: <http://bladimirmartinezz.blogspot.com/2011/02/analisis-de-precios-unitarios.html>
- Masi, G. (2017). Beplusimage. Obtenido de <http://www.beplusimage.com/blog/que-es-sketchup-definicion/>
- Mercola, J. (2015). Como identificar los plásticos que son dañinos. Mercola Take Control of Your Health, 2.
- Ministerio del Ambiente. (2012). Ministerio del Ambiente. Obtenido de Ministerio del Ambiente: <http://www.ambiente.gob.ec/ecuador-incremento-la-recoleccion-de-botellas-pet-en-2012/>
- Mira, E. (2018). Invernaderos, materiales e insumos en Ecuador. Quito: ICEX.
- Montserrat, J. (2005). Sistemas de riego para uso en viveros. Extra, 2.

- Muñoz, C., Peña, G., & Díaz, R. (2017). Diseño y construcción de invernaderos para Chiloé y `Patagonia Verde. INIA. Instituto de investigaciones Agropecuarias, Chile.
- Ocampo, A. (2014). Análisis estático de los esfuerzos y deformaciones de la estructura de un invernadero tipo ventila, cenital ubicado en Veracruz. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 4.
- Ortega, M., Ocampo, M., Sandoval, C., & Martínez, V. (2014). Caracterización y funcionalidad de invernaderos en Chignahuapan Puebla, México. *Revista Bio Ciencias*, 261-270.
- Pabón, J., & Prieto, J. (2016). Diseño del plan de intervención para minimizar el impacto ambiental generado por la acumulación de las botellas PET en el barrio Salsipuedes Municipio de Girardot Cundinamarca 2016. (Tesis de Ingeniería Ambiental). Universidad de Cundinamarca Facultad de ciencias administrativo agropecuario, Girardot.
- Paiva, F., & Oliva, I. (2014). El diagnóstico en la escuela como proceso de subjetivación: complejidad, aprendizaje y dominios de observación. *Polis, Revista de la Univrsidad Bolivariana*, 131-143.
- Paz, S. (2017). Tendencia del comercio eléctrico en movilidad (MCOMMERCE). *Revista científica del departamento de informática y sistemas*.
- Perales, A., Perdignes, A., García, L., Montero, I., & Antón, A. (2003). El control de la condensación en invernaderos. *Revista Horticultura*, 16.
- Peralta, J. (2016). Estructura de costos en cultivos de Chiltoma bajo invernaderos y determinación de la rentabilidad financiera, en la Universidad Católica del trópico seco Esteli periodo 2015. (Tesis de Máster n contabilidad con Énfasis en Auditoria. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua UNAN- Managua, Estelí.
- Pérez, H., & Cortés, M. (2007). Simulación y control de la temperatura dentro de un invernadero. Tesis de Ingeniero de Diseño y Automatización

electrónica. Universidad de la Salle Facultad de Ingeniería de diseño y automatización electrónica, Bogotá.

Ponce, P. (2013). Obtenido de <https://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/tu-primer-invernadero-manejo-de-temperatura-riego-y-mas-parte-ii/>

Pumagualli, H. (2016). Estudio del reciclaje de botellas plásticas PET para el Cantón Samborondón. (Tesis de Magister en Administración de empresas mención negocios internacionales. Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Administrativas Maestría en Administración de Empresas con mención en negocios internacionales, Guayaquil.

RECOUP, Recycling of used plastics. (2016). Envases de plástico Diseña para reciclar. Ecoembes, 27-28.

Reyes, C. (2013). El PET como sistema alternativo para la construcción de muros en la vivienda. Tesis para optar por el grado de Maestría en diseño. Universidad Autónoma Metropolitana Acapozalco, México.

Rivera, M. (2014). El reciclaje de botellas plásticas y el Buen Vivir en el colegio técnico Autachi de la comunidad de Nitiluisa en la parroquia del Calpi del Cantón Riobamba en la Provincia de Chimborazo. (Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Educación Mención Ciencias Naturales. Universidad Tecnológica Equinoccial, Riobamba.

Salazar, L. (2013). Máquina extrusora para reciclaje de plástico. Universidad Técnica del norte, 1-9.

Salcedo, F., Barrios, R., García, M., & Váldez, T. (2005). Distribución de agua en un sistema de microaspersión sobre un ultisol cultivado con Lima Tahití en el estado Monagas, Venezuela. Revista UDO Agrícola 5(1), 88.

Santiago, Y. (2014). Diseño de un invernadero para la producción de planta hortícola en la comarca de los Valles de Benavente (Zamora). Grado de Ingeniería Agrícola y del Medio Rural. Universidad de Valladolid Campus de Palencia, Palencia.

- Santos, B., Obregón, H., & Salamé, T. (2010). Producción de hortalizas en ambientes protegidos: Estructuras para la agricultura protegida. Universidad Florida IFAS Extensión, 1-4.
- Schinelli, T. (2002). Diseño de Invernaderos. Diseño de invernaderos.
- Serrano, Z. (2005). Construcción de invernaderos. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Simbaña, E., & Chiza, E. (2012). Construcción de un Prototipo de máquina tapadora de botellas rosca estandar de 500 ml controlada mediante un PLC para microempresas. (Tesis de Tecnólogo en mantenimiento industrial). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Solano, X., & Vera, E. (2011). Estudio de mercado para la implementación de un proyecto de reciclaje de plástico en el Distrito Metropolitano de Quito. Tesis de Magister Internacional en Administración de empresas. Escuela Politécnica del Ejercito, Sangolquí.
- Valencia, M., Muñetón, G., Vanegas, J., & Restrepo, J. (2017). Brechas entre hábito y actitud en el consumo de bebidas empacadas en Pet, Medellín-Colombia. Producción mas Impia, 5.
- Valle, C. (2013). Utilización de botellas plásticas tipo PET como unidad estructural para mampostería liviana. (Tesis Ingeniería en Biotecnología Ambiental). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Villagrán, E. (2016). Diseño y evaluación climática de un invernadero para condiciones de clima intertropical de montaña. (Tesis de Magister en Ingeniería- Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería, Bogotá.
- Villegas, L. (2017). Análisis de precios unitarios. La determinación del precio unitario (P.U.) de una actividad o partida juega un papel fundamental para establecer valores que determinan los costos de una obra, (pág. 3).

Zamudio, K., & Cuervo, L. (2013). Obtención del bis-hidroxi Etilen Tereftalato (BHFT) por el método de glicosilación a partir del PET Post- consumo grado botella. Tesis de Ingeniería Químico Industrial. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería e Industrias Extractivas, México.

ANEXOS

Anexo 1. Entrevista dirigida al personal de limpieza de la carrera de Ingeniería Ambiental



TEMA: INVERNADERO ECOLÓGICO A BASE DE RESIDUOS PLÁSTICOS (BOTELLAS PET) EN EL VIVERO DE LA ESPAM "MFL"

Nombre:

Fecha:

1. ¿Cuál es el horario en que realizan sus actividades de limpieza dentro de la carrera de Ingeniería Ambiental?

.....

2. ¿Cuál cree usted que es el beneficio que ofrece tener un contenedor de hierro para botellas plásticas en la carrera?

.....

3. ¿Todos los residuos de botellas PET son depositadas en el contenedor de hierro ubicado en el hall de la carrera?

.....

4. ¿Qué se hace con las botellas PET del contenedor?

.....

5. ¿Cree usted que la cantidad de residuos de botellas PET generados en la carrera sirvan para la construcción de un invernadero ecológico?

.....

Anexo 2. Encuesta dirigida a los estudiantes, docentes y administrativos de la carrera de Ingeniería Ambiental



**INVERNADERO ECOLÓGICO A BASE DE RESIDUOS PLÁSTICOS
(BOTELLAS PET) EN EL VIVERO DE LA ESPAM “MFL”**

La presente encuesta tiene como finalidad conocer la percepción de los estudiantes, docentes y administrativos de la carrera de ingeniería ambiental acerca de los residuos de envases plásticos (botellas PET).

Sexo: Mujer ()
Hombre ()

Edad:

Fecha:

Indicación: Por favor conteste el presente cuestionario según su criterio.

¿Sabía usted que una botella plástica PET tarda en degradarse hasta 500 años?

SI () NO ()

¿Aporta usted con el ambiente reutilizando las botellas plásticas PET?

SI () NO ()

¿Cree usted que el reutilizar las botellas plásticas PET ayuda al medio ambiente?

SI () NO ()

¿En caso de reutilizar una botella plástica PET cuantas veces lo hace?

Una vez () Dos veces () Tres veces () Cinco veces ()

¿En caso de reutilizar una botella plástica PET con que líquido la utiliza?

Agua Leche Café Jugos Otros (Especifique)

¿Con que frecuencia utiliza un envase nuevo de botellas plásticas PET?

- Todos los días
- Una vez a la semana
- Cada quince días
- Nunca

¿Deposita usted los residuos plásticos (botellas PET) en el contenedor de hierro ubicado en el hall de la carrera de Ingeniería Ambiental?

SI () NO ()

¿Usted separa los envases de botellas plásticas PET de la basura común?

SI () No ()

¿Ha recibido algún tipo de capacitación sobre la contaminación al ambiente por los envases de botellas plásticas PET?

SI () NO ()

¿Estaría de acuerdo en aprovechar los residuos plásticos (botellas PET) para la implementación de un invernadero ecológico?

SI () NO ()

Anexo 4. Registro fotográfico – Diagnóstico de residuos de Botellas PET

Anexo 4-A. Entrevista al personal de limpieza



Anexo 4- B. Encuesta a los estudiantes



Anexo 4-C. Caracterización de los residuos



Anexo 4-D Corte de etiqueta



Anexo 4-E. Limpieza de botellas PET



Anexo 5. Registro fotográfico – Construcción del invernadero ecológico

Anexo 5-A. Construcción de la estructura



Anexo 5-B. Cubierta de paredes



Anexo 5-C. Cubierta del techo



Anexo 5-D. Cubierta de puerta



Anexo 6. Registro fotográfico – Temperatura del ambiente

Anexo 6-A. Temperatura al exterior del Invernadero



Anexo 6-B. Temperatura al interior del invernadero



Anexo 7. Registro fotográfico – Interior del invernadero

Anexo 7-A. Cama de cultivo



Anexo 7-B. Mesa para semilleros



Anexo 8. Registro fotografico. Comparación de cultivos en el interior y exterior del invernadero

Anexo 8-A. Comparación del cultivo de col en el interior y exterior del invernadero

Exterior



Interior



Anexo 8-B. Comparación del cultivo de lechuga en el interior y exterior del invernadero

Exterior



Interior

**Anexo 8-C. Comparación del cultivo de tomate en el interior y exterior del invernadero**

Exterior



Interior

**Anexo 8-D. Comparación del cultivo de ciruelo en el interior y exterior del invernadero**

Exterior



Interior

