

## **SIMPOSIO NO. 1 CIENCIA Y TÉCNICA**

**TEMA: INDICADORES TERMOECONOMICOS DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE 10 hp USANDO DIESEL-BIODIESEL A PARTIR DEL ACEITE DE HIGUERILLA (*Ricinus communis L.*)**

**AUTOR: ING. MANUEL RICARDO SALTOS GILER, MSC.**

El presente trabajo investigativo en la parte de sembrado de los materiales agrícolas se realizó durante la época de verano del 2011 en el Campus Politécnico de la ESPAM MFL, en el área de cultivos de la Carrera de Agrícola. El sembrío objeto de estudio se encuentra en una posición sur-este con respecto a la Universidad con los puntos satelitales **0590750- 9908856** en coordenadas **UTM 17M**. Ubicado en Calceta, cabecera cantonal de Bolívar de la provincia de Manabí, situada geográficamente entre las coordenadas 0°49'27" latitud sur, 80°10'47.2" longitud oeste y una altitud de 36 msnm.

### **CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS<sup>1</sup>**

**Tabla 1 Características climatológicas del lugar del sembrío Establecidas por la estación meteorológica**

<b>Temperatura Máxima:</b>	30.4 °C
<b>Temperatura Mínima:</b>	21.5 °C
<b>Temperatura Ambiente:</b>	26 °C
<b>Evaporización:</b>	1739.5
<b>HR:</b>	80.9
<b>Precipitación:</b>	527.9
<b>Recorrido del viento:</b>	5982.4
<b>Hora se Sol:</b>	1325.4

### **METODOLOGÍA**

El sembrío de la higuierilla (*Ricinus communis L.*) se inició el 9 de mayo del 2011 en los terrenos del campus politécnico de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Actualmente tiene una edad de 42 semanas desde la siembra hasta la fecha, con germinaciones establecidas en las plantas, con un

---

<sup>1</sup>Estación meteorológica de la INAMI-ESPAM, citada por Moreira, Ing. Juan (2011).

distanciamiento diferente para cada una de las variedades y se estableció de la siguiente forma:

La medición del terreno estuvo a cargo de los docentes de la carrera de Agrícola. Este se preparó con un tractor agrícola y su implemento de romploneado que resulta adecuado para este tipo de actividad. También se realizó la construcción de una calicata para la evolución del terreno según los parámetros establecidos dentro de las normas. Además se hizo un muestreo de suelo con la asistencia técnica del Ing. Fredy Mesías Gallo en la superficie para analizarlo en los laboratorios de la ESPAM. Se seleccionaron cuatro variedades entre el INIAP y el autor, pero se sembraron sólo tres variedades ya que se encontraban en las dos clasificaciones generales que realizaron ambas partes.

En la evaluación de un semestre de análisis de la recolección de las variedades una de ellas aparece clasificada como: **“2010-40 Café rojiza alargada mediana con rayas plateadas semiclaras”** pero a los efectos de la investigación fue nombrada: S<sub>M1-11</sub>; por la selección de INIAP que es también equivalente a la del autor.

Se realizó una limpieza del terreno a sugerencia del Ing. Edilberto Mendoza cuidando que no repercutiera en la erosión del mismo por la sequedad. Se aplicó urea orgánica con supervisión del Dr. Ricarte Saltos Macías y también se efectuó la poda de las plantas con la cual se mejoró la cantidad de magües en germinación. Esta mejora se observó dentro de todo el sembrío.

Hubo recolecciones de las semillas de modo independiente para realizar mediciones de cada una de ellas y obtener tabulaciones y resultados de este proceso agrícola. Además se analizaron los productos antes seleccionados y se obtuvo aceite y biodiesel en los laboratorios de biotecnología de la carrera de Medioambiente.

## **PROCEDIMIENTO**

### **MEDICIÓN DEL TERRENO**

En los terrenos del campo politécnico de la ESPAM MFL se midieron 10,000 m<sup>2</sup> y esta cantidad se compartió en las zonas deseadas.

### **PREPARACIÓN DEL TERRENO**

Se realizaron distintas faenas agrícolas en dos terrenos diferentes para la obtención del consumo de combustible por parte del tractor agrícola con sus implementos. Después de obtener los datos deseados se preparó el terreno con un solo implemento que fue el de romploneado ya que no se efectuaron faenas de riego.

## **ANÁLISIS DE SUELO**

En la investigación se estudió la composición de la tierra y sus características para tener una información apropiada del terreno en la toma de muestra de las diferentes capas del suelo con la calicata elaborada para la determinación de: textura, estructura, densidad aparente, densidad real, índice de pegacidad, índice de encogimiento, ph., capacidad de la mínima y la máxima retención de agua, entre otros con los minerales e insumos de la misma, donde se realizó:

- a) **Elaboración de implementos:** se elaboraron varios implementos en taller de tornería para realizar el muestreo del terreno.
- b) **Elaboración de calicatas:** la calicata debe tener un largo de 2mt, ancho de 1 mt y una profundidad de 1,5 mt.
- c) **Implementos de laboratorios:** se utilizaron equipos e insumos para la obtención de muestras en el análisis de suelo.

Toma de muestra de suelo para procesarla en los Laboratorios de la Estación Experimental Tropical de Pichilnue del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

## **UTILIZACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA**

En los artículos de higuera o estudios que se han realizado solo se habla de una precipitación donde la planta puede sobrevivir, crecer y producir con un rango de 700 a 1000 ml. de agua en precipitación por año y con baja humedad relativa. Dicha estación es producto del convenio entre INAMI y la Escuela Superior Politécnica de Manabí, para la obtención de datos eficientes de las condiciones meteorológicas de la zona de influencia y el sustento técnico del trabajo de investigación en los puntos de precipitación, evaporación, velocidad de viento, heliofania, temperatura máxima, temperatura mínima, entre otros parámetros.

En la estación meteorológica aparecen los siguientes equipos:

- a) Termómetro seco
- b) Termómetro húmedo
- c) Termómetro de temperatura máxima
- d) Termómetro de temperatura mínima
- e) Heliógrafo
- f) Bandas o fajas registradoras
- g) Pluviómetro
- h) Pluviógrafo
- i) Probeta y cilindro, entre otros.

**SEMBRÍA Y SEMILLAS.-** El suelo debe tener una consistencia donde se dé una buena aireación, poco compactado y con buen drenaje. Si se cuenta con estas características, las demás se pueden arreglar mediante la aplicación de

productos requeridos como la materia orgánica, teniendo listo el terreno, y realizando un pequeño labrado después de 21 días como mínimo. Entonces se pasa a la parte del cultivo donde es importante conocer de dónde proviene la semilla, de qué área y qué condiciones climáticas existen en el sector recolectado ya que existen diferentes variedades.

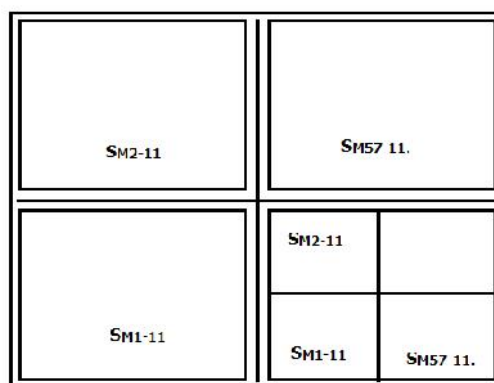
Algunas de las características que se deben tener en cuenta para escoger la semilla son:

- Altura sobre el nivel del mar. Se puede encontrar la semilla hasta 2800 msm.
- Humedad relativa y general.
- Cantidad de precipitación de agua.
- Características de suelo.
- Drenaje.

Como la selección de la semilla fue establecida por INIAP y por el autor dentro de la recolección realizada, se procede a la siembra programada.

[La semilla se dejó remojar por 12 horas para hidratarla y ganar unos días en la germinación, el tiempo de sembrado fue de 3 días en una extensión de una hectárea de terreno y se realizó de la siguiente forma:](#)

- A. Tres cuartas partes de la hectárea se hace de la siguiente forma:
  1. Siembra de la parcela  $S_{M1-11}$ : se realizó de tres metros de ancho por un metro y medio entre planta.
  2. Siembra de la parcela  $S_{M2-11}$ : se realizó de tres metros de ancho por un metro y medio entre planta.
  3. Siembra de la parcela  $S_{M57-11}$ : se realizó de tres metros de ancho por un metro y medio entre planta.
- B. En una cuarta parte de la hectárea se hace de la siguiente forma:
  1. Siembra de la parcela  $S_{M1-11}$ : se realizó un metro y medio por un metro entre planta.
  2. Siembra de la parcela  $S_{M2-11}$ : se realizó un metro y medio por un metro entre planta.
  3. Siembra de la parcela  $S_{M57-11}$ : se realizó un metro y medio por un metro entre planta.
- C. En un cuarto de hectárea se realiza de la siguiente manera:
  1. Siembra de la parcela  $S_{M2-11}$ : se realizó un metro y medio por un metro entre planta.



**FIGURA 1 DELIMITACIÓN DEL TERRENO EN SEMBRÍO**

Además se sembró en los linderos externos y divisiones de las parcelas con una variedad de Piñón entregada por INIAP a una distancia entre planta de tres metros. La variedad se utiliza para el programa de biocombustible del Ministerio de Energía Renovable, para el abastecimiento de aceite de piñón a la Isla Floreana.

**INSUMOS Y FERTILIZANTES.-** No se le aplicó a la plantación agrícola ningún insumo agrícola comprado para el mejoramiento del suelo pero si se aplicó una sola bombeada de urea orgánica que se elaboró con excretas de ganado vacuno con una fermentación y aireación de 10 días para la planta y su semilla.

Pero la literatura indica, en caso de utilizar nitrógeno inorgánico, que el equivalente de este no debe pasar los 24 Kg. por Ha o 50 gr., x de Urea por planta, pero si se utiliza nitrógeno orgánico no se debe exceder los 8 Kg. (de nitrógeno) por hectaria o 350 gr. por planta de gallinaza (según la región, la gallinaza puede contener más o menos nitrógeno). Cualquier exceso de nitrógeno en la higuierilla producirá un agrandamiento de la planta, y esto no ayuda a la adecuada formación de semilla.

**RIEGO.-** A la plantación no se le ha realizado ninguna clase de riego establecido, solamente con las condiciones climatológicas donde se ha tenido precipitaciones establecidas y registradas en la estación meteorológica de la INAMI-ESPAM MFL.

**HERBICIDAS.-** No se aplicó ningún tipo de herbicida ya que se quiere ser sustentable en la parte de sembrío totalmente con sello verde y que además la plantación no necesite de estos productos.

**ENFERMEDADES.-** En el cultivo de la higuierilla se pueden presentar algunas enfermedades que pueden convertirse en un factor limitante de la producción, debido a que bajo condiciones favorables puede ocasionar pérdidas. La plantación de higuierilla puede tener las siguientes enfermedades establecidas en la bibliografía.

**LIMPIEZA Y PODA.-** La plantación se ha llevado a cabo desde los primeros días sin ningún tipo de limpieza del terreno o alrededor de la planta a sugerencia del Ing. José Ediberto Mendoza, director de área de oleaginosas de INIAP Portoviejo, que propuso no se limpiara la capa vegetativa y se cortara a una altura no superior a los 15 cm, para evitar que el suelo se erosionara. Seguir sus consejos hizo posible la sustentabilidad de la producción.

La poda se llevó a cabo en las ramificaciones innecesarias y en las hojas para lograr un mejor follaje.

### **RECOLECCIÓN DEL GRANO O SEMILLA**

En las primeras recolecciones de magües y de las semillas se encontró que la plantación con semillas  $S_{M2-11}$  contiene mayor cantidad de frutos y la semilla contiene a simple compresión entre los dedos de una persona, una cantidad significativa de aceite.

Existen 520 plantas por cuarto de hectárea sembrada en cada plantación. De los frutos de cada una de las plantaciones se toman 20 grupos de semillas de cada una de las clasificaciones sembradas  $S_{M1-11}$ ;  $S_{M2-11}$ ;  $S_{M57-11}$ ; y cada una de ellas contiene diez semillas en la cual se realizan mediciones como:

Muestras de semillas en una cantidad de 10 unidades	Promedio Longitud mm.	Promedio Ancho mm.	Promedio Espesor mm.	Promedio Volumen $cm^3$	Promedio Peso gr.	Promedio Densidad $gr/cm^3$
---	-----------------------	--------------------	----------------------	-------------------------	-------------------	-----------------------------

Promedio Volumen Aparente $cm^3$	Promedio Densidad aparente $gr/cm^3$	Promedio Media arit. de la longitud mm.	Promedio Media arit. de Ancho mm.	Promedio Media arit. del Espesor mm.	Promedio Densidad media aritm. $gr/cm^3$	Promedio Peso media aritm. Gr.	Promedio Volumen medio $cm^3$
----------------------------------	--------------------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------------------	--	--------------------------------	-------------------------------

**ANÁLISIS DE LA SEMILLA** Se realizaron 9000 mediciones en total, con cada una de las variedades seleccionadas de higuierillas recolectadas entre el autor y las sugeridas por INIAP, donde se obtuvieron de los siguientes resultados para facilitar la tabulación y evaluación de los resultados como se muestra en las siguientes tablas.

**TABLA 8 - SM1-11** 2010-40 Rojiza fuerte alargada grande con rayas doradas

Muestras de semillas en una cantidad de unidades	Promedio Longitud mm.	Promedio Ancho mm.	Promedio Espesor mm.	Promedio Volumen cm <sup>3</sup>	Promedio Peso gr.	Promedio Densidad gr/cm <sup>3</sup>	Promedio Volumen Aparente cm <sup>3</sup>	Promedio Densidad aparente gr/cm <sup>3</sup>	Promedio Media arit. de la longitud mm.	Promedio Media arit. de Ancho mm.	Promedio Media arit. del Espesor mm.	Promedio Densidad media aritm. gr/cm <sup>3</sup>	Promedio Peso media aritm. Gr.	Promedio Volumen medio cm <sup>3</sup>
1	19,63	12,28	7,39	0,92	0,76	0,83	1,78	0,4266291	19,4435	12,3345	7,3810	0,4401	0,7790	0,9205
2	19,52	12,34	7,38	0,91	0,77	0,85	1,78	0,4331511						
3	19,41	12,33	7,39	0,93	0,77	0,83	1,77	0,4353692						
4	19,39	12,32	7,39	0,92	0,78	0,85	1,77	0,4418366						
5	19,51	12,36	7,38	0,91	0,78	0,86	1,78	0,4382909						
6	19,36	12,34	7,39	0,92	0,78	0,85	1,77	0,441804						
7	19,41	12,34	7,39	0,92	0,77	0,84	1,77	0,4350164						
8	19,48	12,33	7,38	0,92	0,78	0,85	1,77	0,440034						
9	19,45	12,32	7,39	0,93	0,78	0,84	1,77	0,4404736						
10	19,47	12,35	7,38	0,93	0,77	0,83	1,77	0,4339118						
11	19,42	12,34	7,36	0,92	0,79	0,86	1,76	0,4479039						
12	19,40	12,35	7,36	0,92	0,79	0,86	1,76	0,4480027						
13	19,48	12,33	7,38	0,91	0,78	0,86	1,77	0,440034						
14	19,38	12,34	7,38	0,92	0,79	0,86	1,76	0,4476121						
15	19,47	12,32	7,39	0,93	0,78	0,84	1,77	0,4400211						
16	19,39	12,34	7,38	0,93	0,77	0,83	1,77	0,4360551						
17	19,39	12,32	7,39	0,91	0,77	0,85	1,77	0,436172						
18	19,42	12,34	7,37	0,92	0,79	0,86	1,77	0,4472962						
19	19,43	12,34	7,38	0,92	0,80	0,87	1,77	0,4521116						
20	19,46	12,36	7,37	0,92	0,78	0,85	1,77	0,4400133						



## MANO DE OBRA DEL PROCESO AGRÍCOLA

Su trabajo realizó los siguientes pasos:

- Preparación del terreno
- Construcción de calicatas
- Análisis de suelo
- Siembra
- Producción de insumos orgánicos
- Limpieza
- Poda
- Recolección o cosecha del grano
- Descascarillado del fruto

## ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROCESO AGRÍCOLA

### DETALLE DE RUBROS EN EL PROCESO AGRÍCOLA

#### Rubro de muestras de suelo

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Construcción de Calicata	Unidad	1,00	\$30,00	\$30,00
Tomas de muestras	Unidad	1,00	\$50,00	\$50,00
Análisis de suelo	Unidad	1,00	\$120,00	\$120,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$200,00</b>

**Rubro de herramienta  
manuales**

<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Machetes	Unidad	6,00	\$8,00	\$48,00
Abre hoyos	Unidad	1,00	\$25,00	\$25,00
Palas	Unidad	2,00	\$15,00	\$30,00
Pico	Unidad	1,00	\$10,00	\$10,00
Canastas plásticas	Unidad	2,00	\$25,00	\$50,00
Sacos	Unidad	50,00	\$0,50	\$25,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>188,00</b>

**Rubro de limpieza y poda**

<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Limpieza	Unidad	3,00	\$30,00	\$90,00
Poda	Unidad	2,00	\$20,00	\$40,00
<b>TOTAL</b>				<b>130,00</b>

**Rubro de producción de urea orgánica**

<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Tanques metálicos	Unidad	5,00	\$14,00	\$70,00
Agua	m3	5,00	\$0,25	\$1,25
Sacos	Unidad	25,00	\$0,50	\$12,50
Excretas	m3	2,00	\$5,00	\$10,00
Mano de obra	Unidad	5,00	\$12,00	\$60,00
<b>TOTAL</b>				<b>153,75</b>

**Rubro de cosecha**

<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Jornales en recolección	Unidad	60,00	\$10,00	\$600,00
Desgranar el producto	Unidad	167,27	\$3,00	\$501,81
<b>TOTAL</b>				<b>1101,81</b>

**RESUMEN DE GASTOS**



DESCRIPCION	COSTO TOTAL
2.4.13.1.1.- RUBRO DE TERRENO	\$280,00
2.4.13.1.2.- RUBRO DE SIEMBRA DEL TERRENO	\$96,90
2.4.13.1.3.- RUBRO DE MUESTRAS DE SUELO	\$200,00
2.4.13.1.4.-RUBRO DE HERRAMIENTAS MANUALES	\$188,00
2.4.13.1.5.- RUBRO DE LIMPIEZA Y PODA	\$130,00
2.4.13.1.6.-RUBRO DE PRODUCCION DE UREA ORGANICA	\$153,75
2.4.13.1.7.- RUBRO DE COSECHA	\$1.101,81
<b>TOTAL</b>	<b>\$2.150,46</b>

### COSTOS DE PRODUCCIÓN

#### Venta por semilla

CONCEPTO	VALOR UNITARIO	PRODUCCION ANUAL	VALOR TOTAL
Quintales de Semillas	17,00	167,27	\$2.843,60
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$2.843,60</b>

SM1-11		SM2-11		SM57-11	
Plantas x Hectarias	2.222,22	Plantas x Hectarias	2.222,22	Plantas x Hectarias	2.222,22
Racimos*año	106.666,67	Racimos*año	106.666,67	Racimos*año	106.666,67
Frutos	3.626.666,67	Frutos	5.013.333,33	Frutos	4.693.333,33
Semillas	10.880.000,00	Semillas	15.040.000,00	Semillas	14.080.000,00
Peso en gr.	8.377.600,00	Peso en gr.	7.520.000,00	Peso en gr.	9.856.000,00
peso en Kgr.	8.377,60	peso en Kgr.	7.520,00	peso en Kgr.	9.856,00
Analisis de aceite %	23,71	Analisis de aceite %	28,85	Analisis de aceite %	19,89
Produccion de Aceite	1986,32896	Produccion de Aceite	2169,52	Produccion de Aceite	1960,3584

### Emisiones producto del cultivo y extracción de la materia prima

Si se observa detenidamente la contaminación ambiental en las faenas agrícolas, se pueden calcular los gr. CO<sub>2</sub>/MJ\*ha., en comparación con otros productos. De esta forma se calculan las emisiones de gr. CO<sub>2</sub>/MJ que son un promedio de 2651,56 gr. CO<sub>2</sub> por litro de diesel convencional consumido. Además se conoce que en promedio se consumen 33,44 MJ/ha en los distintos tipos de labores agrícolas<sup>2</sup>

Por tanto se emiten también en promedio 0,7929 gr. CO<sub>2</sub>/MJ por litro de diesel convencional consumido. A partir de este último dato puede calcularse de forma indirecta el total de emisiones en gramos (g) de CO<sub>2</sub> por hectárea.

<sup>2</sup>(Donato &Huerga, 2007).

**Tabla 2 emisiones producto del cultivo y extracción de la materia prima**

<b>Tipo de labores agrícolas</b>	<b>Total de combustible consumido (lts/ha)</b>	<b>Total de energía consumida (MJ/ha)</b>	<b>Total de emisiones de CO<sub>2</sub> (g CO<sub>2</sub>/MJ*ha)</b>
Soja de 1º convencional	59,8	2000	47,41
Soja de 1º S D	43,8	1465	34,73
Soja de 1º SD con tecnología de punta	53,58	1792	42,48
Soja de 2º SD	36,75	1229	29,14
Higuerilla 3 labores	22,72	759,732	18,01
Higuerilla 1 labores	9,465	316,580	7,50

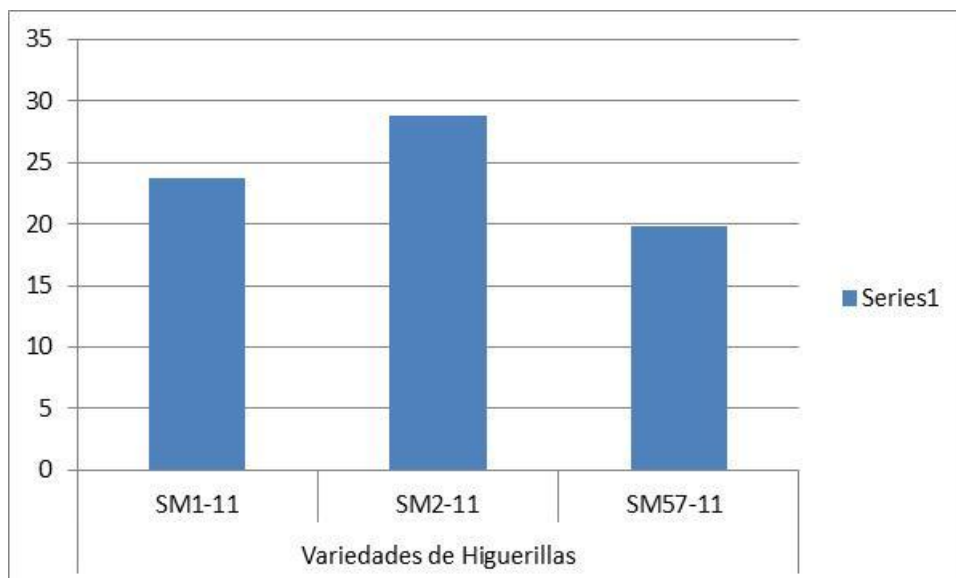
### **III ANÁLISIS DEL ACEITE DE HIGUERILLA**

**Análisis de la semilla en contenido de grasa.-** Se realizó un análisis en el laboratorio de la ESPAM para determinar la cantidad de aceite que contienen estas semillas y la que arrojó mejor resultado fue la SM<sub>2-11</sub> ya que tiene un porcentaje de 28,85 en tiempo de sequedad establecido en Octubre del 2011. Se realizó la prueba con el método ADAC 17, se tomaron 5 muestras más para realizar análisis complementarios que se encuentran en ese promedio.

Desde el mes de enero hasta febrero no se han hecho pruebas de análisis ya que la época invernal tiene una gran precipitación y no es normal para el sembrío y se observan los volúmenes de precipitación en las tablas entregadas por la estación meteorológica de la ESPAM - INAMI

**Tabla 12 variedades de higuerillas en aceites**

	<b>SM1-11</b>	<b>SM2-11</b>	<b>SM57-11</b>
<b>Aceite %</b>	23,71	28,85	19,89



**GRAFICA 19 CONTENIDO DE GRASA DE 3 VARIEDADES DE HIGUERILLAS EN ACEITES**

**Composición de la semilla y aceite de higuierilla**

Aceite	46,19 %
Almidón	20.00 %
Fibra leñosa	20.00 %
Agua	7,09 %
Goma	4,31 %
Resina bruta y Principios amargos	1,91 %
Albumina	0,50 %
Total	100.00 %

Ácido Recinoleico	70 %
Acido Ricino	12 %
Acido Oleico	12 %
Índice de Saponificación	181 %
Índice de Refracción	1.74
Densidad	0.964 kg/m <sup>3</sup>

**.-DETALLE DE RUBROS DE ACEITE Y TRANSESTERIFICACIÓN**

**COSTOS DE PRODUCCIÓN**

**VENTA POR ACEITE**

<b>CONCEPTO</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>PRODUCCION ANUAL</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Litros de Aceite	2.193,52	2,00	\$4.387,05
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$4.387,05</b>