

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



APROVECHAMIENTO DE ACEITE DE HIGUERILLA
(*Ricinus communis* L.), EN LINARES, NUEVO LEÓN,
MÉXICO.

MIGUEL GONZÁLEZ GONZÁLEZ

T E S I S

Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**

T E S I S

**APROVECHAMIENTO DE ACEITE DE HIGUERILLA
(*Ricinus communis* L.), EN LINARES, N.L.**

Presentada por:

Ing. MIGUEL GONZÁLEZ GONZÁLEZ

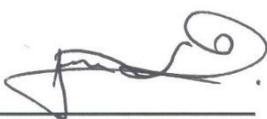
Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES

FIRMAS DEL COMITÉ EVALUADOR DE TESIS:



Dr. José Guadalupe Marmolejo Moncivais
Director



Dr. Luis Rocha Domínguez
Asesor



Dr. César Cantú Ayala
Vocal



Dra. María de los A. Rechy Carvajal
Asesor externo



Dr. Juan Gabriel Álvarez González
Asesor externo

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. María de los A. Rechy Carvajal por su apoyo en todo momento y asesoría, también por abrir las puertas de su casa que al mismo tiempo fue el laboratorio para los análisis y experimentos.

Por sus aportaciones y la revisión de este documento al Dr. Luis Rocha Domínguez, Dr. César Cantú Ayala y el Dr. José Guadalupe Marmolejo Moncivais.

Al Dr. Juan Gabriel Álvarez González por la oportunidad de recibimiento y enseñanza; en la estancia en Lugo, España.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)

A la Facultad de Ciencias Forestales – UANL, en especial al técnico Alejandro que con su apoyo se logro establecer la plantación y a Inés que con su asesoría se efectuaron los análisis de suelo.

Al departamento de Ingeniería Agroforestal - Escuela Politécnica Superior – Universidad de Santiago de Compostela.

A los compañeros que me acogieron en Lugo: Sacra, Manuel, Almudena, Alberto, Juan Daniel, Mario, Ivonne, Vasco, Guillermo, Ulises y familia.

A mis compañeros y amigos en la maestría, en especial a los paisanos que brindaron tiempo y esfuerzo para la realización de la plantación.

DEDICATORIA

A mi madre Amanda González García que en todo momento ha formado parte en mi superación profesional y como persona socialmente responsable.

A mi esposa Ana Socorro Escobedo Soto que conllevó la obtención de esta investigación que no forma parte del tema de manejo forestal y le prometo que no será así la próxima vez. A mi hija hermosa Ana Florentina González Escobedo que aguantó las prácticas y trabajos efectuados en el matorral. También dedico este documento a todas las personas que comentaban que no lograría terminar la tesis con la Dra. Rechy, que bastante me ayudaron para lograrlo.

Con cariño a mi hermana Sonia A. González y familia, motivo de inspiración en todo momento de mi carrera profesional.

Finalmente con admiración a Ana como Madre y esposa.

INDICE GENERAL

RESUMEN GENERAL	ix
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN GENERAL	x
HIPÓTESIS GENERAL	xii
OBJETIVOS	xiii
Objetivo general:	xiii
Objetivos específicos:	xiii
Capítulo I. Determinación del contenido de aceite en semillas de <i>Ricinus communis</i> L., en Linares, Nuevo León, México.	1
RESUMEN	1
ABSTRACT	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. HIPÓTESIS	3
3. OBJETIVOS	3
3.1 Objetivo general:	3
3.2 Objetivos específicos:	3
4. MATERIALES Y MÉTODOS	4
4.1 Área de estudio	4
4.2 Extracción de semillas	4
4.3 Método Soxhlet con el aparato Goldfish	5
5. ANÁLISIS	6
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	6
6.1 Contenido de aceite	6
6.1.2 ANOVA: Contenido de aceite	7
6.1.3 Prueba de Tukey: Contenido de aceite	7
6.2 Peso de la semilla	8
6.3 Peso de la cáscara	9
7. CONCLUSIONES	10
8. BIBLIOGRAFÍA	10
Capítulo II. Análisis del suelo donde la higuera (<i>Ricinus communis</i> L.), crece de manera natural, en Linares, Nuevo León, México	1
RESUMEN	1
ABSTRACT	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. HIPÓTESIS	3
3. OBJETIVOS	3
3.1 Objetivo general:	3
3.2 Objetivos específicos:	4
4. MATERIALES Y MÉTODOS	4
4.1 Área de estudio	4
4.2 Colecta de muestras de suelo	4
4.3 Determinación de pH	5
4.3.1 Reactivos utilizados	5

4.3.2	Material y equipo utilizado	5
4.3.3	Procedimiento	5
4.4	Determinación del contenido de carbono orgánico y contenido de materia orgánica	6
4.4.1	Método: titulación según Walkley – Black (modificado)	6
4.4.1.1	Reactivos utilizados	6
4.4.1.2	Reacción química.....	6
4.4.1.3	Procedimiento	7
4.4.1.4	Cálculos realizados	7
5.	ANÁLISIS	7
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
6.1	Análisis de las muestras de suelo	8
6.1.1	Potencial de hidrogeno.	8
6.1.1.1	ANOVA: Potencial de hidrogeno.	9
6.1.1.2	Prueba de Tukey: Potencial de hidrogeno.	9
6.1.2	Contenido de carbono orgánico %.....	10
6.1.2.1	ANOVA: Contenido de carbono orgánico %.....	11
6.1.2.2	Prueba de Tukey: Contenido de carbono orgánico %.....	11
6.1.3	Contenido de materia orgánica %.....	12
6.1.3.1	ANOVA: Contenido de materia orgánica.....	12
6.1.3.2	Prueba de Tukey: Contenido de materia orgánica %.....	13
7.	CONCLUSIONES	14
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	14
9.	ANEXOS	15
Capítulo III. Evaluación del crecimiento y rendimiento de (<i>Ricinus communis</i> L.), bajo dos sistemas de cultivo en Linares, Nuevo León, México.....		
	RESUMEN	1
	ABSTRACT	1
1.	ANTECEDENTES	2
2.	HIPÓTESIS	3
3.	OBJETIVOS.....	3
3.1	Objetivo general:.....	3
3.2	Objetivos específicos:.....	3
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
4.1	Área de trabajo.....	4
4.2	Preparación del terreno	4
4.3	Establecimiento de las unidades experimentales	5
4.4	Monitoreo del crecimiento de las plantas de higuierillas.....	5
4.5	Cosecha	5
5.	ANÁLISIS	6
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
6.1	Representación gráfica del crecimiento de <i>Ricinus communis</i>	6
6.1.1	Crecimiento medio en altura.	7
6.1.2	Crecimiento medio en diámetro.	7
6.1.3	Crecimiento medio del Número de hojas	8
6.2	Análisis multivariado de la varianza (MANOVA)	9

6.2.1 Planteamiento del problema	9
6.2.2 Resultado del MANOVA	9
6.3 Análisis de la varianza (ANOVA) y pruebas de Tukey.....	9
6.3.1 ANOVA: variable altura (h).....	10
6.3.1.1 Prueba de Tukey (Variable altura).....	10
6.3.2 ANOVA: variable No. de hojas (nh).....	11
6.3.2.1 Prueba de Tukey (Variable No. de hojas).....	11
6.3.3 ANOVA: variable diámetro (d).....	12
6.3.3.1 Prueba de Tukey (Variable diámetro).....	13
6.4 Comparación del rendimiento entre parcelas	14
6.4.1 MANOVA	14
6.4.2 Análisis de la varianza (ANOVA) y pruebas de Tukey.....	14
6.4.2.1 ANOVA: variable (pts)	15
6.4.2.1.1 Prueba de Tukey (pts).....	15
6.4.2.2 ANOVA: variable (ptc)	15
6.4.2.2.1 Prueba de Tukey (ptc).....	15
7. CONCLUSIONES	16
8. BIBLIOGRAFÍA.....	17
9. ANEXOS	18
Capítulo IV. Relación del crecimiento de higuerrilla (<i>Ricinus communis</i> L.) respecto a variables ambientales, en Linares, Nuevo León, México.....	1
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. HIPÓTESIS.....	3
3. OBJETIVOS.....	3
3.1 Objetivo general.....	3
3.2 Objetivos específicos.....	3
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
4.1 Área de estudio	3
4.2 Planteamiento del problema	4
4.3 Análisis de componentes principales (ACP)	4
4.4 Procedimiento ACP.....	5
4.4.1 Selección del número de componentes para extraer	6
5. ANÁLISIS	6
6. RESULTADOS	8
7. CONCLUSIONES	13
8. BIBLIOGRAFÍA.....	14
9. ANEXOS	14

INDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Capítulo I. Determinación del contenido de aceite en semillas de *Ricinus communis* L., en Linares, Nuevo León, México.

Figura 1. Ubicación del área de estudio.	4
Figura 2. Porcentaje de aceite respecto al peso de las semillas: <i>Ricinus communis</i> L. en Linares, Nuevo León.	7
Figura 3. Peso de la semilla: <i>Ricinus communis</i> L. en Linares, Nuevo León.....	9
Figura 4. Peso de la cáscara: <i>Ricinus communis</i> L. en Linares, Nuevo León.	9
Cuadro 1. Matriz de valores.	6
Cuadro 2. ANOVA contenido de aceite de <i>Ricinus communis</i> L. en Linares, Nuevo León.	7
Cuadro 3. Prueba de Tukey: contenido de aceite entre procedencias.	7
Cuadro 4. Peso de la semilla (pts) de <i>Ricinus communis</i> L. y peso de la cáscara (ptc) ...	8

Capítulo II. Análisis del suelo donde la higuera (*Ricinus communis* L.), crece de manera natural, en Linares, Nuevo León, México

Figura 1. Ubicación del área de estudio..	4
Figura 2. Valoración del potencial de hidrogeno..	9
Figura 3. Valoración del contenido de carbono orgánico.....	10
Figura 4. Valoración del contenido de la materia orgánica.	12
Cuadro 1. Valores de potencial de hidrogeno (pH), contenido de carbono orgánico % (corg) y contenido de materia orgánica % (mo).	8
Cuadro 2. ANOVA Potencial de hidrogeno en quince sitios de Linares, Nuevo León....	9
Cuadro 3. Prueba de Tukey: potencial de hidrogeno entre sitios..	9
Cuadro 4. ANOVA Contenido de carbono orgánico en quince sitios de Linares, Nuevo León..	11
Cuadro 5. Prueba de Tukey: Contenido de carbono orgánico entre sitios..	11
Cuadro 6. ANOVA Contenido de materia orgánica en quince sitios de Linares, Nuevo León... ..	12
Cuadro 7. Prueba de Tukey: Contenido de materia orgánica entre sitios.....	13

Capítulo III. Evaluación del crecimiento y rendimiento de dos parcelas con higuera (*Ricinus communis* L.), en el Ejido El Carmen de Los Elizondo, en Linares, Nuevo León, México

Figura 1. Ubicación del área de trabajo.....	4
Figura 2. Representación de la variable altura..	7
Figura 3. Representación del diámetro.....	8
Figura 4. Representación del número de hojas.....	8
Cuadro 1. Resumen: Media, mínimo, máximo y desviación típica.....	6
Cuadro 2. MANOVA, variables dependientes: h, d, nh.	9
Cuadro 3. ANOVA (h)..	10

Cuadro 4. Prueba de Tukey para la variable altura; entre parcelas, fechas (t) y la interacción Parcela*t.....	10
Cuadro 5. ANOVA (nh)..	8
Cuadro 6. Prueba de Tukey para la variable: No. de hojas, entre parcelas, fechas (t) y la interacción Parcela*t.....	11
Cuadro 7. ANOVA (d).....	8
Cuadro 8. Prueba de Tukey para la variable: diámetro, entre parcelas, fechas (t) y la interacción Parcela*t.....	13
Cuadro 9. Resumen: Media, mínimo, máximo y desviación típica.....	14
Cuadro 10. MANOVA, variables dependientes: pts y ptc..	14
Cuadro 11. ANOVA (pts).....	1;Error! Marcador no definido.
Cuadro 12. Prueba de Tukey para la variable: peso de la semilla.....	1;Error! Marcador no definido.
Cuadro 13. ANOVA (ptc)..	1;Error! Marcador no definido.
Cuadro 14. Prueba de Tukey para la variable: peso de la cáscara.....	15

Capítulo IV. Agrupamiento de quince procedencias de higuera (*Ricinus communis* L.), en Linares, Nuevo León, México

Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	4
Figura 2. Modelo de componentes principales.....	5
Figura 3. Gráfico de la matriz de correlación entre las variables.....	8
Figura 4. Evaluación del número de componentes principales a retener.	9
Figura 5. Representación de los datos en los primeros dos CP, que representan un 61.89% de la varianza.....	10
Figura 6 a. Representación de los datos en los tres CP, representando el 79.56 % de la varianza.....	11
Figura 6 b. Representación de los datos en los tres CP, representando el 79.56 % de la varianza.....	12
Figura 7. Agrupamiento de los 15 procedencias de higuera (<i>Ricinus communis</i> L.)... 13	
Cuadro 1. Cuadro1. Variables del conjunto de datos.....	4
Cuadro 2. Cuadro 2. Paquetes y funciones principales para ACP en R	5
Cuadro 3. Cuadro 3. Importancia de los componentes principales (CP).....	9
Cuadro 4. Cuadro 4. Correlación entre las variables y los componentes... ..	10

RESUMEN GENERAL

Se colectaron muestras de suelo en quince sitios en Linares, Nuevo León, con las que se realizó un análisis de suelo obteniendo valores de potencial de hidrogeno (pH), porcentaje de carbono orgánico (Co), porcentaje de materia orgánica (mo) y conductividad eléctrica (ce). Además se colectó el germoplasma de quince plantas de *Ricinus communis L.*, a las que se les realizó una escarificación manual de la semilla resultando valores para cada planta de; número de racimos por planta (nr), N. frutos sin semilla en el racimo (fss), N° frutos con semilla en el racimo (fcs), N°. total de frutos en el racimo (tf), peso total de la semilla g (pts), peso total de la cáscara g (ptc) y humedad de la semilla % (h), asimismo se extrajo el contenido de aceite de las semillas % (a) utilizando un extractor Goldfish.

Paralelamente, se establecieron dos parcelas experimentales con higuera en el Ejido El Carmen de los Elizondo del municipio de Linares en un área de matorral conformado por mezquite. La densidad de plantación para las dos parcelas fue de 40 plantas. Posteriormente a lo largo de cinco periodos, distribuidos entre las fechas del 15 de Febrero al 15 de Junio de 2013, se midieron la altura, el número de hojas y el diámetro a la base del tallo de cada una de las plantas para su posterior comparación en base al crecimiento y tratamiento (Con acolchado y sin acolchado).

El diseño de la plantación consistió en dos unidades experimentales de 144 m² (12 x 12 m) llamadas parcelas, las cuales se sometieron a riego complementario. La parcela dos se trató con un acolchado o mulching que consistió en cubierta de hule blanco sobre el suelo para proteger el área donde se plantaron las higueras.

Para las variables analizadas de las plantas y los sitios, se efectuó un análisis de Componentes Principales, utilizando el programa RStudio, con el objetivo de conocer el posible agrupamiento de 15 procedencias de higuera, obteniendo como resultado dos grupos de procedencias: grupo 1 que congrega cuatro procedencias (Col.S.Anton, Libram.VialNte, Col.ElVerg, y Pte.R.Ver) , de igual manera el grupo 2 que aglomera dos subgrupos: *subgrupo 1* (Res.Nog, Col.LosNor, Pte.Amar (VS), Pte.Fome-LaPet, Pte.Roj (VS) y C.comerc) y *subgrupo 2*: (Carr.L-S.Rober, Res.Nog1, Pte. Honda, Pte.Cam e Infon.R.Ver)

ABSTRACT

Soil samples were collected at fifteen sites in Linares, Nuevo León, and soil analysis were performed to obtain the values of potential hydrogen (pH), percentage of organic carbon (Co), percentage of organic matter obtained (mo) and electrical conductivity (ce). The germplasm of fifteen plants of *Ricinus communis L.* were also collected, a manual seed scarification was made resulting values for each plant; number of clusters per plant (nr), number of seedless fruit bunch (fss), number of fruit with seed in the

bunch (fcs), total number of fruits per bunch (tf), total weight of the seed g (pts), total weight of the shell g (ptc) and seed moisture % (h), also the oil content of seeds % (a) using an extractor Goldfish extracted.

Parallel, two experimental plots were established in Ejido El Carmen de los Elizondo of the municipality of Linares in an area comprised of mezquite scrub. The planting density for the two plots was 40 plants with an irregular distribution in the field because of the coverage and distribution of tree plants. In five periods, distributed between February 15th June 15th of 2013 the height, leaf number and diameter at the stem base of each plant were measured for later comparison based on growth and treatment (with mulching and without mulching).

The planting design consisted of two experimental units of 144 m² (12 x 12 m) called plots, which were subjected to supplemental irrigation. The plot number two was treated with mulching deck which consisted of white rubber on the ground to protect the area where were planted the plants.

The variables of plants and sites analyzed a Principal Component Analysis was performed using the program RStudio with to analysis the possible grouping of the 15 provenances of castor, resulting in two groups of sources: group 1 with four provenances (Col.S.Anton, Libram.VialNte, Col.ElVerg and Pte.R.Ver), and group 2 which agglomerates two subgroups: subgroup 1 (Res.Nog, Col.LosNor, Pte.Amar (VS), Pte.Fome-LaPet, Pte.Roj (VS) and C.comerc) and subgroup 2: (Carr.L-S.Rober, Res.Nog1, Pte. Honda, Pte.Cam and Infon.R.Ver).

INTRODUCCIÓN GENERAL

La higuera (*Ricinus communis* L.) es una planta exótica que se ha adaptado a las condiciones de los ecosistemas en México, se observa que crece a orillas de los canales de riego, arroyos, basureros, en terrenos baldíos o áreas que han presentado algún disturbio como la remoción del suelo. Por ejemplo en Estados como Puebla y Veracruz donde se practica la tumba roza y quema para cultivar granos, la aparición de esta planta es amenazadora debido a que los frutos dehiscentes estallan dispersando la semilla hasta metros de distancia. Asimismo en el municipio de Linares, Nuevo León se observa principalmente a las orillas de los canales, arroyos y en zonas donde se ha removido el suelo, sin embargo, la importancia que tiene para los pobladores es simplemente nula. Si bien, su aceite se ha empleado para combatir trastornos digestivos, gripe inflamación de la matriz, dolores estomacales, heridas, inflamaciones, abscesos, reumatismo y también como purgantes, por otra parte puede ser tóxico debido a que contiene "alcaloides", que pueden ser mortíferos para el ser humano.

El ricino (*Ricinus communis* L.) es una especie xerófila y heliófita probablemente originaria de Asia y África tropical, explotada comercialmente entre las latitudes 40 ° N y 40 ° S en Brasil, su introducción se produjo durante la colonización portuguesa, con

motivo de la llegada de los esclavos africanos (Mazzani, 1963). La mayoría de los autores consideran que *Ricinus* es un género monotípico, sin embargo, Mazzani en 1963 señaló como especies válidas a *Ricinus persicus* y *Ricinus zanzibarensis*

Esta planta tiene un extenso rango de distribución se le puede encontrar en varios tipos de hábitat, localizados desde cero hasta 2400 msnm, desde el Ecuador hasta aproximadamente 50° de Longitud Norte y Sur.

Los principales productores de aceite de ricino son Brasil e India con el 50% de la producción mundial. En México esta planta crece en estado silvestre en casi todas las regiones de clima cálido y se cultiva bajo condiciones de temporal en el estado de Oaxaca, ya sea como monocultivo o en combinación con maíz y frijol.

La higuierilla es una planta de tipo arborescente que se puede cultivar de ciclo anual o perenne. Su altura comúnmente varía entre los 2 a 3 m, aunque algunas veces variedades sobrepasan los 10 m. El tallo de esta planta es ramificado, nudoso y sólido cuando joven y se ahueca con la edad. Su diámetro varía de 3 a 15 cm, de color verde y rojizo. Las raíces principales son pivotantes, las cuales emiten raíces secundarias y terciarias; el sistema radical puede penetrar en el suelo hasta aproximadamente unos 2 m de profundidad. En la ciudad de Linares, Nuevo León una de las procedencias (Centro comercial S1) se encontró sobre una placa de hormigón de 10 cm de espesor, por lo que se idea el tipo de crecimiento y la fuerza con que penetra el suelo la raíz de *Ricinus*. Las hojas son alternas, caedizas y arregladas en espiral alrededor de las ramas; las láminas foliares miden de 10 a 75 cm de diámetro; son de forma palmeada con 5 a 10 partes, terminando en punta, con los márgenes aserrados; el peciolo redondeado, de 8 a 50 mm de diámetro y generalmente con dos glándulas nectáreas en su externo posterior.

Las flores de la higuierilla (*Ricinus communis* L.) son unisexuales; se les encuentra en panículas terminales que miden entre 10 a 60 cm de largo. Las flores masculinas se encuentran en la base de las panículas y las femeninas en la parte superior; facilitando la polinización cruzada. Tanto las flores femeninas y masculinas forman cimas de varias flores pedunculadas y apétalas, con un cáliz usualmente formado de cinco sépalos cortos.

Las infrutescencias de la higuierilla son cápsulas duras, pecioladas, de forma globosa y con espinas carnosas; de color verde a rojizo; son trilobulados y miden entre 1.5 a 2.5 cm de diámetro sin considerar las espinas. Los frutos pueden ser dehiscentes o indehiscentes, este último es el caso de la procedencia; puente Camacho (S4), en Linares, Nuevo León.

Las semillas son carunculadas, ovoides, brillantes y comprimidas dorsalmente; de color variable; gris claro, café claro y con manchas longitudinales de color blanco, negro y café claro, según los casos observados en las procedencias, en Linares, Nuevo León.

Se encontró que para las procedencias de semilla de higuierilla en Linares, Nuevo León, el contenido de aceite varía entre 20.27 a 52.30%. Así mismo en relación con la semilla, Olmos en 1982, indicó que tiene un porcentaje de aceite que varía de 35 a 58% y que se caracteriza por tener un alto porcentaje de ácido ricinoleico. Las semillas son tóxicas por contener albúmina (resina) y ricinina; que es un alcaloide que se encuentra solo en las semillas. En la extracción de aceite, estas dos sustancias tóxicas quedan en la torta; por esta razón este producto no se puede usar para la alimentación de ganado, a pesar que tiene un 20 % de proteínas. El mismo autor opina que la torta puede ser usada como fertilizante.

El aceite de ricino es muy usado en medicina como purgante; en la industria es usado para elaborar productos como; jabones, cosmético, velas, crayones, pinturas, barnices, lubricantes para motores que operan en altas y bajas temperaturas. Las hojas de la higuierilla se pueden utilizar como cataplasma para moretones y dolores musculares, también se han utilizado para elaborar insecticidas y el tallo se usa para pulpa y celulosa en la fabricación de papel.

La composición química de la semilla, Martínez reportó en 1959, que contiene los siguientes componentes; aceite 46.19%, almidón 20%, albúmina 0.5%, gomas 4.3%, resinas 20% y agua 7.09%. En el mismo trabajo, se menciona que el aceite de higuierilla contiene 70% de ácido ricinoleico, 12% de ácido oleico y 7% de ácido margánico. Mazzani asentó en 1963, que el aceite de ricino contiene cerca del 90% de ácido ricinoleico, 7% de ácido oleico y 2.4% de ácido palmítico y esteárico. Así mismo Robles señaló en 1980, que las semillas contienen alrededor de 45% de aceite y de éste, el 55% es ácido ricinoleico. Martínez citó en 1959, que la torta de higuierilla contiene 15.10% de grasa, 26.44% de materias nitrogenadas y 43.43% de celulosa, además, 2.04% de ácido fosfórico, 4.32% de azoe (Nitrógeno en forma de gas), 2.54% de agua y 6.14% de cenizas.

La higuierilla es muy resistente al ataque de insectos, particularmente a los insectos defoliadores. En México se considera que la plaga más importante es el “encaje de higuierilla”: *Corythucha spinosa*, que puede producir la defoliación parcial o total de las plantas (Pacheco Mendivil, 1994)

HIPÓTESIS GENERAL

Las procedencias de *Ricinus communis* L., en Linares, Nuevo León, son similares con respecto a las variables: contenido de aceite, peso de la semilla, peso de la cáscara, potencial de hidrogeno, contenido de carbono orgánico y contenido de materia orgánica (H₀).

OBJETIVOS

Objetivo general:

Determinar el contenido de aceite en las semillas de *Ricinus communis* L. en 15 procedencias de Linares, Nuevo León.

Objetivos específicos:

1. Realizar extracciones de aceite en semillas de higerillas.
2. Efectuar un análisis de suelo en donde la higerilla crece de manera natural.
3. Evaluar el crecimiento y rendimiento de dos parcelas con higerillas.
4. Conocer el posible agrupamiento de quince procedencias de higerilla.

Capítulo I. Determinación del contenido de aceite en semillas de *Ricinus communis* L., en Linares, Nuevo León, México.

RESUMEN

En el presente estudio se realizaron extracciones de aceite de semillas de *Ricinus communis* L., para ello se colectaron muestras de infrutescencias en quince sitios (*Procedencias*) de la ciudad de Linares, Nuevo León. Se utilizó un equipo de extracción Goldfish y por el método Soxhlet se obtuvo el aceite. El diseño experimental consistió en quince observaciones con tres repeticiones por observación. Además se determinó el peso de la semilla (**pts**) y peso de la cáscara (**ptc**) de quince muestras. Se obtuvo el contenido de aceite (**a**) en las semillas de *Ricinus communis* L., que varió entre 20.27 a 52.30%, y una media de 36.92%. Se registró que el peso de la semilla entre las procedencias fue de 16.68 a 136.32 g y una media de 54.06 g, además del peso de la cáscara varió de 23.30 a 128.21 g y una media de 69.22 g. Además se encontraron diferencias entre las procedencias con respecto al contenido de aceite de higuierilla (*Ricinus communis* L.). Se destacó que el contenido de aceite en la higuierilla (*Ricinus communis* L.) tiene un buen potencial desde el punto de vista productivo, considerado como una fuente alterna de energía para la conversión de biodiesel.

Palabras clave: Contenido de aceite, peso de la semilla, peso de la cáscara, higuierilla, *Ricinus communis* L.

ABSTRACT

In the present study oil extractions of castor seed (*Ricinus communis* L.) were performed, for it fruit samples were collected at fifteen sites (provenance) of the city of Linares, Nuevo León. Goldfish extraction equipment and the Soxhlet oil method were used to obtain the oil. The experimental design consisted of fifteen observations with three replicates per observation. The oil content (a) in the seeds of castor ranged from 20.27 to 52.30%, with a mean value of 36.92%. The seed weight among provenances ranged from 16.68 to 136.32 g with a mean value of 54.06 g, in addition, the weight of the shell varied from 23.30 to 128.21 g and a mean value of 69.22 g. Differences among provenances regarding the content of castor oil were observed. The results indicated that the oil content in castor (*Ricinus communis* L.) has a good potential from the production point of view, and could be considered as an alternate source of energy for the conversion of biodiesel.

Keywords: oil content, seed weight, shell weight, castor, *Ricinus communis* L.

1. INTRODUCCIÓN

La búsqueda de energías renovables, está en creciente investigación: siendo el aceite de higuera uno de las principales opciones. La higuera (*Ricinus communis* L.) se cultiva en varios países del mundo como: Colombia, Ecuador, Brasil, México, Perú, E.U.A., España e India, por mencionar algunos, debido a la importancia comercial de su aceite. Por ejemplo India es el mayor productor de semillas de ricino y cumple con la mayor parte de la demanda mundial de aceite de ricino, produciendo de 8-8,5 millones de toneladas de semillas de ricino al año, y que representan más del 60% de la producción mundial.

Debido a sus aplicaciones en la industria química, el aceite de ricino es utilizado en la composición de numerosos productos como pinturas, barnices, cosméticos, lubricantes, y plásticos, gozando de gran demanda en todo el mundo. El consumo actual de aceite de ricino y sus derivados en el mercado interno de India, se estima en alrededor de 300 000 toneladas. El aceite de ricino es un importante cultivo de semillas oleaginosas no comestibles y se cultiva sobre todo en regiones áridas y semiáridas. Su origen se encuentra en el cinturón tropical de la India y África. Se cultiva en diferentes países en escala comercial, de los que India, China y Brasil son los principales países productores de ricino que representan el 90% de la producción de mundial (NMCE, 2012).

En México, particularmente en el Estado de Oaxaca la higuera se cultiva intercalada con plantas de maíz y presenta ingresos monetarios de hasta \$ 9,000.00/ha con un rendimiento promedio de 850 kg ha⁻¹ para la higuera y de 600 kg ha⁻¹ para el maíz, con un precio de venta de cinco pesos por kilogramos para ambos cultivos. Sin embargo, la higuera se representa como un bajo sistema de intercalación con maíz, (Mediana rentabilidad) con ganancia neta por hectárea de \$2,500.00. De los cultivos que actualmente se llevan a cabo: el frijol criollo de temporal y el maíz de riego, resultan con mejores indicadores de rentabilidad. Por lo que el sistema de higuera tendría que mejorarse en cuanto a productividad para que pueda mostrar mejores indicadores y así ser atractivo para los productores locales (Rodríguez *et al.*, 2013)

El aceite de ricino se extrae de la higuera (*Ricinus communis* L.), en porcentajes cercanos al 50% (Manzano, 2009). El Consejo Hondureño de la Empresa Privada (COHEP) reporta que el porcentaje de aceite de las semillas de higuera es del 46.19%. También, Ortiz en el 2010, muestra que se obtuvieron resultados de hasta un 67.55% de aceite en semillas de higuera en Monclova Coahuila. De igual manera en la localidad de Apodaca Nuevo León, Cuadra Vásquez (1981) menciona que la semilla de higuera contiene un 64.3% de aceite. Goytia J. María *et al.* (2011) opinan que la higuera es además una opción para la producción de aceite debido a su contenido de aceites entre 12.2 y 64.84% según la variedad de semilla. Por otra parte Rendón E. *et al.*, (2009) mencionaron que las semillas de *Ricinus* se caracterizan por componerse de un aceite fijo (el oleum ricino), en el que entre 35 a 55% lo constituyen los glicéridos de los ácidos ricinoleico e iso-ricinoleico, ricina (una fitotoxina de alta toxicidad que según

sea por vía endovenosa u oral, podría ser causante de muerte) y ricinina (un alcaloide). Olmos en 1982 indicó que tiene un porcentaje de aceite que varía de 35-50% y que se caracteriza por tener una alto porcentaje de ácido ricinoleico. También en relación a la composición química de la semilla, Martínez reportó en 1959, que contiene los siguientes componentes: aceite 46.19%, almidón 20% albúmina 0.5%, gomas 4.3%, resinas 20% y agua de 7.09%. En la misma obra se menciona que el aceite de higuierilla contiene 70% de ácido ricinoleico, 12% de ácido oleico y 7% de ácido margánico. Mazzani asentó en 1963, que el aceite de ricino contiene cerca del 90% de ácido ricinoleico, 7% de ácido oleico y 2.4% de ácido palmítico y esteárico. Por su parte Robles señaló en 1980 que las semillas contienen alrededor del 45% de aceite y de éste, el 55% es ácido ricinoleico. Martínez citó en 1959 que la torta de higuierilla contiene 15.10% de grasa, 22.44% de materias nitrogenadas y 43.43% de celulosa y materias no nitrogenadas; además, 2.04% de ácido fosfórico, 2.54% de agua y 6.14% de cenizas.

En la ciudad de Linares, Nuevo León la higuierilla se observa principalmente a orillas de los canales de riego, arroyos y en zonas donde se ha removido el suelo, sin embargo, la importancia que tiene para los pobladores es simplemente nula, además de que no se han realizado estudios que proporcionen datos sobre el contenido de aceite. Es por esto que se realizó una colecta de infrutescencias, de donde se obtuvo el contenido de aceite presente en la semillas de *Ricinus communis* L.

2. HIPÓTESIS

El contenido de aceite es similar entre las procedencias de *Ricinus communis* L., en Linares, Nuevo León (H_0).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general:

Realizar extracciones de aceite en semillas de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Linares, Nuevo León.

3.2 Objetivos específicos:

1. Obtener el peso de la semilla para cada una de las procedencias de higuierilla (*Ricinus communis* L.)
2. Determinar el peso de la cáscara para cada una de las procedencias de higuierilla (*Ricinus communis* L.)

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la ciudad de Linares, N. L. ubicada en las coordenadas geográficas: 24° 51' 35" latitud Norte, 99°34' 0" longitud Oeste. Con altitud media de 350 msnm y una extensión de 2,445.20 km², situada en la parte centro sur del estado de Nuevo León (INEGI, 2011). Se fijaron 15 sitios, en los cuales se colectaron muestras de infrutescencias de *Ricinus communis* L. (Figura 1).

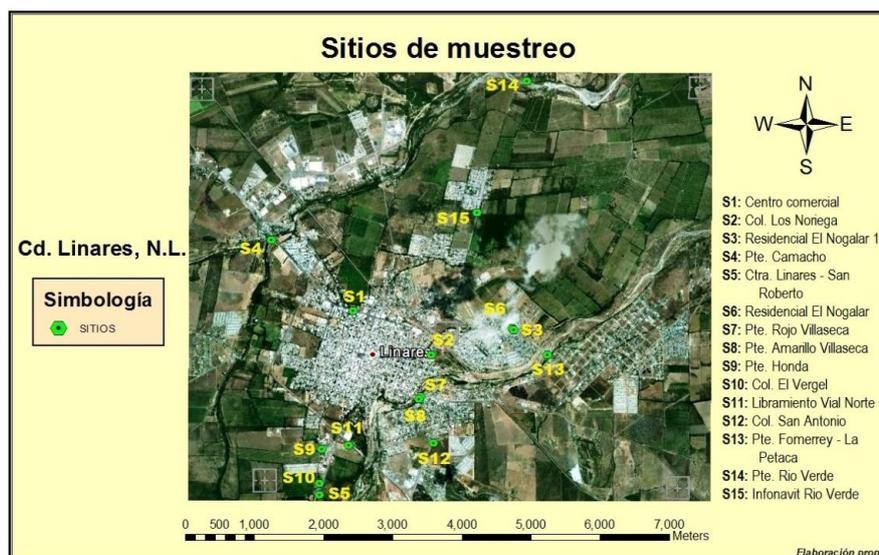


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

4.2 Extracción de semillas

Para obtener el peso la semilla y el peso la cáscara se muestreo una planta por sitio, posteriormente se realizó una representación gráfica de cada variable.

Las infrutescencias se expusieron a temperaturas controladas en estufa, entre 37-100 °C y periodos de tiempo entre 72-120 horas, también experimentó en secado al sol a temperatura ambiente entre 25- 35° C: donde se logró mayor apertura de infrutescencias, entre los 15-22 días. Comparando el secado en estufa con el secado al sol, en este último se obtuvo una mayor cantidad en la apertura de las infrutescencias, con excepción de la muestra procedente del sitio “Puente Camacho” (S4) en la cual las infrutescencias fueron indehiscentes. Consecutivamente en una balanza analítica digital se pesó la semilla y la cáscara de las infrutescencias obteniendo como resultado valores para cada una de las quince muestras (Cuadro 5). El peso de la cáscara que se representó gráficamente es sin contenido de agua, (previamente se colocó en estufa a una temperatura de 100° C hasta obtener peso constante, proceso que fue en un periodo de tiempo de 96 horas).

4.3 Método Soxhlet con el aparato Goldfish

Se determinó el contenido de aceite utilizando un equipo Goldfish. La extracción se realizó con diferentes temperaturas (ya que las placas del aparato Goldfish no estuvieron calibradas a la misma temperatura) pero llegando el solvente a su punto de ebullición. El solvente utilizado fue el metanol el cual tiene un punto de ebullición de 65° C, pudiéndose recuperar el solvente a las mismas temperaturas. El diseño experimental consistió en 15 muestras de semilla con tres repeticiones, procedentes de diferentes sitios anteriormente determinados.

Previamente se determinó el contenido de humedad (%) utilizando la estufa hasta obtener peso constante de cada una de las 15 muestras de semillas de *Ricinus communis* L., la temperatura del estufado fue a 104° C en un período de 96 horas con la semilla dentro de la estufa, hasta peso constante obteniendo como resultado un promedio de 7.25% de contenido de humedad en las semillas de higuera.

Se colocó el vaso de precipitados del equipo Goldfish en la estufa hasta obtener el peso constante, posteriormente se transfirió a un desecador, para ser enfriado y secado. Cada una de las 15 muestras y sus repeticiones pesaron entre 3.01 a 3.137 gramos.

Se pesó la muestra de semilla y el filtro, consecutivamente se vació la muestra de semilla en el filtro, colocando éste último dentro del cartucho de extracción. Además en los vasos Goldfish se vació 23 ml de metanol y se instalaron en el equipo de extracción junto con los empaques y sujetadores. Seguidamente se ajustaron las placas de calentamiento del equipo por debajo de los vasos Goldfish asegurando el contacto, entre la placa calentante y el recipiente de vidrio. Posteriormente se abrió el flujo de agua fría a través del equipo y se inició el calentamiento para la extracción, monitoreando continuamente la temperatura de las placas

La extracción de la muestra de aceite fue durante 2–3 horas, debido a las diferentes temperaturas de las placas del equipo Goldfish. Después se retiró el vaso del equipo Goldfish y se cambió el contenedor de la muestra de semilla por el tubo recolector de solvente. Inmediatamente, se instaló el vaso con el solvente y el aceite extraído, iniciando nuevamente el calentamiento hasta recuperar el solvente dentro del tubo recolector.

Una vez que se recuperó el solvente, se desmontó el vaso y el tubo recolector, finalmente se dejó secar el vaso Goldfish con el aceite extraído en la estufa a 104° C durante 15 minutos, con el fin de evaporar el metanol restante, inmediatamente el vaso con aceite se pasó al desecador y se pesó.

5. ANÁLISIS

Una vez que se efectuó el método Soxhlet para la extracción de aceite, se calculó el contenido de aceite (%) presente en las semillas de higuierilla (*Ricinus communis* L.), obteniendo como resultado una matriz de valores con la variable objetivo (**a**) para el análisis estadístico (Cuadro 1). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar el contenido de aceite entre las procedencias de higuierilla, para así saber si difiere el porcentaje de aceite entre procedencias. Además se aplicó una prueba de Tukey para saber que procedencias son similares en cuanto al contenido de aceite. Se empleó el programa estadístico RStudio, las observaciones fueron tratadas con un nivel de confianza del 95%.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Contenido de aceite

Se obtuvieron valores en el contenido de aceite para cada, los cuales se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Resumen: Contenido de aceite por procedencia.

Procedencia	Mín. (%)	Máx. (%)	M (%)	Desv.
P1	34.25	42.65	37.85	4.32
P2	38.62	39.72	39.08	0.57
P3	40.25	45.99	43.33	2.89
P4	33.33	43.95	37.62	5.59
P5	32.49	47.12	41.37	7.8
P6	34.75	40.2	37.37	2.73
P7	31.23	41.02	36.94	5.09
P8	50.06	52.3	51.45	1.21
P9	36.01	47.75	42.6	6
P10	27.78	32.13	29.85	2.18
P11	22.58	29.2	26.58	3.52
P12	41.29	45.4	42.85	2.22
P13	26.35	33	29.5	3.33
P14	20.27	24.35	22.67	2.13
P15	31.2	39.73	34.62	4.5

Mín. Mínimo en %, Máx. Máximo en %, M Media en %, Desv. Desviación típica.

El contenido de aceite con un mínimo de 20.27 % fue para la procedencia **P14** (Pte. Rio Verde), un máximo de 52.30 % para la procedencia **P8** (Pte. Amarillo Villaseca) y una media de 36.92% para las 15 procedencias con sus tres repeticiones (Figura 2). Las horas empleadas en la extracción difirieron entre 2 y 4 horas, debido a las diferentes

temperaturas en cada placa. De los 23 ml de metanol empleados en cada muestra, se recuperó un promedio de 57.97 % de solvente.

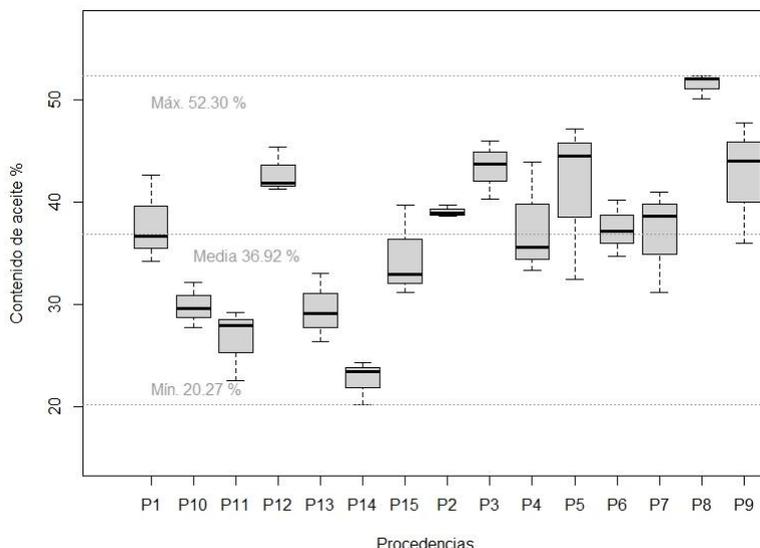


Figura 2. Porcentaje de aceite respecto al peso de las semillas: *Ricinus communis* L. en Linares, Nuevo León.

6.1.2 ANOVA: Contenido de aceite.

En el contenido de aceite se encontraron diferencias entre las procedencias, dado que $Pr(>F) = 1.04e-07$ ***, es menor que $\alpha = 0.05$. (Ver cuadro 2)

Cuadro 2. ANOVA contenido de aceite de *Ricinus communis* L. en Linares, Nuevo León.

Fuente	gl	SC	CM	Valor-F	Pr(>F)
Procedencias	14	2296.7	164.06	9.893	1.04e-07 ***
Residuales	39	497.5	16.58		

gl = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, V-F = Valor de F, Pr(>F) = Probabilidad

6.1.3 Prueba de Tukey: Contenido de aceite.

Los valores de la probabilidad mayores que $\alpha = 0.05$, representan las procedencias de *Ricinus communis* L. que son similares en cuanto al contenido de aceite. En el cuadro 3, se muestra la comparación entre procedencias, la diferencia de medias y los valores de la probabilidad.

Cuadro 3. Prueba de Tukey: contenido de aceite entre procedencias.

Comp. Proced.	Dif. de medias	Pr(>F)	Comp. Proced.	Dif. de medias	Pr(>F)	Comp. Proced.	Dif. de medias	Pr(>F)
P11-P14	3.91	9.96E-01	P12-P13	13.34	2.29E-02	P5-P6	4.00	9.95E-01
P13-P14	6.83	7.53E-01	P3-P13	13.83	1.59E-02	P9-P6	5.23	9.52E-01
P10-P14	7.18	6.89E-01	P8-P13	21.94	2.34E-05	P12-P6	5.47	9.33E-01
P15-P14	11.95	6.15E-02	P15-P10	4.77	9.77E-01	P3-P6	5.96	8.83E-01
P7-P14	14.26	1.14E-02	P7-P10	7.09	7.06E-01	P8-P6	14.08	1.32E-02
P6-P14	14.70	8.21E-03	P6-P10	7.52	6.23E-01	P1-P4	0.23	1.00E+00

P4-P14	14.95	6.76E-03	P4-P10	7.77	5.74E-01	P2-P4	1.45	1.00E+00
P1-P14	15.17	5.66E-03	P1-P10	7.99	5.30E-01	P5-P4	3.75	9.97E-01
P2-P14	16.40	2.13E-03	P2-P10	9.22	3.12E-01	P9-P4	4.98	9.67E-01
P5-P14	18.70	3.31E-04	P5-P10	11.52	8.22E-02	P12-P4	5.22	9.52E-01
P9-P14	19.92	1.21E-04	P9-P10	12.75	3.53E-02	P3-P4	5.71	9.11E-01
P12-P14	20.17	9.91E-05	P12-P10	12.99	2.96E-02	P8-P4	13.83	1.60E-02
P3-P14	20.66	6.64E-05	P3-P10	13.48	2.07E-02	P2-P1	1.23	1.00E+00
P8-P14	28.77	1.12E-07	P8-P10	21.59	3.11E-05	P5-P1	3.52	9.99E-01
P13-P11	2.92	1.00E+00	P7-P15	2.31	1.00E+00	P9-P1	4.75	9.77E-01
P10-P11	3.27	9.99E-01	P6-P15	2.75	1.00E+00	P12-P1	5.00	9.66E-01
P15-P11	8.04	5.21E-01	P4-P15	3.00	1.00E+00	P3-P1	5.49	9.32E-01
P7-P11	10.36	1.69E-01	P1-P15	3.22	9.99E-01	P8-P1	13.60	1.89E-02
P6-P11	10.79	1.31E-01	P2-P15	4.45	9.87E-01	P5-P2	2.30	1.00E+00
P4-P11	11.04	1.12E-01	P5-P15	6.75	7.67E-01	P9-P2	3.52	9.99E-01
P1-P11	11.26	9.69E-02	P9-P15	7.97	5.34E-01	P12-P2	3.77	9.97E-01
P2-P11	12.49	4.23E-02	P12-P15	8.22	4.86E-01	P3-P2	4.26	9.91E-01
P5-P11	14.79	7.65E-03	P3-P15	8.71	3.97E-01	P8-P2	12.37	4.61E-02
P9-P11	16.02	2.91E-03	P8-P15	16.82	1.52E-03	P9-P5	1.23	1.00E+00
P12-P11	16.26	2.39E-03	P6-P7	0.43	1.00E+00	P12-P5	1.47	1.00E+00
P3-P11	16.75	1.61E-03	P4-P7	0.68	1.00E+00	P3-P5	1.96	1.00E+00
P8-P11	24.86	2.26E-06	P1-P7	0.91	1.00E+00	P8-P5	10.08	1.99E-01
P10-P13	0.35	1.00E+00	P2-P7	2.14	1.00E+00	P12-P9	0.25	1.00E+00
P15-P13	5.12	9.59E-01	P5-P7	4.43	9.88E-01	P3-P9	0.74	1.00E+00
P7-P13	7.44	6.39E-01	P9-P7	5.66	9.16E-01	P8-P9	8.85	3.73E-01
P6-P13	7.87	5.54E-01	P12-P7	5.91	8.90E-01	P3-P12	0.49	1.00E+00
P4-P13	8.12	5.06E-01	P3-P7	6.40	8.24E-01	P8-P12	8.60	4.16E-01
P1-P13	8.35	4.63E-01	P8-P7	14.51	9.50E-03	P8-P3	8.11	5.07E-01
P2-P13	9.57	2.61E-01	P4-P6	0.25	1.00E+00			
P5-P13	11.87	6.50E-02	P1-P6	0.48	1.00E+00			
P9-P13	13.10	2.74E-02	P2-P6	1.70	1.00E+00			

6.2 Peso de la semilla

Los diferentes valores de peso se debieron a que las plantas de *Ricinus communis* L. tenían desiguales números de racimos por planta: debido a su normal crecimiento y por consiguiente diferente maduración (como mínimo dos racimos y como máximo 11 racimos), además las plantas de higuierilla se encontraban en diferentes etapas de desarrollo: tomando como referencia la altura y el grosor del tallo. El peso de la semilla (**pts**) se expresó en gramos al igual que el peso de la cáscara (**ptc**), ver cuadro 4.

Cuadro 4. Peso de la semilla (**pts**) de *Ricinus communis* L. y peso de la cáscara (**ptc**).

Procedencias	pts	ptc
P1	34.88	58.46
P2	27.69	69.89
P3	69.92	103.25
P4	136.33	54.39
P5	50.64	79.06
P6	45.27	67.90
P7	61.76	53.53
P8	41.17	71.19
P9	81.51	114.43
P10	32.45	52.74
P11	16.86	38.70
P12	52.15	23.38
P13	37.63	59.32
P14	49.48	63.97
P15	73.16	128.21

Se obtuvieron valores del peso de la semilla como mínimo de 16.86 g, un máximo de 136.32 g y una media de 54.06 g, entre las quince procedencias de *Ricinus communis* L., en Linares, Nuevo León (Figura 3).

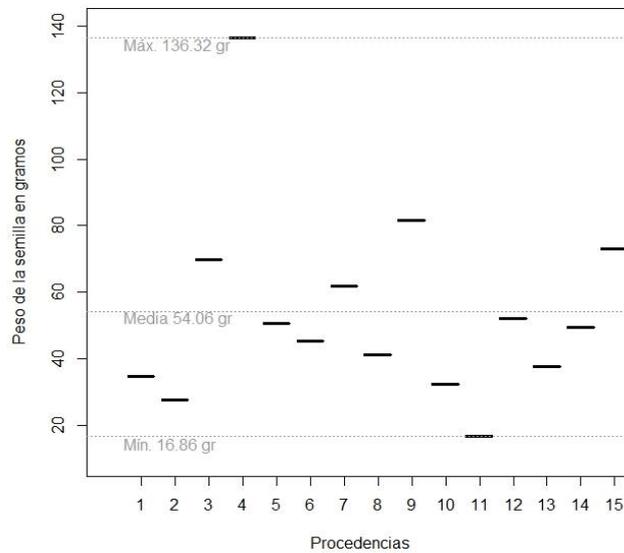


Figura 3. Peso de la semilla: *Ricinus communis* L. en Linares, Nuevo León.

6.3 Peso de la cáscara

Así mismo se obtuvieron valores del peso de la cáscara de las infrutescencias de *Ricinus communis* L. resultando un mínimo de 23.38 g, un máximo de 128.21 g y una media de 69.22 g, entre las quince procedencias de higuierilla (*Ricinus communis* L.), en Linares, Nuevo León. (Ver figura 4).

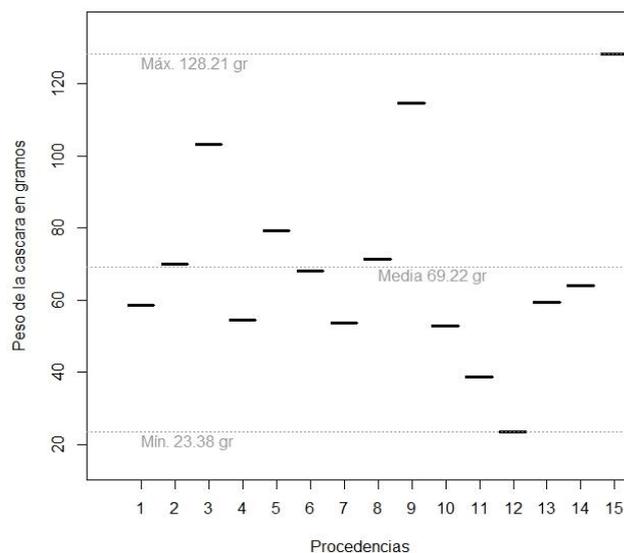


Figura 4. Peso de la cáscara: *Ricinus communis* L. en Linares, Nuevo León.

7. CONCLUSIONES

Los valores medios de contenido de aceite, entre el 22.67 y el 51.45%, muestran que la higuierilla (*R. communis*.) tiene un buen potencial desde el punto de vista productivo, en el que puede considerarse, como una fuente alterna de energía para la conversión de biodiesel. Además del aceite, se generan otras materias primas como la cáscara y restos de semillas (materia inerte sin aceite), que pudiesen ser utilizadas como fertilizantes.

Si se realizara una plantación en donde se tuviera una densidad de plantación de 2500 plantas por hectárea y cada planta da un rendimiento promedio de 54.06 g, se podía obtener un rendimiento medio de 135.15 kg ha⁻¹ en la primera cosecha. Si bien durante el primer ciclo de cosecha el rendimiento es bajo, durante los siguientes periodos la producción puede aumentar (sin tener que replantar), llegando a un punto óptimo entre 1500 – 2500 kg ha⁻¹ de los cuales se puede extraer un promedio de 36.92% de aceite de ricino.

Se recomienda realizar estudios para identificar variedades de semillas en Linares, Nuevo León, ya que se observaron diferentes coloraciones, tamaños de semillas y estados de dehiscencia de las cápsulas en los sitios de muestreo, además de efectuar un análisis de la composición química del aceite para determinar el contenido de ácidos grasos como el ácido ricinoleico, el oleico, el linoleico, el palmítico y el esteárico.

8. BIBLIOGRAFÍA

Cuadra Vásquez D. 1981. Prospectos: *Ricinus communis* L. Centro de investigación de Química Aplicada. Pág. 1-4.

Pacheco Mendivil F. 1994. Plagas de los cultivos oleaginosos en México. Ciudad Obregón, Sonora, México. SARH-INIFAP. pp. 600.

Goytia J. María Antonieta, et al. 2011. Relación entre las variables climáticas con la morfología y contenido de aceite de semillas de (*Ricinus communis* L.) de Chiapas. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Ambiente. Doc. PDF. pp. 8. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo>

INEGI, 2011. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Estadísticas análisis poblacional y crecimiento físico (México): México, INEGI.

Manzano P., et al. 2009. Comparación del porcentaje de aceite y del tamaño de seis ecotipos de higuierilla (*Ricinus communis*) de origen sudamericano. Doc. PDF. FCUC-ESPOL. pp. 6. Disponible en: <http://www.rte.espol.edu.ec>

Martínez M. 1959. Las plantas útiles de la flora mexicana. México, D.F., Botas. pp. 631

Mazzani B. 1963. Plantas oleaginosas. México, D.F., Salvat. pp. 433.

NMCE. 2012. Castor seed – Report on Castor. NATIONAL MULTI-COMMODITY EXCHANGE OF INDIA LIMITED. pp. 17

Olmos Barrera G. 1982. Ciclos de cultivos; diagrama de las principales especies vegetales con las cuales se efectúan investigaciones agrícolas en México. SARH, INIA. (Pub. Esp. No. 90). pp. 86.

Ortiz Lechuga E. Guadalupe. 2010. Producción de biodiesel a partir de higuierilla (*Ricinus communis* L.) y aceites vegetales comerciales puros y reutilizados en la región noreste de México”. UANL-FCB. Doc. pdf. pp. 101

Rendón C. Natalia Elizabeth et al. 2009. Producción y exportación de la Higuierilla (*Ricinus Communis* L.) a Colombia como Materia Prima para la Elaboración de Biocombustibles. GUAYAQUIL – ECUADOR-ESPOL. Doc. pdf. pp. 199. Disponible en Web; <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6509>

Robles Sánchez R. 1980. Producción de oleaginosas y textiles. México, D.F., Limusa. pp. 675.

Rodríguez R., et al. 2013. Competividad de la higuierilla (*Ricinus communis*) para el biocombustible en relación a los cultivos actuales en el Edo. De Oaxaca, México. Sexta Época. Año XVII. Volumen 32. pp. 13

Capítulo II. Análisis del suelo donde la higuera (*Ricinus communis* L.), crece de manera natural, en Linares, Nuevo León, México

RESUMEN

En el presente estudio se efectuó un análisis del suelo donde la higuera (*Ricinus communis* L.), crece de manera natural, en Linares, Nuevo León, México. Para ello se colectaron muestras de suelo en quince sitios de la ciudad de Linares: basado en el procedimiento de la nom-021-semarnat-2000. Las extracciones de las muestras de suelo fueron a una profundidad de 50 cm, con excepción de la muestra del sitio *Centro comercial* (S1) que fue a 20 cm de profundidad.

Para obtener los valores de potencial de hidrogeno se utilizó el Método AS-23 (Solución de cloruro de calcio 0.01 M CaCl₂) y para determinar el contenido de carbono orgánico y contenido de materia orgánica se aplicó el método de titulación según Walkley – Black (modificado). El diseño experimental consistió en quince observaciones con tres repeticiones por observación. En el potencial de hidrogeno se obtuvo que el suelo en donde crece la higuera (*Ricinus communis* L.) es arenoso y alcalino con valores entre 7.2 a 8.2 según la escala de medición. Así mismo, que para suelos arenosos el contenido del carbono orgánico es alto con respecto a la media de 1.16%. Igualmente se observó un alto contenido de materia orgánica de 2.00% como media, para los quince sitios de muestreo.

ABSTRACT

Soil analysis of places where castor (*Ricinus communis* L.) grows naturally in Linares, Nuevo León, Mexico, were performed in the present study. Soil samples of fifteen sites in the city of Linares were collected based on the method of the nom-021-SEMARNAT-2000. The extractions of soil samples were at a depth of 50 cm, with the exception of the sample site *Centro comercial* (S1) that was to 20 cm of deep.

The AS-23 method (calcium chloride solution 0.01 M CaCl₂) was used to obtain the values of the potential of hydrogen and the method of titration according Walkley - Black (modified) was applied to determine the content of organic carbon. The experimental design consisted of fifteen observations with three replicates per observation. The results of the values of potential of hydrogen indicated that the soil where castor plants grows (*Ricinus communis* L.) is sandy and alkaline with values of 7.2 to 8.2 according to the measurement scale. Also, for sandy soils the organic carbon content was higher than the mean value of 1.16%. In the same way, a high content of organic matter of 2.00% as mean was observed for the fifteen sampling sites.

1. INTRODUCCIÓN

El **potencial de hidrogeno** se define como la medida de acidez o alcalinidad, el químico Danés Sören Peter Lauritz (1868-1939), quien lo definió como el logaritmo negativo en base 10 de la actividad de los iones hidrógeno. Esto es:

$$pH = -\log_{10} [aH^+]$$

Por ejemplo, una concentración de hidronio $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-7}$ M (0,0000001) es simplemente un pH de 7 ya que: $pH = -\log [10^{-7}] = 7$ (Hidronio es el catión que se forma en agua en presencia de cationes de hidrógeno H^+).

Los valores del pH se reducen a medida que la concentración de los iones de hidrógeno incrementan, variando entre un rango de 0 a 14. Los valores por debajo 7.0 son ácidos, valores superiores a 7.0 son alcalinos y/o básicos, mientras que los que rondan en 7.0 son denominados neutrales. Por cada unidad de cambio en pH hay un cambio 10 veces en magnitud en la acidez o alcalinidad (por ejemplo: un pH 6.0 es diez veces más ácido que uno de pH 7.0, mientras que un pH 5.0 es 100 veces más ácido que el de 7.0).

El pH del suelo aporta información de importancia en diversos ámbitos de la edafología. Uno de los más importantes; es que las plantas solo pueden absorber los minerales disueltos en el agua, mientras que la variación del pH en el suelo modifica el grado de solubilidad de los minerales. Por ejemplo, el aluminio y el manganeso son más solubles en el agua del suelo a un pH bajo, y cuando esto ocurre, pueden ser absorbidos por las raíces, siendo tóxicos estos dos elementos a ciertas concentraciones. Por el contrario, sales minerales que son esenciales para el desarrollo de las plantas, como el fosfato de calcio, son menos solubles a un pH alto, por lo que resulta que bajo tales condiciones sean menos disponibles con vistas a ser absorbidos y nutrir las plantas. Finalmente las especies vegetales están adaptadas a ambientes extremadamente ácidos y/o básicos.

El término Humus es generalmente usado como sinónimo de **materia orgánica** del suelo y se refiere a compuestos orgánicos, los cuales no aparecen bajo la forma de residuos frescos a parcialmente descompuestos. Ese material fresco o parcialmente descompuesto es a veces incluido con la definición de materia orgánica del suelo. En este caso el término materia orgánica se refiere a las sustancias húmicas más los productos de síntesis de los microorganismos, el contenido de materia orgánica está asociada con la liberación de N, P y S, que sirven como fuente nutricional de las plantas. También la materia orgánica se asocia a la disponibilidad de Fe, Mg, Cu y Zn. Los suelos con alto contenido de materia orgánica tienden a presentar mayor absorción de agua, mayor porosidad, menor densidad aparente y menor compactación. El contenido de materia (M.O.) de los suelos es muy variable. Un típico suelo de pradera (Molisol) puede contener 5 a 6 % de M.O. en los 15 cm superiores, mientras que un suelo arenoso aproximadamente 1%. En tanto que un suelo pobremente drenado a

menudo tiene contenidos de M.O. próximos al 10 % o más y los suelos tropicales (Oxisoles) son conocidos por su bajos contenidos de M.O. (Kononova, 1982)

Los valores de potencial de hidrogeno (pH) para suelos donde crece la higuierilla en climas cálidos (540 msnm) es de 6.9, para un clima medio (1250 msnm) es de 5.7 y para un clima frío el pH es de 5.8. Además, con un contenido de materia orgánica de 5.4% en clima cálido, 4.1% en clima medio y de 24.30% en clima frío. (Córdoba, 2012). Así mismo, Iglesias y Taha en el 2010, registraron que el requerimiento de suelo para la higuierilla (*Ricinus communis* L.), con respecto al pH es cercano a 6.0 y que tolera desde suelos pobres hasta suelos arcillosos con alto contenido de materia orgánica. También, Sánchez Medina en el 2012, asentó que de un análisis del suelo en un cultivo de higuierilla ubicado en Viterbo, Caldas, Colombia, el potencial de hidrogeno que se registró fue de 5.6 y un contenido de materia orgánica de 6.70% en un suelo de textura arcillosa. Igualmente en el estado de Oaxaca en el 2010 en parcelas experimentales ubicadas en la comunidad de Santa María Roaló, del Municipio de Zaachila, realizó un análisis del carbono orgánico en el suelo en monocultivos de higuierilla obteniendo valores a diferentes profundidades, por ejemplo a una profundidad de 0 - 20 cm el contenido de carbono orgánico fue de una media de 24 mg.ha⁻¹, de 20 – 40 cm una media de 21 mg.ha⁻¹ y de 0 – 40 cm una media de 45 mg.ha⁻¹ (González *et al.*, 2012).

En la ciudad de Linares, Nuevo León la higuierilla se observa principalmente a orillas de los canales de riego, arroyos y en zonas donde se ha removido el suelo, sin embargo, la importancia que tiene para los pobladores es simplemente nula, además de que no se han realizado estudios que proporcionen datos sobre el análisis del suelo. Es por esto que se colectaron muestras de suelo, de donde se obtuvo el contenido de carbono orgánico, contenido de materia orgánica y el potencial de hidrogeno.

2. HIPÓTESIS

El potencial de hidrógeno, el contenido de carbono orgánico y el contenido de la materia orgánica son similares entre las muestras de suelo donde la higuierilla (*Ricinus communis* L.) crece de manera natural, en Linares, Nuevo León (H₀).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general:

Realizar una análisis de suelo donde la higuierilla (*Ricinus communis* L.), crece de manera natural.

3.2 Objetivos específicos:

1. Determinar el potencial de hidrogeno para cada procedencia donde la higuierilla (*Ricinus communis* L.) crece de manera natural.
2. Obtener el contenido de carbono orgánico y el contenido de la materia orgánica para cada procedencia donde la higuierilla (*Ricinus communis* L.) crece de manera natural.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la ciudad de Linares, N.L. ubicada en las coordenadas geográficas: 24° 51' 35" latitud Norte, 99°34' 0" longitud Oeste. Con altitud media de 350 msnm y una extensión de 2,445.20 km², situada en la parte central sur del estado de Nuevo León (INEGI, 2011). Se fijaron 15 sitios, en los cuales se colectaron muestras de suelo en donde la higuierilla (*Ricinus communis* L.), crece de manera natural (Figura 1).

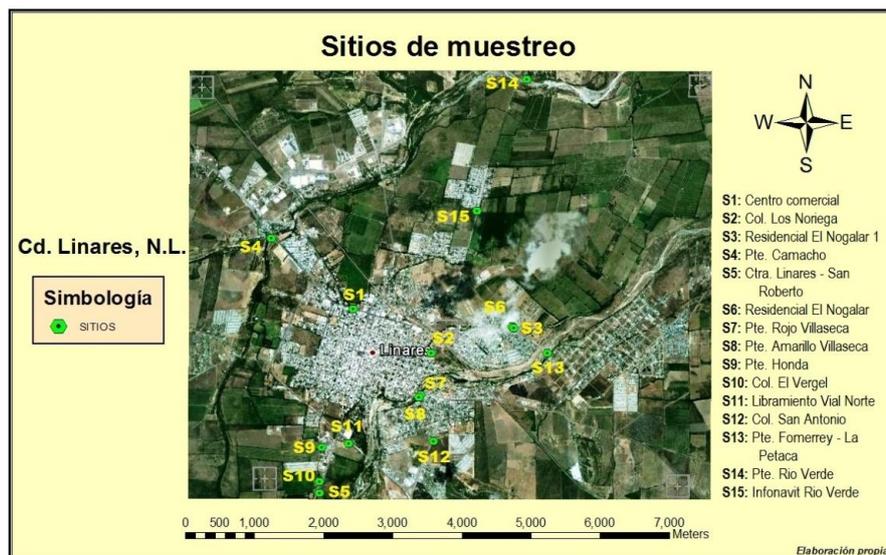


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

4.2 Colecta de muestras de suelo

La colecta de muestras de suelo fue en los lugares donde crece la higuierilla (*Ricinus communis*): en arroyos, sequías, construcciones de viviendas y caminos que presentan remoción de suelo. El procedimiento para la obtención de las muestras fue en base a la nom-021-semarnat-2000. La profundidad del muestreo se sugiere entre 0-20 cm y 0 -30 cm (nom-021-semarnat-2000), como la raíz de la higuierilla es de tipo pivotante, la profundidad de muestreo fue a 50 cm. Además se incluyó información de cada sitio como: nombre del lugar de colecta, coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator), número de muestra, fecha de la colecta y observaciones (Anexo 1).

4.3 Determinación de pH

Se utilizó el método electrométrico para determinar pH en las quince muestras de suelo con tres repeticiones, en una solución de cloruro de calcio (CaCl_2) 0.01 M. Al adicionar la solución, el Ca provoca la floculación del suelo y desplaza los H^+ de los sitios de intercambio hacia la solución del suelo, disminuyendo el valor de pH; además como la concentración de Ca es relativamente baja, el desplazamiento es parcial y los resultados obtenidos son ligeramente menores (entre 0.1 y 0.4 unidades de pH) en relación a los obtenidos con agua pura. La determinación del pH en una solución de CaCl_2 0.01 M tiene la ventaja de que el resultado obtenido es independiente de la concentración de sales presente en suelos no salinos, la lectura se estabiliza más rápido y el valor de pH casi no es afectado por la relación suelo. La relación suelo- CaCl_2 que se utilizó fue de 1:2.

4.3.1 Reactivos utilizados

Los reactivos utilizados fueron de grado químicamente puro.

1. Agua destilada.
2. Solución de cloruro de calcio a una concentración 0.01 M. Se pesó 1.1 g de CaCl_2 y disolvió en un matraz volumétrico en 1000 ml de agua destilada.
3. Soluciones reguladoras de referencia, pH 4.00, 7.00 y 10.0. Las soluciones estuvieron a temperatura ambiente (25°C) al momento de calibrar el medidor de pH.

4.3.2 Material y equipo utilizado

1. Potenciómetro con electrodo de vidrio en combinación con electrodo de referencia.
2. Balanza con 0.01 g de sensibilidad.
3. Frascos de vidrio transparente de boca ancha con capacidad de 50 ml.
4. Pipeta volumétrica de 20 ml.
5. Varilla de vidrio que sirvió como agitador manual.
6. Piceta.
7. Espátula

4.3.3 Procedimiento

1. Se pesó 10 g de suelo por cada muestra y sus repeticiones, colocándolas en un frasco de vidrio de boca ancha.
2. Se adicionaron 20 ml de la solución de cloruro de calcio 0.01 M en el frasco que contenía el suelo.
3. Con una varilla de vidrio se agitaron manualmente la mezcla de suelo: CaCl_2 en intervalos de 5 minutos, durante 30 minutos.
4. Se dejaron reposar las muestras durante 15 minutos.
5. Se calibró el medidor de pH con las soluciones reguladores pH 4.00, 7.00 y 10.00 de acuerdo al tipo de suelo, enjuagando con agua destilada los electrodos, antes de iniciar las

lecturas de las muestras.

6. Se agitó nuevamente la suspensión y se introdujo el electrodo en la suspensión.

Comentarios: Se contaba con 15 muestras de suelo procedentes de los sitios a las cuales se realizaron 3 repeticiones por muestra, obteniendo un total de 45 valores de pH. Paralelamente se tomó la lectura de la conductividad eléctrica (ce) con el potenciómetro utilizando el mismo número de muestras de suelo con sus respectivas repeticiones, reportando los valores en μS (microsiemens)/cm. Sin embargo, en este capítulo se omiten los valores de la conductividad eléctrica debido a errores experimentales de laboratorio.

4.4 Determinación del contenido de carbono orgánico y contenido de materia orgánica

4.4.1 Método: titulación según Walkley – Black (modificado)

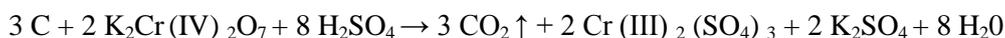
Consistió en la digestión de la materia con ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) oxidación del carbono con dicromato de potasio 0.07 M ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) y titulación del exceso de dicromato con sulfato ferroso 0.2 M ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$). Con este método se consiguen resultados de alta reproducibilidad hasta un contenido de carbono orgánico de 5.0 %. Para muestras con más alto contenido se recomienda el método de combustión seca a 550 °C.

4.4.1.1 Reactivos utilizados

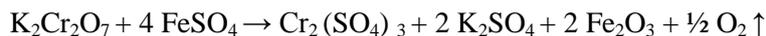
1. Solución de dicromato de potasio 0.07 M ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$): se dejó secar en una estufa a temperatura de 110 ° C durante una hora aproximadamente 50 g del reactivo. Luego se enfrió en un desecador, se pesó 19.583 g y se disolvió en agua destilada hasta complementar un litro.
2. Ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4).
3. Ácido fosfórico concentrado (H_3PO_4).
4. Fluoruro de sodio sólido (NaF).
5. Solución de sulfato ferroso 0.2 M ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$): Se disolvió 111.20 g del reactivo en 600 ml de agua destilada, se añadieron 20 ml de H_2SO_4 concentrado y se complementó a un litro con agua destilada.
6. Solución de ferroina 0.025 M: Se pesó 1.487 g de ortofenantrolina monohidratada ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), 0.695 g de sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) y se disolvieron en agua destilada para completar un litro.

4.4.1.2 Reacción química

1. Oxidación del carbono de la materia orgánica por el dicromato de potasio:



2. Oxidación del Fe del sulfato ferroso por el dicromato de potasio no gastado por el carbono de la materia orgánica:



4.4.1.3 Procedimiento

1. Se pesaron 0.5 g de suelo fino seco al aire en un matraz Erlenmeyer de 250 ml.
2. Se añadió 25 ml de dicromato de potasio 0.07 M.
3. Se añadieron 25 ml de ácido sulfúrico concentrado.
4. Se dejaron reposar las muestras durante 30 minutos.
5. Se diluyó aproximadamente 150 ml de agua destilada.
6. Se añadieron 10 ml de ácido fosfórico concentrado y una punta de espátula (Aproximadamente 0.2 g) de fluoruro de sodio (NaF).
7. Se añadió 0.5 ml del indicador de ferroina 0.025 M.
8. Finalmente se tituló la solución con sulfato ferroso 0.2 M hasta el cambio de color verde azulado a rojo.

4.4.1.4 Cálculos realizados

1. % de Carbono orgánico (% Corg):

$$\% C \text{ org} = 0.779 * (B - M) * 0.4$$

$$0.779 = \left(\frac{12}{4000} * \frac{100}{77} * 100 \right) \div 0.5$$

- 1.2 % de materia orgánica (% M.O.):

$$\% M. O. = 1.343 * (B - M) * 0.4$$

$$1.343 = \left[\left(\frac{12}{4000} * \frac{100}{77} * 100 \right) \div 0.5 \right] \div 0.58$$

B = ml blanco.

M = ml de la muestra.

0.4 = normalidad de la solución de dicromato de potasio y de la solución del sulfato ferroso.

12/4000 = peso equivalente del carbono en mg.

100/77 = factor de recuperación del carbono según Walkley – Black.

0.5 = peso de la muestra en g

0.58 = porcentaje medio del carbono que supuestamente contiene la materia orgánica.

5. ANÁLISIS

Una vez que se generó la matriz de valores con el potencial de hidrogeno, el contenido de carbono orgánico % y el contenido de materia orgánica % (Cuadro 1), se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar el potencial de hidrogeno, el contenido de carbono orgánico % y el contenido de materia orgánica % entre los sitios donde crece la

higuerilla, para así saber si difiere el valor de potencial de hidrogeno, el contenido de carbono orgánico % y el contenido de materia orgánica % entre los sitios. Además se aplicó una prueba de Tukey para saber que sitios son similares en cuanto al potencial de hidrogeno, el contenido de carbono orgánico % y el contenido de materia orgánica % .Se empleó el programa estadístico RStudio, las observaciones fueron tratadas con un nivel de confianza del 95%.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Análisis de las muestras de suelo

En el cuadro 1, se presentan los valores que de potencial de hidrogeno (**pH**), carbono orgánico % (**Corg**) y materia orgánica % (**MO**), que se obtuvieron del análisis de muestras de suelo de quince sitios en Linares, Nuevo, León con sus respectivas repeticiones.

Cuadro 1. Valores de potencial de hidrogeno (pH), contenido de carbono orgánico % (Corg) y contenido de materia orgánica % (MO)

Sitio	pH	Corg	MO	Sitio	pH	Corg	MO	Sitio	pH	Corg	MO
S1	7.68	1.34	2.31	S6	7.61	1.22	2.10	S11	7.54	1.90	3.28
S1	7.69	1.28	2.20	S6	7.61	1.18	2.04	S11	7.62	2.18	3.76
S1	7.67	1.40	2.42	S6	7.61	0.93	1.61	S11	7.61	1.96	3.38
S2	7.74	0.97	1.67	S7	7.81	0.34	0.59	S12	7.46	2.24	3.87
S2	7.74	1.18	2.04	S7	7.78	0.19	0.32	S12	7.44	2.27	3.92
S2	7.72	1.12	1.93	S7	7.78	0.19	0.32	S12	7.42	2.12	3.65
S3	7.66	1.34	2.31	S8	7.73	1.03	1.77	S13	7.86	0.72	1.24
S3	7.63	1.40	2.42	S8	7.72	0.78	1.34	S13	7.84	0.72	1.24
S3	7.67	1.28	2.20	S8	7.71	0.65	1.13	S13	7.84	0.65	1.13
S4	7.72	0.75	1.29	S9	7.73	1.28	2.20	S14	7.88	0.31	0.54
S4	7.74	0.78	1.34	S9	7.72	1.25	2.15	S14	7.87	0.19	0.32
S4	7.73	0.78	1.34	S9	7.7	1.25	2.15	S14	7.88	0.28	0.48
S5	7.53	2.62	4.51	S10	7.68	1.40	2.42	S15	7.85	0.19	0.32
S5	7.54	2.62	4.51	S10	7.69	1.34	2.31	S15	7.84	0.22	0.38
S5	7.56	2.74	4.73	S10	7.7	1.50	2.58	S15	7.86	0.22	0.38

6.1.1Potencial de hidrogeno.

Los valores mínimo y máximo del potencial de hidrogeno (pH) resultaron entre 7.42 a 7.88 respectivamente en las quince muestras de suelo y una media de 7.69, con respecto a la escala de medición del pH de 0-14 (Ver, figura 2).

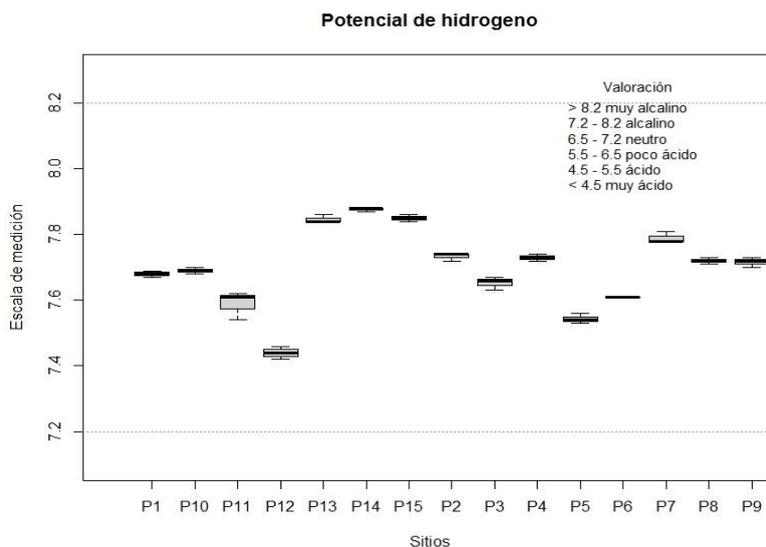


Figura 2. Valoración del potencial de hidrogeno.

6.1.1.1 ANOVA: Potencial de hidrogeno.

En el potencial de hidrogeno para las muestras de suelo donde crece la higuierilla (*Ricinus communis* L.) se encontraron diferencias entre los sitios, dado que $Pr(>F) = <2e-16$ ***, es menor que $\alpha = 0.05$. (Cuadro 2).

Cuadro 2. ANOVA Potencial de hidrogeno en quince sitios de Linares, Nuevo León.

Fuente	gl	SC	CM	Valor-F	Pr(>F)
Sitios	14	0.6029	0.0430	150.2	<2e-16 ***
Residuales	30	0.0086	0.0002		

gl = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, V-F = Valor de F, Pr(>F) = Probabilidad

6.1.1.2 Prueba de Tukey: Potencial de hidrogeno.

Los valores de la probabilidad que son mayores que $\alpha = 0.05$, representan la comparación de las muestras de suelo entre los sitios que son similares, la diferencia de medias en el potencial de hidrogeno y los valores de la probabilidad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Prueba de Tukey: potencial de hidrogeno entre sitios.

Comp. Sitios	Dif. de medias	Pr(>F)	Comp. Sitios	Dif. de medias	Pr(>F)	Comp. Sitios	Dif. de medias	Pr(>F)
S5-S12	0.10	2.28E-06	S13-S11	0.26	4.25E-14	S2-S10	0.04	1.63E-01
S11-S12	0.15	6.45E-10	S15-S11	0.26	4.23E-14	S7-S10	0.10	4.31E-06
S6-S12	0.17	2.98E-11	S14-S11	0.29	4.19E-14	S13-S10	0.16	2.25E-10
S3-S12	0.21	1.24E-13	S3-S6	0.04	1.63E-01	S15-S10	0.16	1.34E-10
S1-S12	0.24	4.52E-14	S1-S6	0.07	1.50E-03	S14-S10	0.19	2.83E-12
S10-S12	0.25	4.32E-14	S10-S6	0.08	2.12E-04	S8-S9	0.00	1.00E+00
S9-S12	0.28	4.19E-14	S9-S6	0.11	1.22E-06	S4-S9	0.01	9.99E-01
S8-S12	0.28	4.19E-14	S8-S6	0.11	6.53E-07	S2-S9	0.02	9.95E-01
S4-S12	0.29	4.19E-14	S4-S6	0.12	1.05E-07	S7-S9	0.07	7.85E-04

S2-S12	0.29	4.19E-14	S2-S6	0.12	5.80E-08	S13-S9	0.13	1.80E-08
S7-S12	0.35	4.19E-14	S7-S6	0.18	7.08E-12	S15-S9	0.13	1.02E-08
S13-S12	0.41	4.19E-14	S13-S6	0.24	4.67E-14	S14-S9	0.16	1.34E-10
S15-S12	0.41	4.19E-14	S15-S6	0.24	4.52E-14	S4-S8	0.01	1.00E+00
S14-S12	0.44	4.19E-14	S14-S6	0.27	4.21E-14	S2-S8	0.01	9.99E-01
S11-S5	0.05	9.94E-02	S1-S3	0.03	8.21E-01	S7-S8	0.07	1.50E-03
S6-S5	0.07	2.86E-03	S10-S3	0.04	3.78E-01	S13-S8	0.13	3.22E-08
S3-S5	0.11	6.53E-07	S9-S3	0.06	5.40E-03	S15-S8	0.13	1.80E-08
S1-S5	0.14	5.77E-09	S8-S3	0.07	2.86E-03	S14-S8	0.16	2.25E-10
S10-S5	0.15	1.10E-09	S4-S3	0.08	4.08E-04	S2-S4	0.00	1.00E+00
S9-S5	0.17	1.83E-11	S2-S3	0.08	2.12E-04	S7-S4	0.06	1.01E-02
S8-S5	0.18	1.14E-11	S7-S3	0.14	5.77E-09	S13-S4	0.12	1.92E-07
S4-S5	0.19	2.83E-12	S13-S3	0.19	1.17E-12	S15-S4	0.12	1.05E-07
S2-S5	0.19	1.81E-12	S15-S3	0.20	7.60E-13	S14-S4	0.15	1.10E-09
S7-S5	0.25	4.36E-14	S14-S3	0.22	6.63E-14	S7-S2	0.06	1.85E-02
S13-S5	0.30	4.19E-14	S10-S1	0.01	1.00E+00	S13-S2	0.11	3.53E-07
S15-S5	0.31	4.19E-14	S9-S1	0.04	3.78E-01	S15-S2	0.12	1.92E-07
S14-S5	0.33	4.19E-14	S8-S1	0.04	2.55E-01	S14-S2	0.14	1.90E-09
S6-S11	0.02	9.75E-01	S4-S1	0.05	5.85E-02	S13-S7	0.06	1.85E-02
S3-S11	0.06	5.40E-03	S2-S1	0.05	3.33E-02	S15-S7	0.06	1.01E-02
S1-S11	0.09	2.98E-05	S7-S1	0.11	6.53E-07	S14-S7	0.09	5.72E-05
S10-S11	0.10	4.31E-06	S13-S1	0.17	4.89E-11	S15-S13	0.00	1.00E+00
S9-S11	0.13	3.22E-08	S15-S1	0.17	2.98E-11	S14-S13	0.03	6.82E-01
S8-S11	0.13	1.80E-08	S14-S1	0.20	7.60E-13	S14-S15	0.03	8.21E-01
S4-S11	0.14	3.30E-09	S9-S10	0.03	8.21E-01	S2-S10		
S2-S11	0.14	1.90E-09	S8-S10	0.03	6.82E-01	S7-S10		
S7-S11	0.20	5.05E-13	S4-S10	0.04	2.55E-01	S13-S10		

6.1.2 Contenido de carbono orgánico %.

Los valores de carbono orgánico (Corg), fueron entre 0.19 % como mínimo a 2.74% máximo y una media de 1.16%. La mayor parte de las muestras se encuentran entre 0.75 – 1.50% de contenido de carbono orgánico. Los sitios: S11, S12 y S5 superan el 1.50% de carbono orgánico, con valores medios de: 2.01%, 2.21% y 2.66% respectivamente. Así mismo los sitios: S7 y S15 representan un contenido de carbono orgánico muy escaso con valores de 0.24% para el sitio 7 y 0.212% para el sitio 15 (Ver, figura 3).

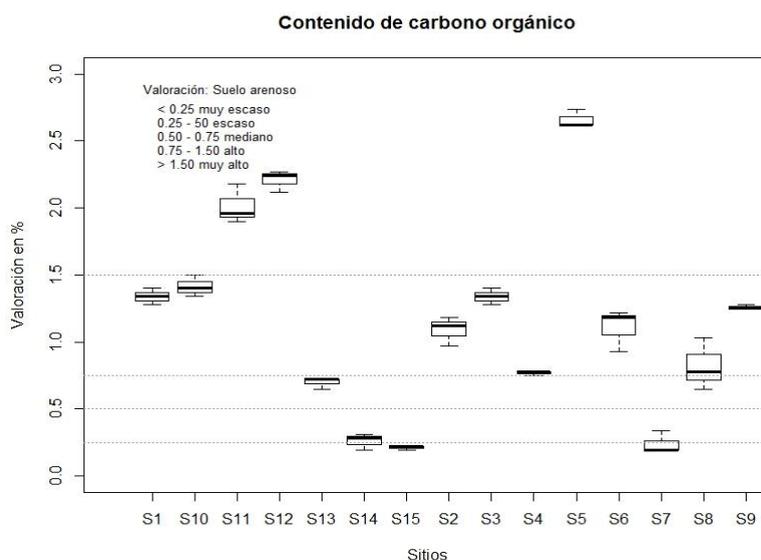


Figura 3. Valoración del contenido de carbono orgánico.

6.1.2.1 ANOVA: Contenido de carbono orgánico %.

En el contenido de carbono orgánico para las muestras de suelo donde crece la higuera (*Ricinus communis* L.) se encontraron diferencias entre los sitios, dado que $Pr(>F) = <2e-16$ ***, es menor que $\alpha = 0.05$. (Cuadro 4).

Cuadro 4. ANOVA Contenido de carbono orgánico en quince sitios de Linares, Nuevo León.

Fuente	gl	SC	CM	Valor-F	Pr(>F)
Sitios	14	21.805	1.5575	174.1	<2e-16 ***
Residuales	30	0.268	0.0089		

gl = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, V-F = Valor de F, Pr(>F) = Probabilidad

6.1.2.2 Prueba de Tukey: Contenido de carbono orgánico %.

Los valores de la probabilidad mayores que $\alpha = 0.05$, representan la comparación de las muestras de suelo entre los sitios que son similares, la diferencia de medias en el contenido de carbono orgánico y los valores de la probabilidad (Cuadro 5).

Cuadro 5. Prueba de Tukey: Contenido de carbono orgánico entre sitios.

Comp. Sitios	Dif. de medias	Pr(>F)	Comp. Sitios.	Dif. de medias	Pr(>F)	Comp. Sitios.	Dif. de medias	Pr(>F)
S7-S15	0.03	1.00E+00	S11-S14	1.75	4.19E-14	S3-S2	0.25	1.33E-01
S14-S15	0.05	1.00E+00	S12-S14	1.95	4.19E-14	S10-S2	0.32	1.49E-02
S13-S15	0.49	5.24E-05	S5-S14	2.40	4.19E-14	S11-S2	0.92	6.02E-11
S4-S15	0.56	4.11E-06	S4-S13	0.07	1.00E+00	S12-S2	1.12	4.76E-13
S8-S15	0.61	7.59E-07	S8-S13	0.12	9.46E-01	S5-S2	1.57	4.19E-14
S2-S15	0.88	1.97E-10	S2-S13	0.39	1.39E-03	S9-S6	0.15	8.14E-01
S6-S15	0.90	1.13E-10	S6-S13	0.41	6.91E-04	S1-S6	0.23	2.19E-01
S9-S15	1.05	2.38E-12	S9-S13	0.56	3.67E-06	S3-S6	0.23	2.19E-01
S1-S15	1.13	3.86E-13	S1-S13	0.64	2.53E-07	S10-S6	0.30	2.82E-02
S3-S15	1.13	3.86E-13	S3-S13	0.64	2.53E-07	S11-S6	0.90	1.04E-10
S10-S15	1.20	1.05E-13	S10-S13	0.72	2.43E-08	S12-S6	1.10	7.38E-13
S11-S15	1.80	4.19E-14	S11-S13	1.32	4.74E-14	S5-S6	1.55	4.19E-14
S12-S15	2.00	4.19E-14	S12-S13	1.51	4.19E-14	S1-S9	0.08	9.99E-01
S5-S15	2.45	4.19E-14	S5-S13	1.96	4.19E-14	S3-S9	0.08	9.99E-01
S14-S7	0.02	1.00E+00	S8-S4	0.05	1.00E+00	S10-S9	0.15	7.91E-01
S13-S7	0.46	1.50E-04	S2-S4	0.32	1.66E-02	S11-S9	0.75	7.85E-09
S4-S7	0.53	1.15E-05	S6-S4	0.34	8.59E-03	S12-S9	0.95	2.96E-11
S8-S7	0.58	2.08E-06	S9-S4	0.49	4.66E-05	S5-S9	1.40	4.30E-14
S2-S7	0.85	4.58E-10	S1-S4	0.57	2.92E-06	S3-S1	0.00	1.00E+00
S6-S7	0.87	2.60E-10	S3-S4	0.57	2.92E-06	S10-S1	0.07	1.00E+00
S9-S7	1.02	4.94E-12	S10-S4	0.64	2.53E-07	S11-S1	0.67	9.56E-08
S1-S7	1.10	7.38E-13	S11-S4	1.24	6.83E-14	S12-S1	0.87	2.60E-10
S3-S7	1.10	7.38E-13	S12-S4	1.44	4.23E-14	S5-S1	1.32	4.70E-14
S10-S7	1.17	1.67E-13	S5-S4	1.89	4.19E-14	S10-S3	0.07	1.00E+00
S11-S7	1.77	4.19E-14	S2-S8	0.27	7.66E-02	S11-S3	0.67	9.56E-08
S12-S7	1.97	4.19E-14	S6-S8	0.29	4.25E-02	S12-S3	0.87	2.60E-10
S5-S7	2.42	4.19E-14	S9-S8	0.44	2.70E-04	S5-S3	1.32	4.70E-14
S13-S14	0.44	3.04E-04	S1-S8	0.52	1.63E-05	S11-S10	0.60	1.06E-06
S4-S14	0.51	2.31E-05	S3-S8	0.52	1.63E-05	S12-S10	0.80	2.14E-09
S8-S14	0.56	4.11E-06	S10-S8	0.59	1.33E-06	S5-S10	1.25	6.67E-14
S2-S14	0.83	8.11E-10	S11-S8	1.19	1.21E-13	S12-S11	0.20	4.40E-01

S6-S14	0.85	4.58E-10	S12-S8	1.39	4.32E-14	S5-S11	0.65	2.27E-07
S9-S14	1.00	8.15E-12	S5-S8	1.84	4.19E-14	S5-S12	0.45	1.90E-04
S1-S14	1.08	1.17E-12	S6-S2	0.02	1.00E+00			
S3-S14	1.08	1.17E-12	S9-S2	0.17	6.62E-01			
S10-S14	1.15	2.41E-13	S1-S2	0.25	1.33E-01			

6.1.3 Contenido de materia orgánica %.

Para obtener los valores de la materia orgánica previamente se calcula el contenido de carbono orgánico, así estas variables están completamente relacionadas. En las muestras de suelo se obtuvo un contenido de materia orgánica como mínimo de 0.32 % en el sitio Infonavit Rio Verde (S15), un máximo de 4.73% en el sitio Ctra. Linares – San Roberto (S5) y una media de 2.00% (Figura 3).

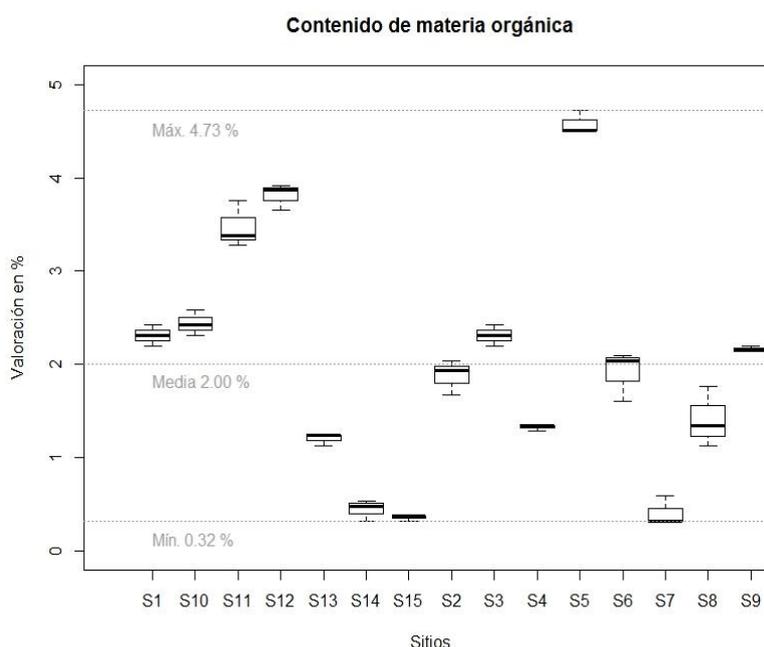


Figura 4. Valoración del contenido de la materia orgánica

6.1.3.1 ANOVA: Contenido de materia orgánica.

Se encontraron diferencias entre los sitios con respecto al contenido de materia orgánica en las muestras de suelo donde crece la higuera (*Ricinus communis* L.), dado que $Pr(>F) = <2e-16$ ***, es menor que $\alpha = 0.05$ (Cuadro 6).

Cuadro 1. ANOVA Contenido de materia orgánica en quince sitios de Linares, Nuevo León.

Fuente	gl	SC	CM	Valor-F	Pr(>F)
Sitios	14	64.89	4.635	173.1	<2e-16 ***
Residuales	30	0.80	0.027		

gl = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, V-F = Valor de F, Pr(>F) = Probabilidad

6.1.3.2 Prueba de Tukey: Contenido de materia orgánica %.

Nuevamente se comprobó que sitios son similares con la prueba de Tukey para el contenido de materia orgánica, sitios que resultaron iguales en la prueba de Tukey para el contenido de carbono orgánico, debido a que la materia orgánica se deriva del carbono orgánico. Los valores de la probabilidad mayores que $\alpha = 0.05$, representan la comparación de las muestras de suelo entre los sitios que son similares, la diferencia de medias en el contenido de materia orgánica y los valores de la probabilidad (Cuadro 5).

Cuadro 2. Prueba de Tukey: Contenido de materia orgánica entre sitios.

Comp. Sitios	Dif. de medias	Pr(>F)	Comp. Sitios.	Dif. de medias	Pr(>F)	Comp. Sitios.	Dif. de medias	Pr(>F)
S7-S15	0.05	1.00E+00	S11-S14	3.03	4.19E-14	S3-S2	0.43	1.38E-01
S14-S15	0.09	1.00E+00	S12-S14	3.37	4.19E-14	S10-S2	0.56	1.56E-02
S13-S15	0.84	5.09E-05	S5-S14	4.14	4.19E-14	S11-S2	1.59	6.41E-11
S4-S15	0.96	4.58E-06	S4-S13	0.12	1.00E+00	S12-S2	1.93	5.02E-13
S8-S15	1.05	7.88E-07	S8-S13	0.21	9.52E-01	S5-S2	2.70	4.19E-14
S2-S15	1.52	2.05E-10	S2-S13	0.68	1.50E-03	S9-S6	0.25	8.49E-01
S6-S15	1.56	1.14E-10	S6-S13	0.71	7.15E-04	S1-S6	0.39	2.33E-01
S9-S15	1.81	2.72E-12	S9-S13	0.96	4.58E-06	S3-S6	0.39	2.33E-01
S1-S15	1.95	4.09E-13	S1-S13	1.11	2.84E-07	S10-S6	0.52	3.07E-02
S3-S15	1.95	4.09E-13	S3-S13	1.11	2.84E-07	S11-S6	1.56	1.14E-10
S10-S15	2.08	1.09E-13	S10-S13	1.23	2.73E-08	S12-S6	1.90	8.01E-13
S11-S15	3.11	4.19E-14	S11-S13	2.27	4.79E-14	S5-S6	2.67	4.19E-14
S12-S15	3.45	4.19E-14	S12-S13	2.61	4.19E-14	S1-S9	0.14	9.98E-01
S5-S15	4.22	4.19E-14	S5-S13	3.38	4.19E-14	S3-S9	0.14	9.98E-01
S14-S7	0.04	1.00E+00	S8-S4	0.09	1.00E+00	S10-S9	0.27	7.71E-01
S13-S7	0.79	1.41E-04	S2-S4	0.56	1.56E-02	S11-S9	1.31	7.39E-09
S4-S7	0.91	1.24E-05	S6-S4	0.59	7.78E-03	S12-S9	1.65	2.82E-11
S8-S7	1.00	2.08E-06	S9-S4	0.84	5.09E-05	S5-S9	2.42	4.32E-14
S2-S7	1.47	4.61E-10	S1-S4	0.99	2.89E-06	S3-S1	0.00	1.00E+00
S6-S7	1.51	2.54E-10	S3-S4	0.99	2.89E-06	S10-S1	0.13	1.00E+00
S9-S7	1.76	5.54E-12	S10-S4	1.11	2.51E-07	S11-S1	1.16	9.83E-08
S1-S7	1.90	7.67E-13	S11-S4	2.15	6.87E-14	S12-S1	1.50	2.68E-10
S3-S7	1.90	7.67E-13	S12-S4	2.49	4.23E-14	S5-S1	2.27	4.76E-14
S10-S7	2.03	1.72E-13	S5-S4	3.26	4.19E-14	S10-S3	0.13	1.00E+00
S11-S7	3.06	4.19E-14	S2-S8	0.47	7.71E-02	S11-S3	1.16	9.83E-08
S12-S7	3.40	4.19E-14	S6-S8	0.50	4.13E-02	S12-S3	1.50	2.68E-10
S5-S7	4.17	4.19E-14	S9-S8	0.75	3.17E-04	S5-S3	2.27	4.76E-14
S13-S14	0.76	2.97E-04	S1-S8	0.90	1.73E-05	S11-S10	1.04	1.09E-06
S4-S14	0.88	2.59E-05	S3-S8	0.90	1.73E-05	S12-S10	1.38	2.20E-09
S8-S14	0.97	4.29E-06	S10-S8	1.02	1.41E-06	S5-S10	2.15	6.96E-14
S2-S14	1.43	8.46E-10	S11-S8	2.06	1.25E-13	S12-S11	0.34	4.41E-01
S6-S14	1.47	4.61E-10	S12-S8	2.40	4.34E-14	S5-S11	1.11	2.67E-07
S9-S14	1.72	9.43E-12	S5-S8	3.17	4.19E-14	S5-S12	0.77	2.26E-04
S1-S14	1.86	1.25E-12	S6-S2	0.04	1.00E+00			
S3-S14	1.86	1.25E-12	S9-S2	0.29	6.97E-01			
S10-S14	1.99	2.56E-13	S1-S2	0.43	1.38E-01			

7. CONCLUSIONES

El método titulación según Walkley – Black (modificado), resulto ser el más adecuado para obtener el contenido carbono orgánico, ya que permite obtener valores menores al 5%. Incluso se encontraron diferencias significativas entre las muestras de suelo de los sitios. El suelo donde crece la higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Linares, Nuevo León, es un suelo de tipo arenoso y alcalino con valores entre 7.2 a 8.2, según la escala de medición del potencial de hidrogeno (pH). Resultando también que el contenido de carbono orgánico % en el suelo donde crece la higuierilla (*Ricinus communis* L.), fue de una valoración en suelo arenoso de: *contenido alto*, con respecto a la media de 1.16%. Como el cálculo de la materia orgánica se deriva del contenido de carbono orgánico, se concluye que los suelos arenosos donde crece la higuierilla tienen un alto contenido de materia orgánica, probablemente derivado de la observación de que las plantas de *Ricinus communis* L, en Linares, Nuevo León, crecen junto a árboles como mezquites, sabinos y sauces que se encuentran a orillas de arroyos, ríos y canales de riego. Como el potencial de hidrogeno, el carbono orgánico y la materia orgánica, tienen un impacto sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, se recomienda realizar un análisis de los macro y micronutrientes, para así saber los requerimientos en nutrientes de la higuierilla *Ricinus communis* L. en Linares, Nuevo León.

8. BIBLIOGRAFÍA

Córdoba Gaona O.J. 2012. Comportamiento ecofisiológico de variedades de higuierilla (*Ricinus communis* L.) para la producción sostenible de aceite y biodiesel en diferentes agroecosistemas colombianos. UNC - FCA. Medellín, Colombia. Doc. pdf. pp. 48. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/9145/1/15511686.2012.pdf>

González Molina L. et al. 2012. Simulación de cambios de carbono orgánico del suelo en sistema de cultivo con higuierilla por el modelo RothC. INIFAP. Estado de México, México. Pesq. agropec. bras. vol.47 no.11 Brasília Nov. 2012

Iglesias Casanueva R y Taha Hinojosa E. 2010. Monografías de especies anuales, arbustivas y acuícolas con potencial energético en Chile. Odepa – Ministerio de Agricultura. Doc. pdf. pp. 42. Disponible en: <http://www.odepa.cl/odepaweb/publicaciones>

INEGI, 2011. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Estadísticas análisis poblacional y crecimiento físico (México): México, INEGI.

Kononova M. 1982. Materia orgánica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación. Barcelona: Oikos-Tau. pp. 365.

Sánchez Medina I.A. 2012. Obtención y caracterización de biodiesel a partir de semillas de *Ricinus communis*. (Higuierilla) modificadas genéticamente y cultivadas en el eje cafetero. Universidad Tecnológica de Pereira – Facultad de Tecnología. Doc. pdf.

pp. 150. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co>

9. ANEXOS

Anexo 1. Ficha de colecta y ubicación de los sitios.

Muestra	Nombre del lugar	Fecha de colecta	Coordenadas UTM	Observaciones
1	Calle García Rodríguez (Aurrera)	14-05-12	442465.59 m E 2750195.68 m N	Muestra a 20 cm de profundidad.
2	Calle Rosa García Fraccionamiento Los Noriega	15-05-12	443594.58 m E 2749551.70 m N	Muestra a 50 cm de profundidad.
3	Av. Nogal Colonia Fomerrey	8-05-12	444765.00 m E 2749936.00 m N	Muestra a 50 cm de profundidad
4	Carretera 85 Km 5.5	15-05-12	441284.56 m E 2751229.12 m N	Muestra a 50 cm de profundidad
5	Carretera San Roberto-Linares Colonia El Vergel	15-05-12	441982.00 m E 2747510.00 m N	Muestra a 50 cm de profundidad
6	Av. Nogal Colonia Fomerrey	8-05-12	444786.00 m E 2749921.00 m N	Muestra a 50 cm de profundidad
7	Rio Pablillo – Puente rojo	14-05-12	443441.28 m E 2748948.42 m N	Muestra a 50 cm de profundidad
8	Rio Pablillo – Puente rojo	14-05-12	443413.35 m E 2748908.21 m N	Muestra a 50 cm de profundidad
9	Calle Emiliano Zapata entre Juan Escutia y Agustín Melgar, Linares, N.L.	13-02-13	442015.00 m E 2748178.00 m N	Muestra a 50 cm de profundidad
10	Calle Emiliano Zapata Colonia El Vergel		441977.00 m E 2747685.00 m N	Muestra a 50 cm de profundidad
11	Libramiento Vial Norte	13-02-13	442402.79 m E 2748229.86 m N	Muestra a 50 cm de profundidad
12	Carretera Nacional Colonia San Antonio	13-02-13	443625.00 m E 2748268.00 m N	Muestra a 50 cm de profundidad
13	Rio Pablillo Colonia Fomerrey	13-02-13	445276.00 m E 2749551.31 m N	Muestra a 50 cm de profundidad
14	Puente rio Verde Ejido Lampazos	13-02-13	444979.65 m E 2753538.35 m N	Muestra a 50 cm de profundidad
15	Infonavit Rio Verde	13-02-13	444256.01 m E 2751628.24 m N	Muestra a 50 cm de profundidad

Capítulo III. Evaluación del crecimiento y rendimiento de (*Ricinus communis* L.), bajo dos sistemas de cultivo en Linares, Nuevo León, México.

RESUMEN

Se llevó a cabo un ensayo, con el objetivo de evaluar el crecimiento y rendimiento de dos parcelas con higuera (*Ricinus communis* L.) en el Ejido El Carmen de Los Elizondo, en Linares, Nuevo León. Para ello se establecieron dos parcelas de 144 m², con una distribución de la planta sobre el terreno de forma irregular. Los tratamientos fueron: sin acolchado (Parcela 1) y con acolchado (Parcela 2). El acolchado consistió en colocar una cubierta de hule blanco sobre la superficie del suelo, cubriendo el ancho de las cepas. Del 15 de Febrero hasta el 15 de Junio de 2013 se midió la altura, el diámetro a la base del tallo y el número de hojas, obteniendo como resultado un total de 80 observaciones con tres variables en las dos unidades experimentales. Además, se obtuvo el rendimiento de las dos parcelas, para esto se consideró: el peso de la semilla y el peso de la cáscara. Una vez que se evaluaron las características de la planta: altura, diámetro y número de hojas en las dos parcelas, se obtuvieron plantas de porte bajo: con alturas máximas de 31.70 cm en la parcela 1 y de 35 cm en la parcela 2. El diámetro durante las cinco fechas de medición (15/02/13 a 15/06/13) fue de una media de 0.71 cm para la parcela 1 y para la parcela 2 una media de 0.84 cm. El número de hojas en la última fecha de medición (15/06/13), en la parcela 1 y parcela 2 fue de una media de 5.97 y de 9.27 hojas, respectivamente. Así mismo el rendimiento en la parcela 1 fue de: 3.27 kg ha⁻¹ y en la parcela 2 se obtuvo un rendimiento de 7.34 kg ha⁻¹.

ABSTRACT

A test was carried out to evaluate the growth and yield of two areas with castor (*Ricinus communis* L.) in El Ejido El Carmen de Los Elizondo, in Linares, Nuevo León. Two sample plots of 144 m² were established, with an irregular distribution of the plant on the ground. The treatments established were: without mulching (Plot 1) and with mulching (Plot 2). The mulching treatment consisted of placing a cover over the ground, covering the width of the strains. From 15th February to 15th June 2013 the height, diameter at the base of the stem and leaf number were measured, resulting in a total of 80 observations with three variables in the two measurement units. Also, the seed weight and the weight of the shell were obtained to analyse the yield of the two plots. Once the main characteristics of the plant were assessed, low height plants were selected (maximum height of 31.70 cm in plot 1 and 35 cm in plot 2). The mean diameter for the five measurement dates (15/02/13 to 06/15/13) was 0.71 cm for plot 1 and 0.84 cm for plot 2. The mean number of sheets in the last measurement (6/15/13) was 5.97 in plot 1 and 9.27 in plot 2. The yield was 3.27 kg ha⁻¹ in plot 1 and 7.34 kg ha⁻¹ in plot 2.

1. ANTECEDENTES

Camacho Villalobos en el 2007, evaluó cuatro cultivares de higuierilla (*Ricinus communis* L.), ubicados en la selva del Perú, obteniendo como resultado que el cultivar BRS energía (Una variedad de semilla) presentó una floración precoz a los 55 días, que los cultivares BRS Nordesteña, BRS Paraguaçu, selección Pucallpa e higuierilla criolla (80,86 y 86 días, respectivamente). Así mismo reportando que la cosecha fue a los 140 días, siendo que la planta de *Ricinus communis* L., un ciclo de 200 a 280 días (Milani *et al.*, 2007).

Con relación a la evaluación de altura de planta (Camacho, 2007), se apreció que existen variaciones, las mayores alturas observadas en los cultivares BRS Paraguaçu, higuierilla criolla y selección Pucallpa fueron de 161, 127 y 122 cm, respectivamente, mientras que BRS Nordesteña y BRS Energía presentaron 121 y 96 cm. Aun así, BRS Paraguaçu y BRS Nordesteña obtuvieron menor tamaño que lo presentó normalmente en la región Noreste de Brasil, que es de 160 a 190 cm (Cartaxo *et al.*, 2004).

También en cuanto al rendimiento en semilla, todos los cultivares presentaron baja productividad: menor de 1.500 kg ha⁻¹, por ejemplo: El cultivar BRS Energía fue el más promisorio, pues obtuvo mayor rendimiento: 696.5 kg ha⁻¹ (Camacho, 2007), además mencionó que se atribuyó a que el potencial de rendimiento fue disminuido debido al estrés generado por la falta de agua que se tuvo en el primer mes de la siembra. Así mismo la acidez del suelo también puede contribuir para el bajo rendimiento, pues la higuierilla es un planta sensible a la acidez del suelo (Lima *et al.*, 2007). De igual forma Lopez *et al.* en el 2008, explicó que la duración del ciclo del cultivo de la higuierilla (*Ricinus communis* L.) es de 250 días, de los cuales tarda de 6 a 15 días para la germinación, 100 días de fase vegetativa y 135 días de fase productiva y que el rendimiento promedio esperado es de 30 a 35 quintales de cáscara y semilla, siendo el equivalente de 18 a 21 quintales de semilla.

Rendón *et al.* en el 2009, indicó que en 20 ha y a partir de los 120 días de la siembra, se podría obtener una primera fructificación, con un rendimiento promedio de 375 kg ha⁻¹ y a partir de ocho meses en adelante la planta puede alcanzar un rendimiento óptimo de 2250 kg de semillas por hectárea, durante cinco años. Los niveles de rendimiento pueden variar de 250 – 1100 kg ha⁻¹ tomando los ejemplos de Tailandia y Rusia como extremo mínimo y máximo respectivamente (Sema, 1981).

En México, particularmente en el Estado de Oaxaca la higuierilla se cultiva intercalada con plantas de maíz y presenta ingresos monetarios de hasta \$9,000.00/ha con un rendimiento promedio de 850 kg/ha para la higuierilla y de 600 kg ha⁻¹ para el maíz, con un precio de venta de cinco pesos por kilogramos para ambos cultivos. Sin embargo, la higuierilla se representa como un bajo sistema de intercalación con maíz, (mediana rentabilidad) con ganancia neta por hectárea de \$2,500.00. De los cultivos que actualmente se llevan a cabo: el frijol criollo de temporal y el maíz de riego, resultan

con mejores indicadores de rentabilidad. Por lo que el sistema de higuerrilla tendría que mejorarse en cuanto a productividad para que pueda mostrar mejores indicadores y así ser atractivo para los productores locales (Rodríguez *et al.*, 2013)

Finalmente González E. A. en 2006, reportó que la variedad mamona blanca (Higuerrilla) o ecuatoriana blanca. Tiene las siguientes características: un contenido de aceite del 48%, que se cultiva desde los 500 hasta los 1800 msnm, con un tiempo de cosecha 5 - 7 meses y un rendimiento por hectárea: 2 a 5 kg. Igualmente, la variedad mamona negra, tiene un contenido de 52% de aceite, que se cultiva desde los 0 hasta los 600 msnm, con un tiempo de cosecha 4 - 5 meses y un rendimiento por hectárea: 2 a 4 Kg.

El predio en el que se trabajó se localiza en el Ejido El Carmen de Los Elizondo, en el municipio de Linares, Nuevo León, pertenece a un ecosistema de matorral semidesértico, con especies nativas como: *Havardia pallens* Britt. & Rose (Tenaza), *Helietta parvifolia* (A. Gray) Benth (Barreta), *Condalia hookeri* M.C. Johnston (Brasil), *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (Huizache), *Prosopis glandulosa* M.C. Johnst. (Mezquite) y cactáceas como *Opuntia sp.* (Nopal). Con el transcurso del tiempo el predio fue desmontado y se transformó en pastizal, ya que los propietarios se convirtieron en ganaderos (vacas y cabras), con el transcurso de los años, la tierra dio cada vez menos pastura, volviendo no redituable la actividad ganadera, por lo cual, el terreno fue abandonado.

2. HIPÓTESIS

Las características de crecimiento de la higuerrilla (*Ricinus communis* L.): altura, diámetro y número de hojas son similares entre parcelas, fechas y la interacción parcela: fechas (H_0).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general:

Evaluar el crecimiento y rendimiento de dos parcelas con higuerrillas en el Ejido El Carmen de Los Elizondo, en Linares, Nuevo León.

3.2 Objetivos específicos:

1. Evaluar el crecimiento de las plantas de higuerrillas en dos parcelas: Con acolchado y sin acolchado.
2. Evaluar el rendimiento de las plantas de higuerrillas en dos parcelas: Con acolchado y sin acolchado.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de trabajo

El Ejido El Carmen de los Elizondo se encuentra en las coordenadas geográficas; Longitud Oeste 99°26'16.763" y Latitud Norte 24°58'34.788" DATUM NAD27 (INEGI 2011). Se localiza en el municipio de Linares, Nuevo León, México. Su clima es semicálido subhúmedo con una temperatura media anual es de 22°C. A una altitud media de 280 m.s.n.m. Cuenta con una población total de 162 habitantes. Los suelos predominantemente son vertisoles y regosoles. La precipitación anual promedio es de 750 mm con una desviación estándar de 250 mm y una media de 80 precipitaciones anuales. (Navar Cháidez, 2003).

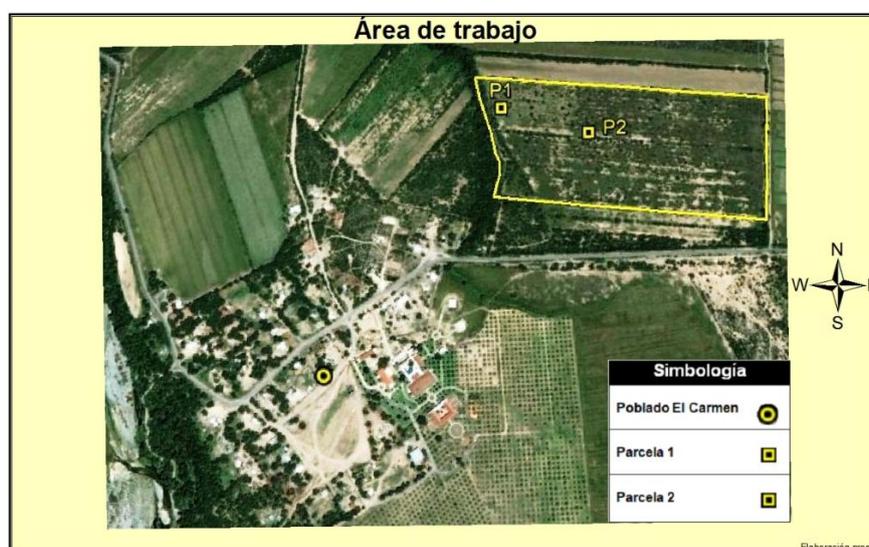


Figura 1. Ubicación del área de trabajo.

Se delimitaron dos cuadrados de 12 x 12 m, cada uno. La selección del área fue de forma dirigida tomando en cuenta el fácil acceso y disponibilidad de agua, además se marcaron los puntos para fijar la ubicación de las cepas para el transplante de las plántulas de higuierilla. La separación entre parcelas fue de 170 m, aproximadamente (Ver, figura 1.).

4.2 Preparación del terreno

Las dos parcelas fueron en un área de matorral, predominando árboles de mezquite. Se realizaron labores complementarias como podas en la vegetación arbórea, así mismo se removió la vegetación herbácea y los pastos utilizando una cortadora automatizada. Además se cavaron cepas de 50 cm de profundidad por 50 cm de diámetro, cada una de las cepas se relleno con un sustrato que consistió en una mezcla de suelo arenoso (60%) procedente de los sitios donde la higuierilla crece de manera natural (Rio Pablillo, entre Ave. Venustiano Carranza y Pte. Negro), perlita (20%) y composta (20%): formada por desperdicios domésticos como: frutas y verduras, además de partes vegetativas como

ramas y hojas, esto para propiciar un ambiente de suelo similar en donde crece la higuierilla.

4.3 Establecimiento de las unidades experimentales

Las plántulas que se utilizaron para establecer las dos parcelas, fueron obtenidas de la germinación de semillas presentes en el suelo que se utilizó para formar las cepas. El suelo utilizado fue de un sitio donde la higuierilla crece de manera natural: Rio Pablillo, entre Avenida. Venustiano Carranza y Puente. Negro). Se utilizó 1.96 m³ de mezcla de sustrato en cada parcela, en el que germinaron 215 semillas. El tiempo de germinación fue a los 7 días. En cada una de las dos unidades experimentales, se trasplantaron 40 plántulas de higuierilla. La distribución de la planta sobre el terreno fue de forma irregular, tomando como referencia la ubicación del arbolado presente, ya que las cepas fueron situadas debajo de las copas de los árboles de mezquites.

Los tratamientos que se aplicaron fueron; sin acolchado (Parcela 1 “P1”) y con acolchado (Parcela 2 “P2”). El acolchado consistió en colocar una cubierta de hule blanco sobre la superficie del suelo, cubriendo el ancho (50 cm) de cada una de las cuarenta cepas de la parcela 2, con el objetivo de retrasar la evaporación de agua que se le proporcione a cada planta durante riego, para comprobar si existió alguna diferencia entre las variables de crecimiento.

4.4 Monitoreo del crecimiento de las plantas de higuierillas.

Las mediciones de alturas se efectuaron cada mes, a partir del 15 de Febrero hasta el 15 de Junio de 2013, obteniendo como resultado el número de hojas vivas presentes en cada planta. Así mismo, una vez que el tallo lignificó se registró el diámetro del tallo a la base o cuello de la planta. En la etapa de plántula se requirió de un ambiente de sustrato húmedo por lo cual el riego fue equitativo para las dos parcelas, efectuándolo cada tercer día según la experiencia, ya que periodos más largos sin riego repercuten en un estrés hídrico con marchites de hojas y tallos.

4.5 Cosecha

La cosecha comenzó cuando el racimo presentó una coloración verde - rojizo, ya que de no ser así, la infrutescencia se abre y la semilla cae al suelo: se efectuó la revisión del cultivo de dos veces por semana, debido a que una vez maduro el fruto la semilla se dispersa hasta varios metros de distancia, probablemente saliendo del límite de la parcela experimental. Para la cosecha se utilizaron bolsas de papel y tijeras para cortar los racimos que presentaron las debidas características. Para el manejo de la semilla se transportaron y almacenaron en bolsas de papel estraza, con el tratamiento de secado al sol se evitó la aparición de hongos que afectaran la calidad de la semilla y probablemente el rendimiento en el contenido de aceite.

5. ANÁLISIS

Durante cinco intervalos de tiempo nombrados: Fecha 1, Fecha 2, Fecha 3, Fecha 4 y Fecha 5, que comprendieron del 15 de Febrero al 15 de Junio de 2013, se midió: la altura (h) y el diámetro (d) a la base del cuello, expresados en cm, también se contabilizó el número de hojas (nh) para cada una de las plantas. Así mismo se utilizó una trama de datos para representar gráficamente las variables de crecimiento (h , d y nh), que consistió en 80 observaciones en cada una de las cinco fechas (Ver Anexo 1).

En el programa R se empleó la función: manova, que se utilizó para el análisis multivariante de la varianza, se diferencia del anova (análisis de la varianza) en la selección de un método de síntesis diferente: La función manova llama a la función de análisis de la varianza (aov) y luego añade la clase "manova" al objeto de resultado para cada estrato. El objeto de trabajo radicó de dos estratos para la columna **Parcela**: parcela 1 "P1" y parcela 2 "P2", cinco estratos para fechas (t); F1, F2, F3, F4, y F5, además los valores de altura (h), diámetro (d) a la base del cuello y número de hojas (nh). El objeto descrito contiene los mismos valores como en el anexo 1, solo que se ordenaron de distinta forma para el MANOVA (Anexo 2). Una vez ejecutado el MANOVA, también se aplicó análisis de varianza (ANOVA) para obtener estadísticas univariadas y así comparar la altura, el diámetro y el número de hojas, para así saber si difiere la altura, el diámetro y el número de hojas: entre **parcelas**, **fechas** y la interacción **parcela: fechas**. Además, se aplicó una prueba de Tukey para saber que parcelas, fechas e interacciones son similares, las observaciones fueron tratadas con un nivel de confianza del 95%.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Representación gráfica del crecimiento de *Ricinus communis*

En el cuadro 1 se presenta el resumen de la base de datos que se utilizó para la representación grafica del crecimiento de higuierilla.

Cuadro 1. Resumen: Media, mínimo, máximo y desviación típica.

Variables	Parcela 1				Parcela 2			
	Media	Mín.	Máx.	Desv.	Media	Mín.	Máx.	Desv.
Altura (cm)	10.91	1.20	31.70	6.88	10.90	1.00	35.00	8.39
No. hojas	4.165	2.00	15.00	1.53	5.275	1.00	17.00	3.27
Diámetro (cm)	0.711	0.30	2.10	.1915	0.846	.30	1.90	.4015

En las dos parcelas los resultados con respecto a la media en altura reflejan similitud, en el número de hojas y diámetro la parcela 2 supera a la parcela 1 con valores medios de 5.27 hojas y 0.846 cm de diámetro a diferencia de los valores medios de 4.16 hojas y 0.71 cm de diámetro, respectivamente.

6.1.1 Crecimiento medio en altura.

Utilizando el programa estadístico R, se calcularon las medias de las alturas para cada una de las cinco fechas. Con la función `par()` se establecieron los parámetros de la gráfica: ancho de la línea, tipo de fuente del texto, tamaño del texto y de los símbolos. Además con la función `plot()` se creó un gráfico del crecimiento medio de la higuierilla en altura durante las cinco fechas (Ver Anexo 3).

La altura media de las higuierillas en cada parcela fue similar durante las primeras tres fechas. En la cuarta fecha la parcela 2 alcanzó una altura media de 16.50 cm, a diferencia de la parcela 1 con una altura media de 15.76 cm. En la quinta fecha la altura media en la parcela 2 aumento a 22.14 cm y de 19.16 cm en la parcela 1. La línea punteada en color gris representa la media de las alturas (10.91 cm) entre las dos parcelas (Ver Figura 2).

Crecimiento medio de *Ricinus comunnis* L.

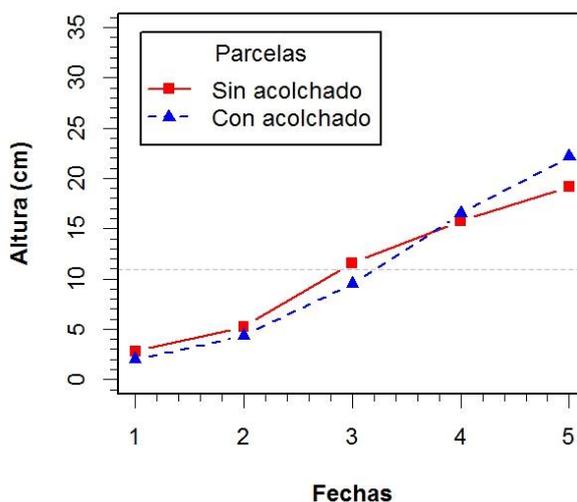


Figura 2. Representación de la variable altura

6.1.2 Crecimiento medio en diámetro.

Nuevamente con la función `par()` se establecieron los parámetros de la gráfica y se calcularon las medias del diámetro (cm) para cada fecha. En la función `plot()` se especificó que se representara el diámetro medio de cada parcela, en las distintas fechas (Ver Anexo 4.)

El diámetro medio durante los primeros tres intervalos de tiempo, se mantuvo en: 0.59 cm para la parcela 1 y de 0.56 cm para la parcela 2, a partir de la cuarta fecha la parcela 1 alcanzó el diámetro medio de .74 cm y a la quinta fecha un diámetro medio de 1.03 cm. Para la parcela 2, en la cuarta fecha el diámetro medio fue de 1.15 cm y de 1.39 cm en la quinta fecha. La línea punteada en color gris representa la media de los diámetros (.7790 cm) entre las dos parcelas (Ver Figura 3).

Crecimiento medio de *Ricinus comunnis* L.

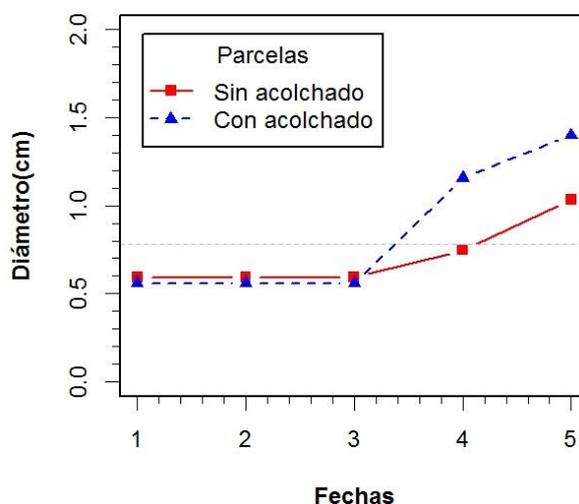


Figura 3. Representación del diámetro

6.1.3 Crecimiento medio del Número de hojas

En las fechas 1, 2 y 3 en la parcela 1 el número de hojas presentó valores medios de 2.07, 3.2 y 5.07 hojas, respectivamente. A diferencia de la parcela 2 con valores medios de 1.55, 2.77 y 4.9 hojas. En la cuarta fecha para la parcela 2, el número de hojas fue mayor con valores medios de 7.87 hojas y en la quinta fecha de 9.27 hojas. Para la parcela 1 en la cuarta fecha, el valor medio del número de hojas decreció a 4.17 hojas y en la quinta fecha aumento a 5.97 hojas. La media entre las dos parcelas fue de 4.72 hojas (Ver figura 4).

Crecimiento medio de *Ricinus comunnis* L.

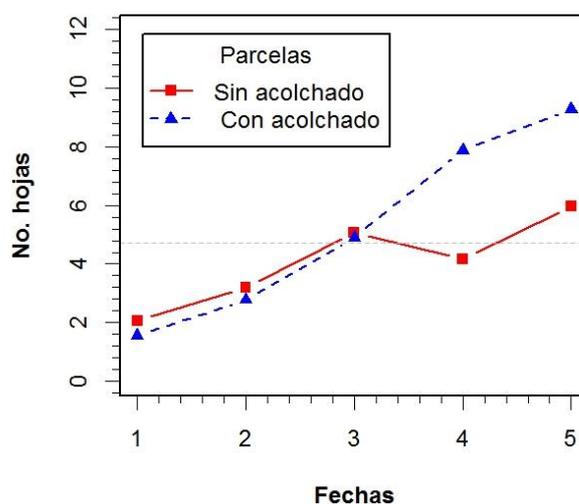


Figura 4. Representación del número de hojas

Las funciones que se utilizaron en el programa estadístico R para generar la figura 4, se pueden consultar en el Anexo 5.

6.2 Análisis multivariado de la varianza (MANOVA)

6.2.1 Planteamiento del problema

Las variables dependientes (altura, diámetro y No. de hojas), se trataron de forma simultánea mediante un análisis multivariado de varianza (MANOVA). El propósito general fue determinar si las *parcelas* (P1 y P2), *fechas* (*t*) y la interacción de *parcelas* con *fechas* (*t*) difieren con respecto a las variables medidas. El modelo utilizado fue:

```
#MANOVA con tres variables dependientes
#Selección de las variables h, nh y d
Y <- cbind( datos[,3],datos[,4], datos[,5])
manova.datos <- manova(Y ~ Parcela*t, data=datos)#Modelo para el
análisis
summary(manova.datos)#Resumen del MANOVA
```

Sea **Y** las variables dependientes y **Parcela*t** una interacción entre *parcelas* y *fechas*.

6.2.2 Resultado del MANOVA

Como las probabilidades $Pr(>F)$ asociadas al valor de **F** son menores que $\alpha = 0.05$, se rechazó la hipótesis nula **H0** y aceptó la hipótesis alternativa **H1**: que hay diferencia en las medias de las variables **h**, **nh** y **d** ; entre *parcelas*, *fechas* (*t*) y en la interacción **Parcela*t**. (Cuadro 2).

Cuadro 2. MANOVA, variables dependientes: h, d, nh.

Fuente	gl	Pillai	Aprox. F	Pr(>F)
Parcela	1	0.1781	28.027	< 2.2e-16 ***
t	4	1.1243	58.445	< 2.2e-16 ***
Parcela : t	4	0.3022	10.925	< 2.2e-16 ***
Residuales	390			

gl = Grados de libertad, Aprox. F = Valores aproximados de F, Pr(>F) = Probabilidad

El trazo de Pillai es considerado el más fiable en el manova: ofrece la mayor protección contra errores de tipo I (Cuando no se acepta la hipótesis nula **H0** siendo esta verdadera en la población.) y con tamaños de muestra pequeños. El trazo de Pillai es la suma de la varianza, se calcula la variación en la variable dependiente que se explica por la mayor separación de las variables independientes. También se probaron otros test en el manova como: "Wilks", "Roy" y "Hotelling-Lawley", y del mismo modo cada test fue significativo para cada fuente de variación.

6.3 Análisis de la varianza (ANOVA) y pruebas de Tukey.

Se obtuvieron las estadísticas para los diferentes estratos y su interacción conjuntando las variables **h**, **nh** y **d** (Ver cuadro 2), pero para obtener estadísticas univariadas; para cada una de las variables dependientes, se ejecutó un análisis de la varianza con la

función aov () y también se realizó una prueba de Tukey con la función TukeyHSD (), ver anexo 6.

6.3.1 ANOVA: variable altura (h).

En el cuadro 3 el resultado indicó que entre parcelas la altura es similar; dado que $Pr(>F) = 0.9738$, es mayor que $\alpha = 0.05$. Entre *fechas* (t) y la interacción *Parcela: t*, se aceptó la hipótesis alternativa **HI**: que hay diferencia en las medias de la variable altura.

Cuadro 3. ANOVA (h)

Fuente	gl	SC	CM	V-F	Pr(>F)
Parcela	1	0.01	0.01	0.001	0.9738
t	4	18560	4640	347.57	< 2e-16 ***
Parcela : t	4	303	76	5.679	0.0001 ***
Residuales	390	5206	513		

gl = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, V-F = Valor de F, Pr(>F) = Probabilidad

6.3.1.1 Prueba de Tukey (Variable altura).

Las comparaciones múltiples de las medias con la prueba de Tukey fueron a un nivel de confianza del 95 %.

Cuadro 4. Prueba de Tukey para la variable altura; entre parcelas, fechas (t) y la interacción Parcela*t.

Comp. Parcelas	Dif. de medias	Pr(>F)	Comp. Fechas	Dif. de medias	Pr(>F)	Comp. Parcela : t	Dif. de medias	Pr(>F)
P1-P2	0.0120	0.9738	F2-F1	2.3575	0.0005	P1:F1-P2:F1	0.8175	0.9921
			F3-F1	8.1300	0.0000	P2:F2-P2:F1	2.3200	0.1270
			F4-F1	13.7100	0.0000	P1:F2-P2:F1	3.212	0.0039
			F5-F1	18.2337	0.0000	P2:F3-P2:F1	7.505	0.0000
			F3-F2	5.7725	0.0000	P1:F3-P2:F1	9.572	0.0000
			F4-F2	11.3525	0.0000	P1:F4-P2:F1	13.750	0.0000
			F5-F2	15.8762	0.0000	P2:F4-P2:F1	14.487	0.0000
			F4-F3	5.5800	0.0000	P1:F5-P2:F1	17.152	0.0000
			F5-F3	10.1037	0.0000	P2:F5-P2:F1	20.132	0.0000
			F5-F4	4.5237	0.0000	P2:F2-P1:F1	1.5025	0.7098
						P1:F2-P1:F1	2.3950	0.1005
						P2:F3-P1:F1	6.6875	0.0000
						P1:F3-P1:F1	8.7550	0.0000
						P1:F4-P1:F1	12.932	0.0000
						P2:F4-P1:F1	13.670	0.0000
						P1:F5-P1:F1	16.335	0.0000
						P2:F5-P1:F1	19.315	0.0000
						P1:F2-P2:F2	0.8925	0.9852
						P2:F3-P2:F2	5.1850	0.0000
						P1:F3-P2:F2	7.2525	0.0000
						P1:F4-P2:F2	11.430	0.0000
						P2:F4-P2:F2	12.167	0.0000
						P1:F5-P2:F2	14.832	0.0000
						P2:F5-P2:F2	17.812	0.0000
						P2:F3-P1:F2	4.2925	0.0000
						P1:F3-P1:F2	6.3600	0.0000
						P1:F4-P1:F2	10.537	0.0000
						P2:F4-P1:F2	11.275	0.0000
						P1:F5-P1:F2	13.940	0.0000

P2:F5-P1:F2	16.920	0.0000
P1:F3-P2:F3	2.0675	0.2555
P1:F4-P2:F3	6.2450	0.0000
P2:F4-P2:F3	6.9825	0.0000
P1:F5-P2:F3	9.6475	0.0000
P2:F5-P2:F3	12.627	0.0000
P1:F4-P1:F3	4.1775	0.0000
P2:F4-P1:F3	4.9150	0.0000
P1:F5-P1:F3	7.5800	0.0000
P2:F5-P1:F3	10.560	0.0000
P2:F4-P1:F4	0.7375	0.9963
P1:F5-P1:F4	3.4025	0.0015
P2:F5-P1:F4	6.3825	0.0000
P1:F5-P2:F4	2.6650	0.0393
P2:F5-P2:F4	5.6450	0.0000
P2:F5-P1:F5	2.9800	0.0110

En el cuadro anterior se muestran las probabilidades que fueron mayores que $\alpha = 0.05$, las cuales indican que las medias de la variable altura son similares entre *parcelas*, y entre algunas interacciones de *parcela*t*.

6.3.2 ANOVA: variable No. de hojas (nh).

Se aceptó la hipótesis alternativa **HI**: que hay diferencia en las medias del número de hojas en las tres fuentes de variación, con probabilidades menores que $\alpha = 0.05$. Para *parcelas*; $\text{Pr}(>F) = 5.94\text{e-}11$, **t**; $\text{Pr}(>F) = < 2\text{e-}16$ y para la interacción **Parcela*t**: $\text{Pr}(>F) = < 2\text{e-}16$ (Cuadro 5).

Cuadro 5. ANOVA (nh)

Fuente	gl	SC	CM	Valor-F	Pr(>F)
Parcela	1	138.1	138.1	45.34	5.94e-11 ***
t	4	1733.1	433.3	142.29	< 2e-16 ***
Parcela : t	4	363.3	90.8	29.83	< 2e-16 ***
Residuales	390	1187.5	3		

gl = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, V-F = Valor de F, Pr(>F) = Probabilidad

6.3.2.1 Prueba de Tukey (Variable No. de hojas).

Las medias de la variable No. de hojas, solamente resultaron similares en algunas interacciones de *parcelas* y *fechas* (t), por ejemplo; en la interacción parcela 1 y fecha 4 con parcela 1 y fecha 3 (**P1:F4-P1:F3**) son muy similares con diferencia de medias de **0.175** hojas y una probabilidad; $\text{Pr}(>F) = \mathbf{0.9999}$. Entre parcelas y entre fechas; las medias del No. de hojas resultaron ser diferentes con valores de **Pr(>F)** menores que $\alpha = 0.05$ (Ver cuadro 6).

Cuadro 6. Prueba de Tukey para la variable: No. de hojas, entre parcelas, fechas (t) y la interacción Parcela*t.

Comp. Parcelas	Dif. de medias	Pr(>F)	Comp. Fechas	Dif. de medias	Pr(>F)	Comp. Parcela : t	Dif. de medias	Pr(>F)
P1-P2	1.175	0.000	F2-F1	1.1750	0.0002	P1:F1-P2:F1	0.525	0.9422

F3-F1	3.1750	0.0000	P2:F2-P2:F1	1.225	0.0566
F4-F1	4.2125	0.0000	P1:F2-P2:F1	1.650	0.0012
F5-F1	5.8125	0.0000	P2:F3-P2:F1	2.625	0.0000
F3-F2	2.0000	0.0000	P1:F3-P2:F1	3.350	0.0000
F4-F2	3.0375	0.0000	P1:F4-P2:F1	3.525	0.0000
F5-F2	4.6375	0.0000	P2:F4-P2:F1	4.425	0.0000
F4-F3	1.0375	0.0018	P1:F5-P2:F1	6.325	0.0000
F5-F3	2.6375	0.0000	P2:F5-P2:F1	7.725	0.0000
F5-F4	1.6000	0.0000	P2:F2-P1:F1	0.700	0.7387
			P1:F2-P1:F1	1.125	0.1138
			P2:F3-P1:F1	2.100	0.0000
			P1:F3-P1:F1	2.825	0.0000
			P1:F4-P1:F1	3.000	0.0000
			P2:F4-P1:F1	3.900	0.0000
			P1:F5-P1:F1	5.800	0.0000
			P2:F5-P1:F1	7.200	0.0000
			P1:F2-P2:F2	0.425	0.9855
			P2:F3-P2:F2	1.400	0.0136
			P1:F3-P2:F2	2.125	0.0000
			P1:F4-P2:F2	2.300	0.0000
			P2:F4-P2:F2	3.200	0.0000
			P1:F5-P2:F2	5.100	0.0000
			P2:F5-P2:F2	6.500	0.0000
			P2:F3-P1:F2	0.975	0.2723
			P1:F3-P1:F2	1.700	0.0007
			P1:F4-P1:F2	1.875	0.0000
			P2:F4-P1:F2	2.775	0.0000
			P1:F5-P1:F2	4.675	0.0000
			P2:F5-P1:F2	6.075	0.0000
			P1:F3-P2:F3	0.725	0.6973
			P1:F4-P2:F3	0.900	0.3870
			P2:F4-P2:F3	1.800	0.0002
			P1:F5-P2:F3	3.700	0.0000
			P2:F5-P2:F3	5.100	0.0000
			P1:F4-P1:F3	0.175	0.9999
			P2:F4-P1:F3	1.075	0.1559
			P1:F5-P1:F3	2.975	0.0000
			P2:F5-P1:F3	4.375	0.0000
			P2:F4-P1:F4	0.900	0.3870
			P1:F5-P1:F4	2.800	0.0000
			P2:F5-P1:F4	4.200	0.0000
			P1:F5-P2:F4	1.900	0.0000
			P2:F5-P2:F4	3.300	0.0000
			P2:F5-P1:F5	1.400	0.0136

6.3.3 ANOVA: variable diámetro (d).

También se aceptó la hipótesis alternativa (**HI**): que hay diferencia en las medias del diámetro entre *parcelas*, fechas (*t*) y la interacción *parcela*t*, con probabilidades menores que $\alpha = 0.05$. Para *parcelas*; $\text{Pr}(>F) = 5.84\text{e-}11$, *t*; $\text{Pr}(>F) = < 2\text{e-}16$ y para la interacción *Parcela*t*: $\text{Pr}(>F) = < 2\text{e-}16$ (Cuadro 7).

Cuadro 7. ANOVA (d)

Fuente	gl	SC	CM	Valor-F	Pr(>F)
Parcela	1	1.863	1.863	45.38	5.84e-11 ***
t	4	29.674	7.419	180.68	< 2e-16 ***
Parcela : t	4	4.177	1.044	25.43	< 2e-16 ***
Residuales	390	16.013	0.041		

gl = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, V-F = Valor de F, Pr(>F) = Probabilidad

6.3.3.1 Prueba de Tukey (Variable diámetro).

La comparación entre parcelas resultó que se presenta diferencia entre las medias del diámetro de 0.1365 cm a una probabilidad menor que $\alpha = 0.05$. Durante las primeras tres fechas el diámetro fue similar dado que los valores de la probabilidad son mayores que $\alpha = 0.05$ (Cuadro 8), resultado que coincide con la representación grafica del diámetro, ver figura 3.

Cuadro 3. Prueba de Tukey para la variable: diámetro, entre parcelas, fechas (t) y la interacción Parcela*t.

Comp. Parcelas	Dif. de medias	Pr(>F)	Comp. Fechas	Dif. de medias	Pr(>F)	Comp. Parcela : t	Dif. de medias	Pr(>F)
P1-P2	0.1365	0.000	F2-F1	0.0612	0.3127	P1:F1-P2:F1	0.0250	0.9999
			F3-F1	0.0612	0.3127	P2:F2-P2:F1	0.0575	0.9598
			F4-F1	0.4362	0.0000	P1:F2-P2:F1	0.0575	0.9598
			F5-F1	0.7000	0.0000	P2:F3-P2:F1	0.0900	0.6092
			F3-F2	1.1102e-16	1.0000	P1:F3-P2:F1	0.0900	0.6092
			F4-F2	0.3750	0.0000	P1:F4-P2:F1	0.2450	0.0000
			F5-F2	0.6387	0.0000	P2:F4-P2:F1	0.5300	0.0000
			F4-F3	0.3750	0.0000	P1:F5-P2:F1	0.6525	0.0000
			F5-F3	0.6387	0.0000	P2:F5-P2:F1	0.8950	0.0000
			F5-F4	0.2637	0.0000	P2:F2-P1:F1	0.0325	0.9993
						P1:F2-P1:F1	0.0325	0.9993
						P2:F3-P1:F1	0.0650	0.9156
						P1:F3-P1:F1	0.0650	0.9156
						P1:F4-P1:F1	0.2200	0.0000
						P2:F4-P1:F1	0.5050	0.0000
						P1:F5-P1:F1	0.6275	0.0000
						P2:F5-P1:F1	0.8700	0.0000
						P1:F2-P2:F2	0.0000	1.0000
						P2:F3-P2:F2	0.0325	0.9993
						P1:F3-P2:F2	0.0325	0.9993
						P1:F4-P2:F2	0.1875	0.0017
						P2:F4-P2:F2	0.4725	0.0000
						P1:F5-P2:F2	0.5950	0.0000
						P2:F5-P2:F2	0.8375	0.0000
						P2:F3-P1:F2	0.0325	0.9993
						P1:F3-P1:F2	0.0325	0.9993
						P1:F4-P1:F2	0.1875	0.0017
						P2:F4-P1:F2	0.4725	0.0000
						P1:F5-P1:F2	0.5950	0.0000
						P2:F5-P1:F2	0.8375	0.0000
						P1:F3-P2:F3	0.0000	1.0000
						P1:F4-P2:F3	0.1550	0.0238
						P2:F4-P2:F3	0.4400	0.0000
						P1:F5-P2:F3	0.5625	0.0000
						P2:F5-P2:F3	0.8050	0.0000
						P1:F4-P1:F3	0.1550	0.0238
						P2:F4-P1:F3	0.4400	0.0000
						P1:F5-P1:F3	0.5625	0.0000
						P2:F5-P1:F3	0.8050	0.0000
						P2:F4-P1:F4	0.2850	0.0000
						P1:F5-P1:F4	0.4075	0.0000
						P2:F5-P1:F4	0.6500	0.0000
						P1:F5-P2:F4	0.1225	0.1758
						P2:F5-P2:F4	0.3650	0.0000
						P2:F5-P1:F5	0.2425	0.0000

6.4 Comparación del rendimiento entre parcelas

Con las infrutescencias cosechadas en las dos parcelas, se obtuvo el peso de la semilla (*pts*) y el peso de la cáscara (*ptc*), variables que se expresaron en gramos. Se generó una base de datos con 80 observaciones y dos variables, el propósito fue comparar el rendimiento entre parcelas, considerando los dos tratamientos (Acolchado; Parcela 2 y sin acolchado; Parcela 1). A continuación en el cuadro 9 se muestra el resumen de la base de datos:

Cuadro 4. Resumen: Media, mínimo, máximo y desviación típica

Variables	Parcela 1				Parcela 2			
	Media	Mín.	Máx.	Desv.	Media	Mín.	Máx.	Desv.
<i>Pts</i>	1.17	0.00	15.33	2.57	2.64	0.00	35.47	5.89
<i>ptc</i>	1.94	0.00	19.82	3.77	3.17	0.00	20.25	4.84

Los valores cero se debieron a plantas que no produjeron infrutescencias tanto en la parcela 1 como en la parcela 2. Los valores medios en las dos parcelas del peso de la semilla y peso de la cáscara muestran una baja producción de semilla que posiblemente correspondió al estrés hídrico. Sin embargo, se notó la diferencia en la parcela 2 con un valor máximo de 35.47 g en peso de la semilla y 20.25 g en el peso de la cáscara que correspondió al tratamiento de acolchado.

6.4.1 MANOVA

El objeto de trabajo tiene dos estratos para la columna *Parcela*: parcela 1 “*P1*” y parcela 2 “*P2*”, además los valores de las variables: peso de la semilla (*pts*) y el peso de la cáscara (*ptc*), nuevamente se empleó el programa estadístico R (Ver Anexo 7).

Cuadro 5. MANOVA, variables dependientes: *pts* y *ptc*

Fuente	gl	Pillai	Aprox. F	Pr(>F)
<i>Parcela</i>	1	0.0263	1.0436	0.3571
<i>Residuales</i>	78			

gl = Grados de libertad, Aprox. F = Valores aproximados de F, Pr(>F) = Probabilidad

Se aceptó la hipótesis nula H_0 dado que la $Pr(>F) = 0.3571$ es mayor que $\alpha = 0.05$. No hay diferencia significativa entre parcelas, con respecto al rendimiento: peso de la semilla y peso de cáscara. (Cuadro 10).

6.4.2 Análisis de la varianza (ANOVA) y pruebas de Tukey.

En este apartado se realizó análisis de la varianza y pruebas de Tukey para cada variable dependiente: peso de la semilla (*pts*) y el peso de la cáscara (*ptc*), se ejecutó un análisis de la varianza con la función `aov()` y pruebas de Tukey con la función `TukeyHSD()`.

6.4.2.1 ANOVA: variable (pts)

En el cuadro 11 el resultado indicó que entre parcelas el peso de la semilla (pts) es similar; dado que $Pr(>F) = 0.1550$, es mayor que $\alpha = 0.05$.

Cuadro 6. ANOVA (pts)

Fuente	gl	SC	CM	Valor-F	Pr(>F)
Parcela	1	42.8	42.80	2.066	0.1550***
Residuales	78	1615.5	20.71		

gl = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, V-F = Valor de F, Pr(>F) = Probabilidad

6.4.2.1.1 Prueba de Tukey (pts).

Las medias del peso de la semilla (pts) son similares entre parcelas, dado a una probabilidad mayor que $\alpha = 0.05$ (Ver cuadro 12).

Cuadro 7. Prueba de Tukey para la variable: peso de la semilla

Comp. Parcelas	Dif. de medias	Pr(>F)
P1-P2	1.4628	0.1545

6.4.2.2 ANOVA: variable (ptc)

Entre parcelas el peso de la cáscara (ptc) es similar; dado que $Pr(>F) = 0.2080$, es mayor que $\alpha = 0.05$. (Ver cuadro 13).

Cuadro 8. ANOVA (ptc)

Fuente	gl	SC	CM	Valor-F	Pr(>F)
Parcela	1	30.4	30.39	1.611	0.2080***
Residuales	78	1471.6	18.87		

gl = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados, CM = Cuadrados medios, V-F = Valor de F, Pr(>F) = Probabilidad

6.4.2.2.1 Prueba de Tukey (ptc).

Las medias del peso de la cáscara (ptc) son similares entre parcelas, dado a una probabilidad mayor que $\alpha = 0.05$ (Ver cuadro 14).

Cuadro 9. Prueba de Tukey para la variable: peso de la cáscara

Comp. Parcelas	Dif. de medias	Pr(>F)
P1-P2	1.2326	0.2081

7. CONCLUSIONES

Además de retrasar la evaporación del agua; el tratamiento de acolchado evitó el crecimiento de otras plantas que pudiesen haber competido con la higuierilla por nutrientes y espacio. Los dos tratamientos aplicados (acolchado y sin acolchado) no influyeron en el crecimiento de la higuierilla en altura, ya que en el ANOVA resultó una similitud entre las parcelas. La altura máxima en la parcela 1 fue de 31.70 cm y en la parcela 2 de 35 cm, con una diferencia de medias de 0.0120 cm entre parcelas. Entre fechas si existió diferencias con respecto a la altura de las higuierillas, con diferencias de medias de 2.35 cm hasta 18.23 cm. Para la interacción parcelas y fechas, la altura fue diferente en la mayoría de las interacciones.

El número de hojas en las plantas de higuierilla, resultó como mejor tratamiento el acolchado, con una diferencia de medias de 1.17 hojas entre parcelas. Entre fechas; diferencia de medias de 1.03 hojas hasta 5.81 hojas. Para la interacción parcelas y fechas, el número de hojas también fue diferente en la mayoría de las interacciones.

El diámetro entre parcelas resultó diferente, con una media de 0.71 cm para la parcela 1 y para la parcela 2 una media de 0.84 cm, con diferencia de medias de 0.1365 cm. No existieron diferencias de diámetros en las primeras tres fechas; con diferencias de medias de 1.1102e-16 cm hasta 0.06 cm. Para la interacción parcelas y fechas, el diámetro fue diferente en la mayoría de las interacciones.

El resultado del MANOVA proporcionó de manera general que si existieron diferencias de crecimiento en: altura, diámetro y número de hojas. Consumando que el tratamiento de acolchado en la plantación de *Ricinus communis* L. proporcionó mejores resultados en cuanto al crecimiento, tomando como referencia las tres variables medidas en cada parcela.

El rendimiento entre parcelas: peso de la semilla (pts) y el peso de la cáscara (ptc), fue similar entre los dos tratamientos: sin acolchado y con acolchado. Con el diseño experimental implementado no se obtuvieron resultados satisfactorios con respecto al rendimiento, debido a la baja producción de semilla (47.17 g en la parcela 1 y 105.70 g en la parcela 2) y además del bajo crecimiento de las plantas de *Ricinus communis* L. en altura se atribuyó que fue limitado por el contexto en que se desarrolló la raíz a sólo 50 cm de profundidad con un suelo arenoso, la época de plantación, escasa precipitación y altas temperaturas en el ambiente (Enero – Junio de 2013), aunado a que no existió control con respecto al tipo de semilla que se sembró. Extrapolando a kg ha^{-1} , el rendimiento en la parcela 1 fue de: 3.27 kg ha^{-1} y en la parcela 2 se obtuvo un rendimiento de 7.34 kg ha^{-1} , comparada la productividad con el rendimiento mínimo promedio de 375 kg ha^{-1} si se tiene en cuenta por los menos dos periodos de cosecha al año (Rendón *et al.*, 2009), el resultado es desfavorable

El periodo de floración en la parcela 1 fue de 89 días (15/01/13 al 14/04/13) y de 59 días (01/02/13 al 01/04/13) en la parcela 2, asimismo se registró el periodo de cosecha que fue de 150 días (15/01/13 al 04/06/13) en la parcela 1 y un periodo de cosecha de 117 días en la parcela 2 (01/02/13 al 28/05/13). Los periodos de tiempo de floración y cosecha fueron considerados a partir de la siembra.

8. BIBLIOGRAFÍA

Camacho Villalobos Alina A. et al. 2007. Evaluación de cuatro cultivares de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en la selva del Perú región Ucayali. INIA. Doc. pdf. pp. 5

Cartaxo W. V. et al. 2004. O cultivo da mamona no semiárido brasileiro. Campina Grande: Embrapa Algodão. pp. 20

Duran Altisent J.M. et al. 2009. El cultivo de ricino (*Ricinus communis* L.) en Andalucía: una alternativa para la producción de biodiesel. Publicaciones PUSE-SI. Doc. pdf. pp. 20. Disponible en: <http://publicaciones.pucesi.edu.ec/>

González E. A. et al. 2006. Caracterización termoanalítica de las semillas de *Ricinus communis*, variedades mamona blanca, mamona negra y silvestre: Análisis de las propiedades Reológicas del biodiesel. Universidad de Pamplona. ISSN 0120 – 4211. Bistua Vol. 4 No. 1. Doc. pdf. pp. 4

INEGI, 2011. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Estadísticas análisis poblacional y crecimiento físico (México): México, INEGI.

Lima R. L. S. 2007. Castor bean growth on soil contain high aluminum level on the presence and absence of organic matter. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras, v. 11, n. 1, pp. 15-21.

López Anaya B.A. et al. 2008. Guía técnica de manejo agronómico y costos de producción del cultivo de higuierillo (*Ricinus communis*) en los sistemas de monocultivo y asocio en zonas de laderas en el Salvador. Facultad de ciencias agroquímicas - Universidad del Salvador-Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE. El Salvador. Doc. pdf. pp. 45.

Milani M. et al. 2007. Mejoramiento, variedades y biotecnología. In: **Ricino: el productor pregunta, la Embrapa responde.** Brasíla. pp. 155-171.

Navar Cháidez J. 2003. Información directa de control hidrológico de la región. Facultad de ciencias Forestales – UANL. Linares, Nuevo León.

Rendón C. Natalia Elizabeth et al. 2009. Producción y exportación de la Higuierilla (*Ricinus Communis* L.) a Colombia como Materia Prima para la Elaboración de Biocombustibles. GUAYAQUIL – ECUADOR-ESPOL. Doc. pdf. pp. 199. Disponible en Web; <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6509>

Rodríguez R. et al. 2013. Competividad de la higuierilla (*Ricinus communis*) para el

biocombustible en relación a los cultivos actuales en el Edo. De Oaxaca, México. Sexta Época. Año XVII. Volumen 32. Doc. pdf. pp. 13

Sema. 1981. Extracción de aceite de higuierilla (Castor o Ricino). Estudio de factibilidad técnica y económica. Estratégie industrielle. Montrouge cedex france. Montrouge, Francia. Prop. No. 322 309/3. pp. 21

9. ANEXOS

Anexo 1. Variables de crecimiento: altura (h), diámetro (d) y número de hojas (nh), durante cinco periodos de tiempo.

Parcela	h	nh	d	h	nh	d	h	nh	d	h	nh	d	h	nh	d
Parcela 1	1.5	2	0.4	3.2	3.0	0.4	8.0	5.0	0.4	8.0	4.0	0.6	9	5	1.0
Parcela 1	1.3	2	0.6	3.7	2.0	0.6	8.6	5.0	0.6	12.6	6.0	1.3	13.2	4	1.3
Parcela 1	2.5	2	0.7	4.6	3.0	0.7	10.5	4.0	0.7	10.3	6.0	1.3	10.8	6	1.3
Parcela 1	3.3	2	0.6	4.7	4.0	0.6	11.0	6.0	0.6	11.7	6.0	1.1	11.7	7	1.3
Parcela 1	1.5	2	0.4	2.8	2.0	0.4	6.2	3.0	0.4	6.2	2.0	0.5	22.5	8	1.5
Parcela 1	3.9	2	0.7	6.4	4.0	0.7	14.0	5.0	0.7	25.5	6.0	1.0	26.2	7	1.2
Parcela 1	2.1	2	0.8	6.1	5.0	0.8	18.0	6.0	0.8	19.0	6.0	0.8	25.8	8	1.2
Parcela 1	1.3	2	0.3	5.5	2.0	0.3	5.6	2.0	0.3	15.0	4.0	0.7	17.1	5	0.9
Parcela 1	5.4	4	0.8	6.8	4.0	0.8	15.5	9.0	0.8	22.3	3.0	1.1	24.5	9	1.4
Parcela 1	1.5	2	0.5	4.4	4.0	0.5	13.0	5.0	0.5	22.1	3.0	0.8	24.6	10	1.4
Parcela 1	5.2	3	0.8	7.2	4.0	0.8	19.0	6.0	0.8	29.7	3.0	1.1	31.7	15	1.6
Parcela 1	2.4	2	0.6	4.0	3.0	0.6	11.3	6.0	0.6	17.0	6.0	0.9	22.4	8	1.3
Parcela 1	4.9	2	0.5	5.7	2.0	0.5	9.0	6.0	0.5	12.6	8.0	0.7	17.2	5	1.1
Parcela 1	5	2	1.0	8.4	4.0	1.0	20.1	8.0	1.0	27.2	2.0	1.2	28.9	12	2.1
Parcela 1	2.6	2	0.4	5.0	3.0	0.4	10.0	4.0	0.4	18.0	5.0	0.6	25.2	9	1.3
Parcela 1	1.5	2	0.5	2.9	2.0	0.5	6.2	4.0	0.5	14.2	6.0	0.5	21.7	5	1.1
Parcela 1	2.4	2	0.7	6.2	4.0	0.7	16.0	5.0	0.7	23.2	3.0	0.8	26.1	8	1.2
Parcela 1	1.6	2	0.5	4.0	2.0	0.5	9.0	4.0	0.5	11.5	4.0	0.6	14.3	5	0.9
Parcela 1	3.3	2	0.5	4.8	4.0	0.5	10.0	6.0	0.5	10.5	1.0	0.6	13.4	5	1.0
Parcela 1	2.5	2	0.6	5.0	3.0	0.6	10.0	4.0	0.6	14.0	3.0	0.7	15.9	4	0.8
Parcela 1	2.4	2	0.6	4.5	4.0	0.6	14.3	4.0	0.6	18.9	3.0	0.7	19.8	5	0.8
Parcela 1	1.4	2	0.5	4.5	2.0	0.5	10.5	5.0	0.5	14.5	6.0	0.6	15.3	4	0.7
Parcela 1	3.7	2	0.7	6.8	4.0	0.7	14.5	6.0	0.7	15.0	1.0	0.7	16.8	2	0.8
Parcela 1	3.2	2	0.7	6.5	4.0	0.7	14.5	6.0	0.7	15.0	5.0	0.7	18.8	5	0.9
Parcela 1	1.9	2	0.3	3.3	3.0	0.3	7.0	4.0	0.3	10.9	3.0	0.5	17.2	7	1.0
Parcela 1	2.7	2	0.5	4.0	3.0	0.5	8.0	6.0	0.5	9.0	6.0	0.5	9.5	5	0.8
Parcela 1	2.8	2	0.6	5.1	4.0	0.6	13.5	5.0	0.6	16.5	4.0	0.6	25.4	5	0.8
Parcela 1	2.8	2	0.7	6.3	2.0	0.7	13.3	6.0	0.7	16.2	3.0	0.7	20.1	5	0.9
Parcela 1	2.6	2	0.6	5.0	3.0	0.6	10.5	6.0	0.6	13.3	6.0	0.6	14	3	0.7
Parcela 1	2.6	2	0.5	6.0	3.0	0.5	10.5	5.0	0.5	16.5	3.0	0.6	16.8	3	0.6
Parcela 1	2.6	2	0.5	3.8	3.0	0.5	9.4	5.0	0.5	13.6	4.0	0.6	19.6	5	0.8
Parcela 1	2.5	2	0.6	6.6	2.0	0.6	14.0	5.0	0.6	20.2	5.0	0.7	20.2	5	0.7
Parcela 1	2.8	2	0.5	5.6	3.0	0.5	12.0	3.0	0.5	12.0	2.0	0.5	14.9	4	0.6
Parcela 1	1.2	2	0.5	4.8	3.0	0.5	12.0	4.0	0.5	14.0	3.0	0.5	16.2	3	0.7
Parcela 1	3	2	0.6	4.6	4.0	0.6	6.8	4.0	0.6	8.6	3.0	0.6	12.4	3	0.6
Parcela 1	3	2	0.8	4.6	4.0	0.8	11.0	6.0	0.8	14.6	4.0	0.8	22.4	8	0.9
Parcela 1	6.9	2	1.0	10.4	4.0	1.0	21.5	6.0	1.0	21.5	4.0	1.1	26.8	9	1.9
Parcela 1	3.3	2	0.5	5.1	3.0	0.5	9.2	6.0	0.5	12.6	4.0	0.6	13.4	3	0.6
Parcela 1	1.3	2	0.8	4.5	4.0	0.8	10.5	5.0	0.8	17.2	4.0	0.8	23.6	3	0.8
Parcela 1	4.9	2	0.3	5.7	2.0	0.3	9.5	3.0	0.3	19.9	7.0	0.6	21.3	7	0.8
Parcela 2	3	1	0.4	4.3	1	0.4	7.4	3	0.4	8.3	4	0.4	15.4	4	0.5
Parcela 2	3.1	2	0.6	5.4	4	0.6	10.2	5	0.6	20.2	8	1.2	26.9	10	1.8
Parcela 2	2.1	1	0.6	5.1	3	0.6	9.5	6	0.6	15.6	7	1.2	23.4	9	1.4
Parcela 2	1.2	2	0.7	3.9	2	0.7	11.5	5	0.7	19.2	6	1.4	20.1	5	1.4
Parcela 2	1.9	2	0.7	4.2	4	0.7	9.9	5	0.7	21.1	9	1.3	22.3	9	1.3
Parcela 2	1.3	2	0.5	3.3	2	0.5	11.4	5	0.5	22.5	8	1.4	24.6	8	1.5
Parcela 2	2.7	1	0.5	6.4	3	0.5	9.2	4	0.5	12.2	7	1	21.8	7	1.3
Parcela 2	1.1	1	0.4	3.8	2	0.4	11.6	3	0.4	17.4	6	1.1	19.8	9	1.2
Parcela 2	1.5	2	0.8	3.8	4	0.8	8.8	6	0.8	19.9	9	1.4	21.7	10	1.5
Parcela 2	1	1	0.8	3.5	2	0.8	10.7	5	0.8	17.5	7	1.3	19.9	8	1.3
Parcela 2	2.2	1	0.8	6.4	2	0.8	14	10	0.8	32.1	18	1.3	34.8	17	1.7
Parcela 2	2.1	2	0.5	3.9	3	0.5	8	5	0.5	13	7	1.1	22.4	9	1.2
Parcela 2	2.7	2	0.7	4.3	4	0.7	11	5	0.7	16.2	8	1.2	16.8	6	1.2
Parcela 2	1.1	2	0.7	4	4	0.7	8.9	6	0.7	18.6	8	1.3	22.4	8	1.3
Parcela 2	2	1	0.5	3	4	0.5	6.3	5	0.5	11.9	6	1.1	21.5	9	1.1
Parcela 2	1.7	2	0.5	4.1	3	0.5	8.8	5	0.5	12.2	9	1.1	23.9	8	1.2
Parcela 2	2.1	1	0.6	5.3	2	0.6	9	5	0.6	18.1	7	1.2	18.5	5	1.2
Parcela 2	1	2	0.6	3	3	0.6	8.7	6	0.6	16.4	8	1.3	17.3	6	1.3
Parcela 2	2.2	2	0.6	4.7	4	0.6	12.4	6	0.6	16.7	8	1.2	17.2	7	1.3

APROVECHAMIENTO ACEITE DE HIGUERILLA (*Ricinus communis* L.), EN LINARES, N.L., MÉXICO.

Parcela 2	1	1	0.5	3.4	3	0.5	8.3	6	0.5	16.5	10	1.2	17.5	12	1.3
Parcela 2	3.1	1	0.4	4.9	2	0.4	12.6	4	0.4	18.2	7	1.1	20.1	11	1.4
Parcela 2	2.3	2	0.6	5.7	3	0.6	10.5	5	0.6	20.5	9	1.3	27.3	11	1.6
Parcela 2	1.2	1	0.5	3.6	2	0.5	8.4	6	0.5	13.5	8	1.2	15.8	8	1.2
Parcela 2	1.5	2	0.6	3.7	3	0.6	9.2	5	0.6	16.4	8	1.3	17.4	9	1.3
Parcela 2	4.2	3	0.5	7.1	3	0.5	12.5	5	0.5	15.3	9	1.1	23.9	10	1.5
Parcela 2	1.5	1	0.7	3.1	3	0.7	10	5	0.7	25.1	8	1.2	31.2	14	1.4
Parcela 2	1.9	1	0.7	4.3	2	0.7	13.2	5	0.7	30.7	10	1.3	35	11	1.7
Parcela 2	3.1	1	0.3	4	2	0.3	5.7	2	0.3	9.2	5	1.1	16.4	7	1.1
Parcela 2	6.3	2	0.3	7.8	3	0.3	8.6	3	0.3	11.4	3	1	19.8	5	1
Parcela 2	2.3	2	0.5	4.7	4	0.5	10	5	0.5	12.3	6	1.1	25.2	8	1.4
Parcela 2	1.9	2	0.6	3.4	4	0.6	6.7	4	0.6	11.5	10	1.2	26.1	9	1.4
Parcela 2	1.9	2	0.7	4.7	4	0.7	10	5	0.7	16.3	8	1.3	20.9	10	1.7
Parcela 2	1.1	2	0.5	3.4	2	0.5	6	2	0.5	13	7	1.1	16.7	5	1.1
Parcela 2	1.3	2	0.5	2.4	2	0.5	11.4	6	0.5	16.5	8	1.3	18.4	14	1.8
Parcela 2	2.1	1	0.4	4	3	0.4	6.7	4	0.4	12.2	9	1	27.8	15	1.9
Parcela 2	1.9	1	0.5	4	2	0.5	8.2	5	0.5	14.7	7	1.2	23.2	13	1.9
Parcela 2	1.1	2	0.6	4	2	0.6	9.6	4	0.6	13.2	8	1	17.5	14	1.8
Parcela 2	2.1	1	0.5	5.3	2	0.5	9.2	5	0.5	13	5	0.7	25.9	12	1.8
Parcela 2	1.3	1	0.6	3.5	2	0.6	9	5	0.6	19.2	13	1.3	27.8	12	1.7
Parcela 2	1.5	1	0.4	4	2	0.4	7.7	5	0.4	12.3	7	0.7	21.3	7	1.2

Anexo 2. Base de datos para el MANOVA

Parcela	t	h	nh	d	P1	F2	3.2	3.0	0.4	P1	F3	8.0	5.0	0.4
P1	F1	1.5	2	0.3	P1	F2	3.7	2.0	0.6	P1	F3	8.6	5.0	0.6
P1	F1	1.3	2	0.5	P1	F2	4.6	3.0	0.7	P1	F3	10.5	4.0	0.7
P1	F1	2.5	2	0.6	P1	F2	4.7	4.0	0.6	P1	F3	11.0	6.0	0.6
P1	F1	3.3	2	0.5	P1	F2	2.8	2.0	0.4	P1	F3	6.2	3.0	0.4
P1	F1	1.5	2	0.3	P1	F2	6.4	4.0	0.7	P1	F3	14.0	5.0	0.7
P1	F1	3.9	2	0.6	P1	F2	6.1	5.0	0.8	P1	F3	18.0	6.0	0.8
P1	F1	2.1	2	0.7	P1	F2	5.5	2.0	0.3	P1	F3	5.6	2.0	0.3
P1	F1	1.3	2	0.3	P1	F2	6.8	4.0	0.8	P1	F3	15.5	9.0	0.8
P1	F1	5.4	4	0.7	P1	F2	4.4	4.0	0.5	P1	F3	13.0	5.0	0.5
P1	F1	1.5	2	0.5	P1	F2	7.2	4.0	0.8	P1	F3	19.0	6.0	0.8
P1	F1	5.2	3	0.7	P1	F2	4.0	3.0	0.6	P1	F3	11.3	6.0	0.6
P1	F1	2.4	2	0.5	P1	F2	5.7	2.0	0.5	P1	F3	9.0	6.0	0.5
P1	F1	4.9	2	0.5	P1	F2	8.4	4.0	1.0	P1	F3	20.1	8.0	1.0
P1	F1	5	2	0.8	P1	F2	5.0	3.0	0.4	P1	F3	10.0	4.0	0.4
P1	F1	2.6	2	0.4	P1	F2	2.9	2.0	0.5	P1	F3	6.2	4.0	0.5
P1	F1	1.5	2	0.5	P1	F2	6.2	4.0	0.7	P1	F3	16.0	5.0	0.7
P1	F1	2.4	2	0.6	P1	F2	4.0	2.0	0.5	P1	F3	9.0	4.0	0.5
P1	F1	1.6	2	0.5	P1	F2	4.8	4.0	0.5	P1	F3	10.0	6.0	0.5
P1	F1	3.3	2	0.5	P1	F2	5.0	3.0	0.6	P1	F3	10.0	4.0	0.6
P1	F1	2.5	2	0.5	P1	F2	4.5	4.0	0.6	P1	F3	14.3	4.0	0.6
P1	F1	2.4	2	0.5	P1	F2	4.5	2.0	0.5	P1	F3	10.5	5.0	0.5
P1	F1	1.4	2	0.5	P1	F2	6.8	4.0	0.7	P1	F3	14.5	6.0	0.7
P1	F1	3.7	2	0.6	P1	F2	6.5	4.0	0.7	P1	F3	14.5	6.0	0.7
P1	F1	3.2	2	0.6	P1	F2	3.3	3.0	0.3	P1	F3	7.0	4.0	0.3
P1	F1	1.9	2	0.3	P1	F2	4.0	3.0	0.5	P1	F3	8.0	6.0	0.5
P1	F1	2.7	2	0.5	P1	F2	5.1	4.0	0.6	P1	F3	13.5	5.0	0.6
P1	F1	2.8	2	0.5	P1	F2	6.3	2.0	0.7	P1	F3	13.3	6.0	0.7
P1	F1	2.8	2	0.6	P1	F2	5.0	3.0	0.6	P1	F3	10.5	6.0	0.6
P1	F1	2.6	2	0.6	P1	F2	6.0	3.0	0.5	P1	F3	10.5	5.0	0.5
P1	F1	2.6	2	0.5	P1	F2	3.8	3.0	0.5	P1	F3	9.4	5.0	0.5
P1	F1	2.6	2	0.5	P1	F2	6.6	2.0	0.6	P1	F3	14.0	5.0	0.6
P1	F1	2.5	2	0.5	P1	F2	5.6	3.0	0.5	P1	F3	12.0	3.0	0.5
P1	F1	2.8	2	0.5	P1	F2	4.8	3.0	0.5	P1	F3	12.0	4.0	0.5
P1	F1	1.2	2	0.5	P1	F2	4.6	4.0	0.6	P1	F3	6.8	4.0	0.6
P1	F1	3	2	0.5	P1	F2	4.6	4.0	0.8	P1	F3	11.0	6.0	0.8
P1	F1	3	2	0.7	P1	F2	10.4	4.0	1.0	P1	F3	21.5	6.0	1.0
P1	F1	6.9	2	0.7	P1	F2	5.1	3.0	0.5	P1	F3	9.2	6.0	0.5
P1	F1	3.3	2	0.5	P1	F2	4.5	4.0	0.8	P1	F3	10.5	5.0	0.8
P1	F1	1.3	2	0.7	P1	F2	5.7	2.0	0.3	P1	F3	9.5	3.0	0.3
P2	F1	4.9	2	0.3	P2	F2	4.3	1	0.4	P2	F3	7.4	3	0.4
P2	F1	3	1	0.4	P2	F2	5.4	4	0.6	P2	F3	10.2	5	0.6
P2	F1	3.1	2	0.5	P2	F2	5.1	3	0.6	P2	F3	9.5	6	0.6
P2	F1	2.1	1	0.5	P2	F2	3.9	2	0.7	P2	F3	11.5	5	0.7
P2	F1	1.2	2	0.6	P2	F2	4.2	4	0.7	P2	F3	9.9	5	0.7
P2	F1	1.9	2	0.6	P2	F2	3.3	2	0.5	P2	F3	11.4	5	0.5
P2	F1	1.3	2	0.5	P2	F2	6.4	3	0.5	P2	F3	9.2	4	0.5
P2	F1	2.7	1	0.5	P2	F2	3.8	2	0.4	P2	F3	11.6	3	0.4
P2	F1	1.1	1	0.4	P2	F2	3.8	4	0.8	P2	F3	8.8	6	0.8
P2	F1	1.5	2	0.7	P2	F2	3.5	2	0.8	P2	F3	10.7	5	0.8
P2	F1	1	1	0.7	P2	F2	6.4	2	0.8	P2	F3	14	10	0.8
P2	F1	2.2	1	0.7	P2	F2	3.9	3	0.5	P2	F3	8	5	0.5
P2	F1	2.1	2	0.5	P2	F2	4.3	4	0.7	P2	F3	11	5	0.7
P2	F1	2.7	2	0.6	P2	F2	4	4	0.7	P2	F3	8.9	6	0.7
P2	F1	1.1	2	0.6	P2	F2	3	4	0.5	P2	F3	6.3	5	0.5
P2	F1	2	1	0.5	P2	F2	4.1	3	0.5	P2	F3	8.8	5	0.5

P2	F1	1.7	2	0.5	P2	F2	5.3	2	0.6	P2	F3	9	5	0.6
P2	F1	2.1	1	0.5	P2	F2	3	3	0.6	P2	F3	8.7	6	0.6
P2	F1	1	2	0.5	P2	F2	4.7	4	0.6	P2	F3	12.4	6	0.6
P2	F1	2.2	2	0.5	P2	F2	3.4	3	0.5	P2	F3	8.3	6	0.5
P2	F1	1	1	0.4	P2	F2	4.9	2	0.4	P2	F3	12.6	4	0.4
P2	F1	3.1	1	0.4	P2	F2	5.7	3	0.6	P2	F3	10.5	5	0.6
P2	F1	2.3	2	0.5	P2	F2	3.6	2	0.5	P2	F3	8.4	6	0.5
P2	F1	1.2	1	0.5	P2	F2	3.7	3	0.6	P2	F3	9.2	5	0.6
P2	F1	1.5	2	0.5	P2	F2	7.1	3	0.5	P2	F3	12.5	5	0.5
P2	F1	4.2	3	0.5	P2	F2	3.1	3	0.7	P2	F3	10	5	0.7
P2	F1	1.5	1	0.6	P2	F2	4.3	2	0.7	P2	F3	13.2	5	0.7
P2	F1	1.9	1	0.6	P2	F2	4	2	0.3	P2	F3	5.7	2	0.3
P2	F1	3.1	1	0.3	P2	F2	7.8	3	0.3	P2	F3	8.6	3	0.3
P2	F1	6.3	2	0.3	P2	F2	4.7	4	0.5	P2	F3	10	5	0.5
P2	F1	2.3	2	0.5	P2	F2	3.4	4	0.6	P2	F3	6.7	4	0.6
P2	F1	1.9	2	0.5	P2	F2	4.7	4	0.7	P2	F3	10	5	0.7
P2	F1	1.9	2	0.6	P2	F2	3.4	2	0.5	P2	F3	6	2	0.5
P2	F1	1.1	2	0.4	P2	F2	2.4	2	0.5	P2	F3	11.4	6	0.5
P2	F1	1.3	2	0.4	P2	F2	4	3	0.4	P2	F3	6.7	4	0.4
P2	F1	2.1	1	0.4	P2	F2	4	2	0.5	P2	F3	8.2	5	0.5
P2	F1	1.9	1	0.5	P2	F2	4	2	0.6	P2	F3	9.6	4	0.6
P2	F1	1.1	2	0.5	P2	F2	5.3	2	0.5	P2	F3	9.2	5	0.5
P2	F1	2.1	1	0.5	P2	F2	3.5	2	0.6	P2	F3	9	5	0.6
P2	F1	1.3	1	0.5	P2	F2	4	2	0.4	P2	F3	7.7	5	0.4
P2	F1	1.5	1	0.4										

Anexo 2. Script: crecimiento medio en altura.

```
#Crecimiento promedio en altura
#Selección de las columnas de alturas en las diferentes fechas
Fecha1<-c(datos[2:4])
Fecha1
h11<- mean(Fecha1$h[1:40])#Media de las alturas fecha 1 Parcela 1
h11
h12<- mean(Fecha1$h[41:80])#Media de las alturas fecha 1 Parcela 2
h12
Fecha2<-c(datos[5:7])
Fecha2
h21<- mean(Fecha2$h.1[1:40])#Media de las alturas fecha 2 Parcela 1
h21
h22<- mean(Fecha2$h.1[41:80])#Media de las alturas fecha 2 Parcela 2
h22
Fecha3<-c(datos[8:10])
Fecha3
h31<- mean(Fecha3$h.2[1:40])#Media de las alturas fecha 3 Parcela 1
h31
h32<- mean(Fecha3$h.2[41:80])#Media de las alturas fecha 3 Parcela 2
h32
Fecha4<-c(datos[11:13])
Fecha4
h41<- mean(Fecha4$h.3[1:40])#Media de las alturas fecha 4 Parcela 1
h41
h42<- mean(Fecha4$h.3[41:80])#Media de las alturas fecha 4 Parcela 2
h42
Fecha5<-c(datos[14:16])
Fecha5
h51<- mean(Fecha5$h.4[1:40])#Media de las alturas fecha 5 Parcela 1
h51
h52<- mean(Fecha5$h.4[41:80])#Media de las alturas fecha 5 Parcela 2
h52
#Crear vectores
Fechas <- c(1,2,3,4,5)
Fechas
Parcela1 <- c(h11, h21, h31, h41, h51)
Parcela1
Parcela2 <- c(h12, h22, h32, h42, h52)
Parcela2
#sd de la parcela 1 y parcela 2
sd(Parcela1)#6.88
sd(Parcela2)#8.39
#Media de la parcela 1 y parcela 2
mean(Parcela1)#10.916
mean(Parcela2)#10.904
#Media entre las dos parcelas 10.91
(10.916+10.904)/2
#Grafico de crecimiento de las parcelas
win.graph()
opar <- par(no.readonly=TRUE)
```

```
par(lwd=2, cex=1.5, font.lab=2)
plot(Fechas, Parcela1, type="b",
     pch=15, lty=1, col="red", ylim=c(0, 35),
     main="Crecimiento promedio de Ricinus comunnis L.",
     font.main= 4, xlab="Fechas", ylab="Altura (cm)")
lines(Fechas, Parcela2, type="b",
     pch=17, lty=2, col="blue")
abline(h=c(10.91), lwd=1.5, lty=2, col="gray")
library(Hmisc)
minor.tick(nx=5, ny=5, tick.ratio=0.5)
legend( bty = "o", "topleft", inset=.05, title="Parcelas",
       c("Sin acolchado","Con acolchado"),
       lty=c(1, 2), pch=c(15, 17), col=c("red", "blue"))
par(opar)
```

Anexo 3. Script: Crecimiento medio en diámetro

```
#Crecimiento promedio diametro
mdFecha11<- mean(datos$d[datos$Parcela=="Parcela 1"])#Media del diametro fecha 1
Parcela 1
mdFecha11
mdFecha12<- mean(datos$d[datos$Parcela=="Parcela 2"])#Media del diametro fecha 1
Parcela 2
mdFecha12
mdFecha21<- mean(datos$d.1[datos$Parcela=="Parcela 1"])#Media del diametro fecha 2
Parcela 1
mdFecha21
mdFecha22<- mean(datos$d.1[datos$Parcela=="Parcela 2"])#Media del diametro fecha 2
Parcela 2
mdFecha22
mdFecha31<- mean(datos$d.2[datos$Parcela=="Parcela 1"])#Media del diametro fecha 3
Parcela 1
mdFecha31
mdFecha32<- mean(datos$d.2[datos$Parcela=="Parcela 2"])#Media del diametro fecha 3
Parcela 2
mdFecha32
mdFecha41<- mean(datos$d.3[datos$Parcela=="Parcela 1"])#Media del diametro fecha 4
Parcela 1
mdFecha41
mdFecha42<- mean(datos$d.3[datos$Parcela=="Parcela 2"])#Media del diametro fecha 4
Parcela 2
mdFecha42
mdFecha51<- mean(datos$d.4[datos$Parcela=="Parcela 1"])#Media del diametro fecha 5
Parcela 1
mdFecha51
mdFecha52<- mean(datos$d.4[datos$Parcela=="Parcela 2"])#Media del diametro fecha 5
Parcela 2
mdFecha52
#Crear vectores
Fechas <- c(1,2,3,4,5)
Parcela1 <- c(mdFecha11, mdFecha21,mdFecha31, mdFecha41, mdFecha51)
Parcela1
Parcela2 <- c(mdFecha12, mdFecha22, mdFecha32, mdFecha42, mdFecha52)
Parcela2
#sd de la parcela 1 y parcela 2
sd(Parcela1)#.1915
sd(Parcela2)#.4014
#Media de la parcela 1 y parcela 2
mean(Parcela1)#0.7115
mean(Parcela2)#0.8465
#Media entre las dos parcelas 0.91415
(0.7115+0.8465)/2
#Grafico de crecimiento de las parcelas
win.graph()
opar <- par(no.readonly=TRUE)
par(lwd=2, cex=1.5, font.lab=2)
plot(Fechas, Parcela1, type="b",
     pch=15, lty=1, col="red", ylim=c(0, 2),
     main="Crecimiento promedio de Ricinus comunnis L.",
     font.main= 4,xlab="Fechas", ylab="Diametro(cm)")
lines(Fechas, Parcela2, type="b",
     pch=17, lty=2, col="blue")
abline(h=c(0.7790), lwd=1.5, lty=2, col="gray")
library(Hmisc)
minor.tick(nx=5, ny=5, tick.ratio=0.5)
```

```
legend( bty = "o", "topleft", inset=.05, title="Parcelas",
        c("Sin acolchado","Con acolchado"),
        lty=c(1, 2), pch=c(15, 17), col=c("red", "blue"))
par(opar)
```

Anexo 4. Script: Crecimiento medio número de hojas

```
#Crecimiento promedio No. de hojas
mnhFecha11<- mean(datos$nh[datos$Parcela=="Parcela 1"])#Media de No. de hojas fecha 1
Parcela 1
mnhFecha11
mnhFecha12<- mean(datos$nh[datos$Parcela=="Parcela 2"])#Media de No. de hojas fecha 1
Parcela 2
mnhFecha12
mnhFecha21<- mean(datos$nh.1[datos$Parcela=="Parcela 1"])#Media de No. de hojas fecha 2
Parcela 1
mnhFecha21
mnhFecha22<- mean(datos$nh.1[datos$Parcela=="Parcela 2"])#Media del No. de hojas fecha
2 Parcela 2
mnhFecha22
mnhFecha31<- mean(datos$nh.2[datos$Parcela=="Parcela 1"])#Media del No. de hojas fecha
3 Parcela 1
mnhFecha31
mnhFecha32<- mean(datos$nh.2[datos$Parcela=="Parcela 2"])#Media de No. de hojas 3
Parcela 2
mnhFecha32
mnhFecha41<- mean(datos$nh.3[datos$Parcela=="Parcela 1"])#Media de No. de hojas fecha 4
Parcela 1
mnhFecha41
mnhFecha42<- mean(datos$nh.3[datos$Parcela=="Parcela 2"])#Media de No. de hojas fecha 4
Parcela 2
mnhFecha42
mnhFecha51<- mean(datos$nh.4[datos$Parcela=="Parcela 1"])#Media de No. de hojas fecha 5
Parcela 1
mnhFecha51
mnhFecha52<- mean(datos$nh.4[datos$Parcela=="Parcela 2"])#Media de No. de hojas fecha 5
Parcela 2
mnhFecha52
#Crear vectores
Fechas <- c(1,2,3,4,5)
Parcela1 <- c(mnhFecha11, mnhFecha21, mnhFecha31, mnhFecha41, mnhFecha51)
Parcela1
Parcela2 <- c(mnhFecha12, mnhFecha22, mnhFecha32, mnhFecha42, mnhFecha52)
Parcela2
#sd de la parcela 1 y parcela 2
sd(Parcela1)#1.53
sd(Parcela2)#3.27
#Media de la parcela 1 y parcela 2
mean(Parcela1)#4.165
mean(Parcela2)#5.275
#Media entre las dos parcelas 4.72
(4.165+5.275)/2
#Grafico de crecimiento de las parcelas
win.graph()
opar <- par(no.readonly=TRUE)
par(lwd=2, cex=1.5, font.lab=2)
plot(Fechas, Parcela1, type="b",
      pch=15, lty=1, col="red", ylim=c(0, 12),
      main="Crecimiento promedio de Ricinus comunis L.",
      font.main= 4,xlab="Fechas", ylab="No. hojas")
lines(Fechas, Parcela2, type="b",
      pch=17, lty=2, col="blue")
abline(h=c(4.72), lwd=1.5, lty=2, col="gray")
library(Hmisc)
minor.tick(nx=5, ny=5, tick.ratio=0.5)
legend( bty = "o", "topleft", inset=.05, title="Parcelas",
        c("Sin acolchado"," Con acolchado"),
        lty=c(1, 2), pch=c(15, 17), col=c("red", "blue"))
par(opar)
```

Anexo 5. Script: Anova y pruebas de Tukey para las variables dependientes; h, d y nh.

```
#ANOVA alturas
summary(anovah <- aov(h ~ Parcela + t + Parcela:t, data=datos))
```

APROVECHAMIENTO ACEITE DE HIGUERILLA (*Ricinus communis* L.), EN LINARES, N.L., MÉXICO.

```
#Prueba de Tukey para diferencias de altura entre parcela
PTap<-TukeyHSD(anovah, "Parcela", ordered = TRUE)
#Prueba de Tukey para diferencias de altura entre fechas
PTat<-TukeyHSD(anovah, "t", ordered = TRUE)
#prueba de Tukey para diferencias de altura entre la interacción parcelas*fechas
PTap.t<-TukeyHSD(anovah, "Parcela:t", ordered = TRUE)
#ANOVA No. de hojas
anovanh <- aov(nh ~ Parcela + t + Parcela:t, data=datos)
summary(anovanh)
#Prueba de Tukey para diferencias de No. hojas entre parcelas
PTnhp<-TukeyHSD(anovanh, "Parcela", ordered = TRUE)
#Prueba de Tukey para diferencias de No. hojas entre fechas
PTnht<-TukeyHSD(anovanh, "t", ordered = TRUE)
#Prueba de Tukey para diferencias de No. hojas entre la interacción parcelas*fechas
PTnhp.t<-TukeyHSD(anovanh, "Parcela:t", ordered = TRUE)
#ANOVA diametro
anovad <- aov(d ~ Parcela + t + Parcela:t, data=datos)
summary(anovad)
#Prueba de Tukey para diferencias de diametro entre parcelas
PTdp<- TukeyHSD(anovad, "Parcela", ordered = TRUE)
#Prueba de Tukey para diferencias de diametro entre fechas
PTdt<- TukeyHSD(anovad, "t", ordered = TRUE)
#Prueba de Tukey para diferencias de diametro entre la interacción parcelas*fechas
PTdp.t<- TukeyHSD(anovanh, "Parcela:t", ordered = TRUE)
```

Anexo 6. Variables: Peso de de la semilla (*pts*) y peso de la cáscara (*ptc*)

Parcela	ptsc	ptcc	P1	0.9263	1.4602	P2	0.0000	0.0000
P1	0.0000	0.0000	P1	0.6968	0.9009	P2	0.0000	0.0000
P1	0.0000	0.0000	P1	0.3296	0.5775	P2	0.4520	1.1410
P1	0.0000	0.0000	P1	0.5879	0.9853	P2	1.6345	2.4136
P1	0.0000	0.0000	P1	0.7910	1.9967	P2	1.8473	0.7370
P1	1.9110	2.9837	P1	0.0000	0.0000	P2	0.0000	0.0000
P1	1.3418	2.0126	P1	0.0000	0.0000	P2	0.0000	0.0000
P1	1.7710	1.5350	P1	0.0000	0.0000	P2	0.0000	0.0000
P1	0.4024	0.6956	P1	4.3723	11.4462	P2	0.9388	1.6123
P1	3.2693	4.5895	P1	4.4259	7.6518	P2	2.1795	3.0597
P1	0.0000	0.0000	P1	0.4024	0.5648	P2	0.0000	0.0000
P1	2.5852	5.9340	P1	0.0000	0.0000	P2	0.0000	0.0000
P1	0.0000	0.0000	P1	0.5620	1.2900	P2	2.1284	0.9543
P1	0.4632	0.7301	P2	0.6858	1.1496	P2	0.0000	0.0000
P1	15.3318	19.8208	P2	0.0000	0.0000	P2	0.0000	0.0000
P1	0.0000	0.0000	P2	2.3609	3.4863	P2	1.9774	3.4552
P1	0.0000	0.0000	P2	2.2161	0.8844	P2	1.2737	2.1349
P1	1.9210	4.8492	P2	1.2285	1.9181	P2	2.9380	7.4164
P1	0.7264	1.0727	P2	2.3002	3.4531	P2	0.0000	0.0000
P1	0.0000	0.0000	P2	0.0000	0.0000	P2	12.2157	20.2554
P1	0.0000	0.0000	P2	0.0000	0.0000	P2	5.4858	9.6549
P1	0.9584	1.4376	P2	2.1795	3.0597	P2	8.0470	13.9124
P1	0.0000	0.0000	P2	1.4665	2.3837	P2	7.0194	11.9390
P1	0.0000	0.0000	P2	3.3720	7.7412	P2	35.4720	15.9054
P1	1.7536	2.4477	P2	0.0000	0.0000	P2	0.0000	0.0000
P1	1.6498	2.6817	P2	0.6947	1.0951	P2	1.7423	2.2524
P1	0.0000	0.0000	P2	3.8380	4.9552			
P1	0.0000	0.0000						

Capítulo IV. Relación del crecimiento de higuierilla (*Ricinus communis* L.) respecto a variables ambientales, en Linares, Nuevo León, México.

RESUMEN

La higuierilla (*Ricinus communis* L.) es una planta perenne y arbustiva que crece en la ciudad de Linares, Nuevo León, México. Se observó principalmente a las orillas de los canales de riego, arroyos y en zonas donde se ha removido el suelo. Se colectaron infrutescencias, muestras de suelo y de la extracción de aceite en las semillas de higuierilla se obtuvieron características relacionadas con la producción de infrutescencias: N°. total de frutos en el racimo, N°. de frutos sin semilla en el racimo, N°. de frutos con semilla en el racimo, peso total de la semilla, peso total de la cáscara y N°. de racimos por planta, además del contenido de aceite y contenido de humedad de la semilla, así mismo variables de suelo como: Potencial de hidrogeno y contenido de materia orgánica, de quince sitios ubicados en la ciudad de Linares. El objetivo fue conocer el posible agrupamiento de las procedencias de higuierilla. Para el análisis estadístico se utilizó: El análisis de componentes principales (ACP) y el análisis de agrupamiento jerárquico, resultando tres componentes principales que absorbieron el 79.56 % de la variabilidad y que las variables que proporcionan la mayor cantidad de la varianza fueron: el Peso total de la cascara (g), Peso total de la semilla (g), No. frutos con semilla en el racimo, No. frutos sin semilla en el racimo y No. total de frutos en el racimo. Así mismo en el agrupamiento jerárquico se capturaron los grupos y subgrupos: **Grupo 1:** Pte.R.Ver, Col.S.Anton, Col.ElVerg y Libram.VialNte, así mismo el **Grupo 2:** *subgrupo 1:* Infon.R.Ver, Pte.Cam, Pte. Honda, Res.Nog1 y Carr.L-S.Rober, además del *subgrupo 2:* C.comerc, Pte.Roj (VS), Pte.Fome-LaPet, Col.LosNor, Res.Nog y Pte.Amar (VS).

ABSTRACT

The castor (*Ricinus communis* L.) is a perennial shrub plant growing in the city of Linares, Nuevo Leon, Mexico. The castor was observed on the banks of irrigation canals, streams and in areas where the soil has been removed. Fruits and soil samples were collected and extraction of oil in the seeds of castor was carried out. The following variables were obtained: total number of fruits per bunch, number of fruits with and without seeds, total seed weight, total weight of the shell, number of clusters per plant, oil content and moisture content of the seed and soil variables as potential hydrogen and organic matter content, of fifteen sites located in the city of Linares. The objective was to determine the possible clustering of provenances of castor. Principal component analysis (PCA) and hierarchical clustering analysis were used, resulting three principal components that accumulated 79.56% of the total observed variability and the variables that provide the greatest amount of variance were: the total shell weight (g), total weight of the seed (g), number of fruits with seeds, number of fruits without. Seeds and total

number of fruits per bunch. The following hierarchical clustering groups and subgroups were obtained: **Group 1:** Pte.R.Ver, Col.S.Anton, Col.ElVerg and Libram.VialNte, also **Group 2: subgroup 1:** Infon.R.Ver, Pte.Cam, Pte Honda, Res.Nog1 and Carr.L-S.Rober, also of **subgroup 2:** C.comerc, Pte.Roj (VS), Pte.Fome-LaPet, Col.LosNor, Res.Nog and Pte.Amar (VS).

1. INTRODUCCIÓN

Mazzani en 1963, señaló como especies validas a *Ricinus persicus* a *R. zanzibarensis*. También, Milani en el 2006, mencionó que la subespecie *communis*, se ha adaptado a suelos pobres y que es tolerante a la sequía, que las cápsulas pueden ser dehiscentes e indehiscentes, igualmente que sus semillas son grandes lo que facilita la aparición de plagas y enfermedades, además de identificar las subespecies *persicus*, *ruderalis*, *sinensis* y *zanzibarinus*. Con respecto a las semillas de *Ricinus communis* L. ya se cuenta con semilla hibrida, por ejemplo en India se manejan cinco híbridos (GCH 6, GCH 7, DCH 177, RHC 1 y DCH 519) con ciclos de producción entre los 150 – 180 días, con rendimientos de 1.3 – 3.6 Ton ha⁻¹, además de que son resistentes a plagas y enfermedades. También en la China, se tienen híbridos como: ZiboCastor 2, ZiboCastor 3, ZiboCastor 4, ZiboCastor 5 y ZiboCastor 8, con rendimientos de: 3.8, 3.8, 4.2, 4.5 y 4.5 Ton ha⁻¹, respectivamente. Igualmente en Brasil, se siembren los híbridos: BRS Energía, Algarany 2002, IAC 2028, IAC 80 y BRS 149 Nordestina, con rendimientos de: 1.5, 1 – 2.5, 2.0, 4.0 y 1.5 Ton ha⁻¹, y ciclos de producción entre los 120 - 250 días (ICAR, 2013).

Se han llevado a cabo investigaciones en las que se han caracterizado los ecotipos de higuierilla (*Ricinus communis* L.), por ejemplo en Ecuador: Leal A. (2009), realizó una caracterización morfométrica de cinco ecotipos de higuierilla, obteniendo como resultado que a mayor precipitación y menor altitud, las semillas de *Ricinus communis* L. presentan un peso promedio mayor, a diferencia de los ecotipos que se encuentran en áreas en donde se perciben menos milímetros de lluvia y se encuentran en altitudes superiores. Así mismo Ortiz en el 2010, colectó ejemplares de higuierilla, obteniendo que uno de los ejemplar colectados en Monclova, Coahuila, México registró una altura máxima de 3.4 m y el de los ejemplares de Apodaca, Nuevo León, México se registró una altura máxima de 2.90 m. También reportando que en referencia a caracterización morfométrica de las semillas (largo, ancho, grosor) se presentaron diferencias significativas entre ambas localidades, pero que no tiene influencia sobre la cantidad de aceite. Igualmente en el estado de Chiapas, México, fueron caracterizadas semillas de *Ricinus communis* L por: contenido de aceite, forma, tamaño y peso de la semilla. De acuerdo con la distribución de los ejemplares, se establecieron cuatro zonas climáticas: Región 1) clima Lluvioso tropical sin estación seca; Región 2) Sabana tropical con inviernos secos; Región 3) Sabana tropical con inviernos menos secos que la Región 2, y Región 4) Lluvioso Tropical, se encontró una amplia variación en tamaño (de 0.05 a 2.49 cm²), color, peso (desde 7 hasta 123.9 g por cada 100 semillas) y contenido de aceite (desde 12.20 a 64.84 %). Las asociaciones que se establecieron entre el tamaño y

peso de 100 semillas con temperatura y precipitación fueron negativas, y significativas sólo en las regiones 3 y 4. Así mismo no hubo significancia para las asociaciones del contenido de aceite con temperatura y precipitación, pero la tendencia fue a ser positivas en las regiones 1 y 4, las de mayor humedad de las cuatro regiones, y negativas en las regiones 2 y 3. Concluyendo que los individuos de esta especie presentan una gran adaptación a diferentes entornos y crean fenotipos especiales para cada lugar en donde se desarrollan (Goytia, 2011). Finalmente Manzano *et al.* en el 2009, comparó el porcentaje de aceite y tamaño de seis ecotipos de semilla de *Ricinus communis* L., provenientes de: Chile, Colombia y Ecuador. Empleando un análisis clúster jerárquico, obteniendo que la especie de Ecuador centro es muy similar a la Chilena, también que las semillas de la costa del Ecuador son similares entre ellas, pero que difieren de la semilla Colombiana.

2. HIPÓTESIS

La aplicación del análisis multivariado nos permite conocer la relación entre las variables medidas en campo y las procedencias de higuera, además de conglomerar grupos con las procedencias de *Ricinus communis* L. (H_0).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Conocer el posible agrupamiento de quince procedencias de higuera (*Ricinus communis* L.).

3.2 Objetivos específicos

1. Realizar un análisis multivariado para conocer el posible agrupamiento de las procedencias de higuera.
2. Aplicar la técnica estadística de Análisis de Componentes Principales (ACP)

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la ciudad de Linares, N.L. ubicada en las coordenadas geográficas: 24° 51' 35" latitud Norte, 99°34' 0" longitud Oeste. Con altitud media de 350 msnm y una extensión de 2,445.20 km², situada en la parte centro sur del estado de Nuevo León (INEGI, 2011). Se fijaron 15 sitios, en los cuales se colectaron muestras de infrutescencias de higuera (*Ricinus communis* L.), además de muestras de suelo (Figura 1).

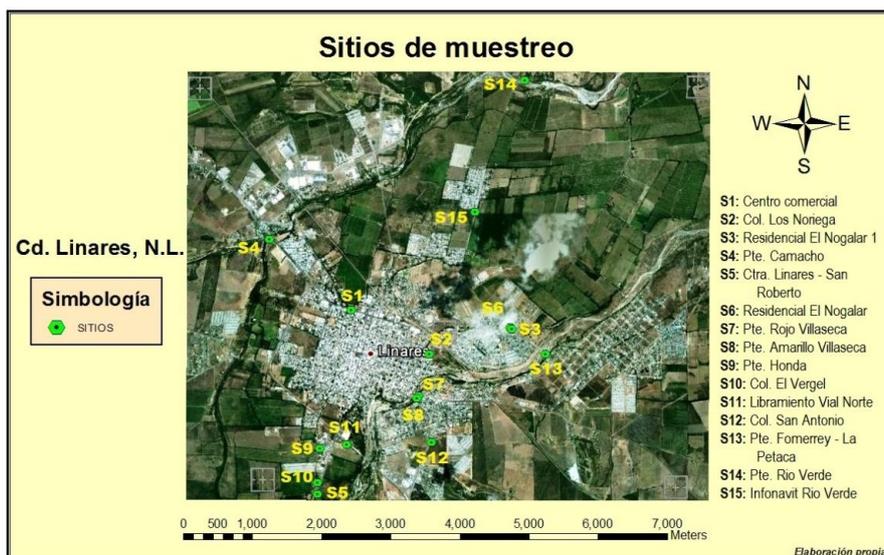


Figura 1. Ubicación del área de estudio

4.2 Planteamiento del problema

En la ciudad de Linares, Nuevo León se tienen como referencia sitios de muestreo, (donde crecen las plantas de *Ricinus communis* L. de manera natural), ver figura 1, se obtuvieron variables de suelo y características relacionadas con la producción de infrutescencias, cantidad de semilla, contenido de aceite y contenido de humedad de la semilla de higuierilla de quince sitios. El objetivo fue conocer el posible agrupamiento de las procedencias de higuierilla. La trama de datos contiene 15 observaciones (Procedencias) sobre 10 variables numéricas: dos variables de suelo y ocho variables relacionadas a la producción de semilla, frutos y contenido de aceite (Ver cuadro 1 y Anexo 1).

Cuadro1. Variables del conjunto de datos.

Variable	Descripción	Variable	Descripción
pH	Medida de Potencial de hidrogeno	fcs	No. frutos con semilla en el racimo
mo	Contenido de materia orgánica (%)	pts	Peso total de la semilla (g)
a	Contenido de aceite de las semillas (%)	ptc	Peso total de la cascara(g)
tf	No. total de frutos en el racimo	nr	Número de racimos por planta
fss	No. frutos sin semilla en el racimo	h	Humedad de la semilla (%)

4.3 Análisis de componentes principales (ACP)

La idea central del análisis de componentes principales (ACP) es reducir la dimensión de un conjunto de datos que consta de un gran número de variables interrelacionadas, conservando tanto como sea posible la variación presente en el conjunto de datos. Esto se logra mediante la transformación a un nuevo conjunto de variables, los componentes principales (CPs), que no están relacionados, y que son clasificadas de modo que el primer CP conserva la mayor parte de la variación presente en *todas* las variables originales.

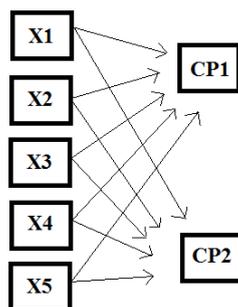


Figura 2. Modelo de componentes principales.

Específicamente, el primer componente principal es la combinación lineal de las variables a observar que explica la mayor variación en el conjunto original de variables. El segundo componente principal es la combinación lineal que da cuenta de la mayor variación en las variables originales, bajo la restricción de que es ortogonal (no correlacionada) para el primer componente principal. Cada componente posterior maximiza la varianza en cuenta, mientras que al mismo tiempo no se correlaciona con todos los componentes anteriores (Ver figura 2). Finalmente las premisas para justificar la aplicación de esta técnica estadística (ACP), se basa en que debe existir una alta correlación entre las variables y que por lo menos se debe de tener una acumulación de la varianza mínima del 80%.

4.4 Procedimiento ACP

Se utilizó el programa estadístico R para el ACP, uno de los paquetes que se utilizó fue el paquete psych, y su función princomp, las salidas y resultados con este paquete pueden ser muy familiares para científicos que utilizan otro software estadístico como SAS y SPSS (Kabacoff, 2011). Los paquetes y funciones más relevantes que se probaron se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Paquetes y funciones principales para ACP en R

Paquete	Función principal
FactoMineR	dudi.pca() y/o PCA()
psych	princomp(), principal() y/o prcomp()

Para llegar al resultado final se requirió una serie de pasos y decisiones, los cuales se describen a continuación:

1. Se preparó la base de datos. En el programa R se introdujo la matriz de datos en bruto y posteriormente se utilizó una matriz de correlación utilizando las funciones de los paquetes en R. Una vez que se calculó la matriz de correlación, se aseguró en la pantalla que en los valores de los datos no existieran faltantes.
2. Se seleccionó el modelo en este caso ACP (reducción de datos).

3. Se decidió cuántos elementos se tenían que extraer (Extracción de los componentes principales).
4. Se extrajeron los componentes.
5. Se procedió a analizar la correlación de los componentes principales con las variables.
6. Finalmente, se interpretaron los resultados.

4.4.1 Selección del número de componentes para extraer

Los criterios que se utilizaron para decidir el número de componentes a retener en el ACP, fueron:

- Se seleccionó un umbral de la varianza acumulada en las variables. Por ejemplo, se recomienda que como mínimo sea el 80 por ciento (Kabacoff, 2011)
- Se seleccionó el número de componentes a retener mediante el examen de los valores propios de la matriz de correlación:

El examen de los valores propios se basó en que: cada componente está asociado con un valor propio de la matriz de correlación, el primer CP se asocia con el valor propio más grande, el segundo CP con el segundo valor propio más grande, y así sucesivamente. Así mismo otro criterio fue el de Kaiser-Harris, que sugiere que los componentes de retención son aquellos valores propios superiores a 1 y que componentes con valores propios de menos de 1 explican menos varianza. También, en la prueba Scree Cattell, los valores propios se representan en un gráfico frente al número de componentes. Dichas parcelas se suelen mostrar en una curva o codo y se conservan los componentes por encima de esta brusca ruptura. Por último, se ejecutaron simulaciones, extrayendo valores propios de matrices de datos aleatorios del mismo tamaño que la matriz original. Si un valor propio a partir de datos reales es mayor que los valores propios correspondientes medios a partir de un conjunto de matrices de datos al azar, se retiene ese componente, el enfoque es llamado *análisis en paralelo*.

5. ANÁLISIS

Desde un archivo xlsx (Excel 2007) se tiene un conjunto de datos en bruto llamado: “datos” objeto asignado para trabajar en R, conformado por las quince procedencias de higuera y sus variables numéricas observadas (Ver anexo 1). En el anexo 1, se asignó la columna *Procedencias* correspondiente a los nombres más populares de los sitios de muestreo; “Centro comercial (Aurrera), Colonia Los Noriega, Residencial El Nogalar (1), Puente Camacho, Carretera Linares San Roberto, Residencial el Nogalar, Puente Amarillo (Villaseca), Puente Rojo (Villaseca), Puente Honda, Colonia el Vergel, Libramiento Vial Norte, Colonia San Antonio, Puente Fomerrey-La Petaca, Puente Río Verde e Infonavit Río Verde.

Para este caso se utilizó el paquete `psych` y la función `prcomp` para el ACP en el programa R, debido a que esta función trabaja con la matriz de correlación de Pearson en vez de la matriz de varianzas-covarianzas. Lo que equivale a dar igual importancia a las variables, para obtener la máxima varianza entre las nuevas variables o componentes principales.

Una de las premisas para justificar el uso de la técnica estadística de ACP es comprobar que existe alta correlación entre las variables, la cual se puede analizar a través de la matriz de correlación de Pearson con los valores próximos a 1 o -1. Una de las opciones fue obtener un gráfico de matriz de correlación en la que se muestra que sí existe correlación entre las variables observadas (Ver figura 3). El código necesario para la creación del gráfico de correlación se agregó en el anexo 2.

La selección del número de componentes se basó conjuntando los tres criterios (Kaiser-Harris, la prueba Scree Cattell y análisis paralelo) a través de la función `fa.parallel`. El número de componentes principales propuesto para el análisis es de tres los cuales contienen la mayor proporción de la varianza (Ver figura 4). El código necesario se agregó en el anexo 3.

La función `prcomp` llevó a cabo un análisis de componentes principales con una matriz de correlación. El formato utilizado se añadió en el anexo 4. El número de componentes a extraer fue de tres, cumpliendo con la premisa de acumular un umbral del 80% de la varianza como mínimo. Los componentes principales (CP) acumularon un 79.56% de la varianza, teniendo en cuenta que añadiendo un componente más la varianza aumenta un 8.78%, y quitando uno disminuye un 21.34% (Cuadro 3). Así mismo con la función `prcomp` se utilizó el argumento `rotate=TRUE` (ver formato utilizado para la extracción de componentes, anexo 4) el cual significa rotación de componentes. Las rotaciones son un conjunto de técnicas matemáticas para la transformación de la matriz de carga de componentes en una que sea más interpretable (purifica los componentes tanto como sea posible). La rotación ortogonal más popular es la rotación **varimax**, que intenta purificar las columnas de la matriz de carga, de modo que cada componente se define por un conjunto limitado de variables (Ver cuadro 3).

En este proceso de extracción de los CP, aparecen las correlaciones entre las variables y los componentes principales (Ver cuadro 4). El código utilizado se agregó en el anexo 4. Para analizar los componentes principales con respecto a las procedencias y las variables se efectuó una proyección de los datos en dos dimensiones dado por los dos primeros componentes principales. Las procedencias se muestran en puntos definidos por los *vectores propios* o también llamados *valores propios* que se calcularon a partir de la matriz de correlación. Para la proyección de la figura 5 en dos dimensiones, el formato se añadió en el anexo 5.

En el programa R se usó el paquete `rgl` que es un sistema controlador 3D en tiempo real para gráficos en tercera dimensión. La proyección de las procedencias de higuierilla y las

variables en los tres CP manifestaron una perspectiva más clara de las agrupaciones y correlaciones. El código utilizado se agregó en el anexo 6.

Una vez que se han observado las procedencias en dos y tres ejes, se determinó finalmente un número de conglomerados. Hay una amplia gama de enfoques de agrupamiento jerárquico. El método de la varianza mínima de Ward tiene como objetivo la búsqueda de grupos compactos. Este método de ligamiento completo encuentra grupos similares. Con la función `hclust` se efectuó un análisis de agrupamiento jerárquico utilizando un conjunto de diferencias para los **n** objetos siendo estos agrupados. Inicialmente, a cada objeto se le asignó su propio grupo y entonces el algoritmo procede iterativamente, en cada etapa une los dos grupos más similares, continuando hasta que sólo hay un solo grupo. En este caso las diferencias entre los grupos son las distancias euclidianas al cuadrado entre las medias del grupo. Para la agrupación jerárquica de la figura 7 se utilizó el código que se añadió en el anexo 7.

6. RESULTADOS

En la figura 3 se presenta un gráfico de la matriz de correlación, el panel de colores muestra las correlaciones entre las variables, por ejemplo existe una alta correlación entre las variables *fss* (Nº. frutos sin semilla en el racimo), *ptc* (Peso total de la cáscara g), *tf* (Nº. total de frutos en el racimo), *fcs* (Nº. frutos con semilla en el racimo), y *pts* (Peso total de la semilla g).

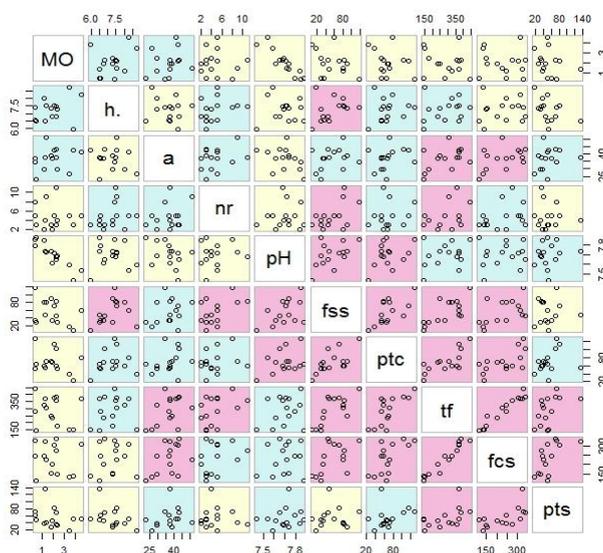


Figura 3. Gráfico de la matriz de correlación entre las variables.

Valoración: color rosa; *alta correlación*, color azul; *correlación media* y color amarillo; *baja correlación*.

Se puede observar en la figura 4 la solución de tres componentes a extraer con el criterio de Kaiser-Harris, la prueba Scree Cattell y análisis paralelo, no siempre será el caso, y

es posible que se tenga que extraer un número variable de componentes y seleccionar la solución que parezca más útil.

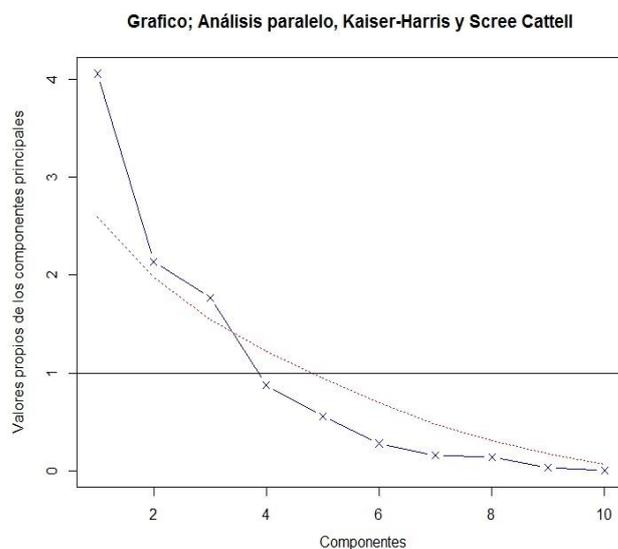


Figura 4. Evaluación del número de componentes principales a retener

Gráfico de sedimentación Cattell: (la línea con X's), valores propios superiores a 1 criterio: (Kaiser-Harris), análisis paralelo con 100 simulaciones: (línea discontinua), sugiere tres CP.

El componente principal uno tiene una proporción de la varianza de 39.34%, así mismo el componente principal dos tiene una proporción de la varianza de 25.45% y finalmente el componente principal tres tiene una proporción de la varianza de 16.08%. Aportando, entre los primeros tres componentes principales una varianza acumulada de 79.56%.

Cuadro 3. Importancia de los componentes principales (CP)

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
Desviación estándar	2.0137	1.4607	1.3295	0.9370	0.74586	0.5291	0.39764	0.37673	0.17162	2.896e-16
Proporción de la varianza	0.4055	0.2134	0.1768	0.0878	0.05563	0.0280	0.0158	0.0141	0.0029	0.000e+00
Proporción acumulada	0.4055	0.6189	0.7956	0.8834	0.9390	0.9670	0.9828	0.997	1.0000	1.000e+00

Se ha extraído más de un componente principal: CP1 CP2 y CP3, que igualmente contienen los valores de correlación con las variables. Por ejemplo se observó que la variable total de frutos (*tf*) es la que tiene mayor correlación con el CP1 y la variable contenido de materia orgánica (MO) tiene una correlación negativa con el CP1. (Cuadro 4). Por lo tanto, los tres componentes son una dimensión de evaluación general representando el 79.56% de la varianza.

Cuadro 4. Correlación entre las variables y los componentes

Variable	CP1	CP2	CP3
pH	0.2349	-0.5735	0.1594
MO	-0.2072	0.5832	0.0505
a	0.1955	0.4433	-0.2391
tf	0.4722	0.1427	-0.0426
fss	0.4066	-0.0276	0.3068
fcs	0.4318	0.1889	-0.1723
pts	0.2537	-0.0608	-0.5594
ptc	0.4060	-0.0178	0.0510
nr	0.2363	0.1730	0.3065
h.	0.0621	0.2092	0.6162

En la figura 5 se representa las observaciones proyectadas sobre el plano de los componentes primero y segundo. Se observa que la segunda dimensión es independiente de la primera y que la variable de contenido de materia orgánica (**MO**) separa las procedencias: **Col.S.Anton** y **Libram.VialNte** de **Carr. L.-S. Rober** y pareciera que la variable **h** forma parte del CP1, pero esta variable tiene una baja correlación con este primer componente (Ver cuadro 4). También en dos dimensiones se solapan las procedencias **Pte.Amar (VS)** y **Pte.Fome-LaPet**, además de **Pte.Roj (VS)**, **Res.Nog1** y **C.comerc**, por lo que se realizó una tercera proyección z con el tercer componente principal, para tener más claro el agrupamiento entre procedencias que se pudiesen conformar y su correlación con las variables.

En el sistema de coordenados con dos ejes se aprecia la diversidad de la información, pero con respecto a la formación de grupos con las procedencias de higuierilla y la correlación con las variables no explican la máxima variabilidad, por lo que la proyección z (CP3) va en la dirección de máxima variabilidad de los datos (79.56%).

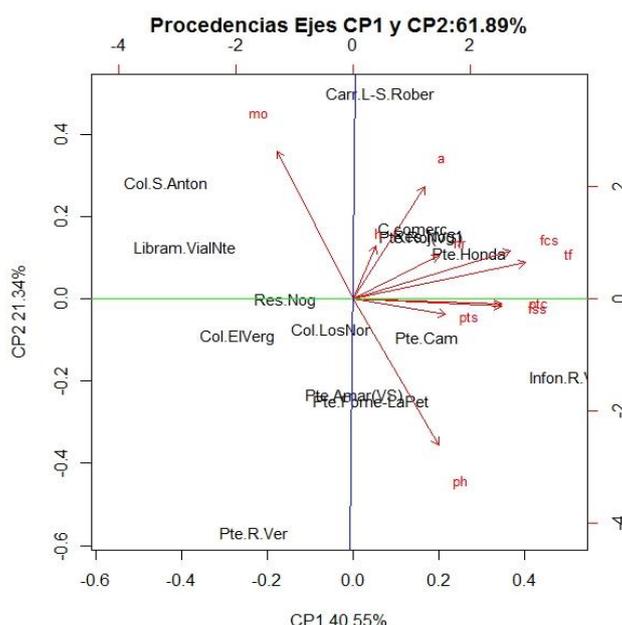


Figura 5. Representación de los datos en los primeros dos CP, que representan un 61.89% de la varianza

Retomando que el CP2 estaba definido por la variable **MO**, y separaba las procedencias **Col.S.Anton** y **Libram.VialNte** de **Carr. L.-S. Rober** (Figura 7), ahora se observa claramente la incorporación de la variable **a** y de la procedencia **Carr.L-S.Rober**, observando también la correlación negativa de la variable **pH** con el segundo componente principal.

Así mismo las procedencias **Pte.Amar (VS)** y **Pte.Fome-LaPet**, además de **Pte.Roj (VS)**, **Res.Nog1** y **C.comerc** se observan más claramente a diferencia de la proyección en dos dimensiones (Figura 6 a). También se muestra en la figura 6b, otra perspectiva del gráfico, además de la relación entre las variables y los componentes principales.

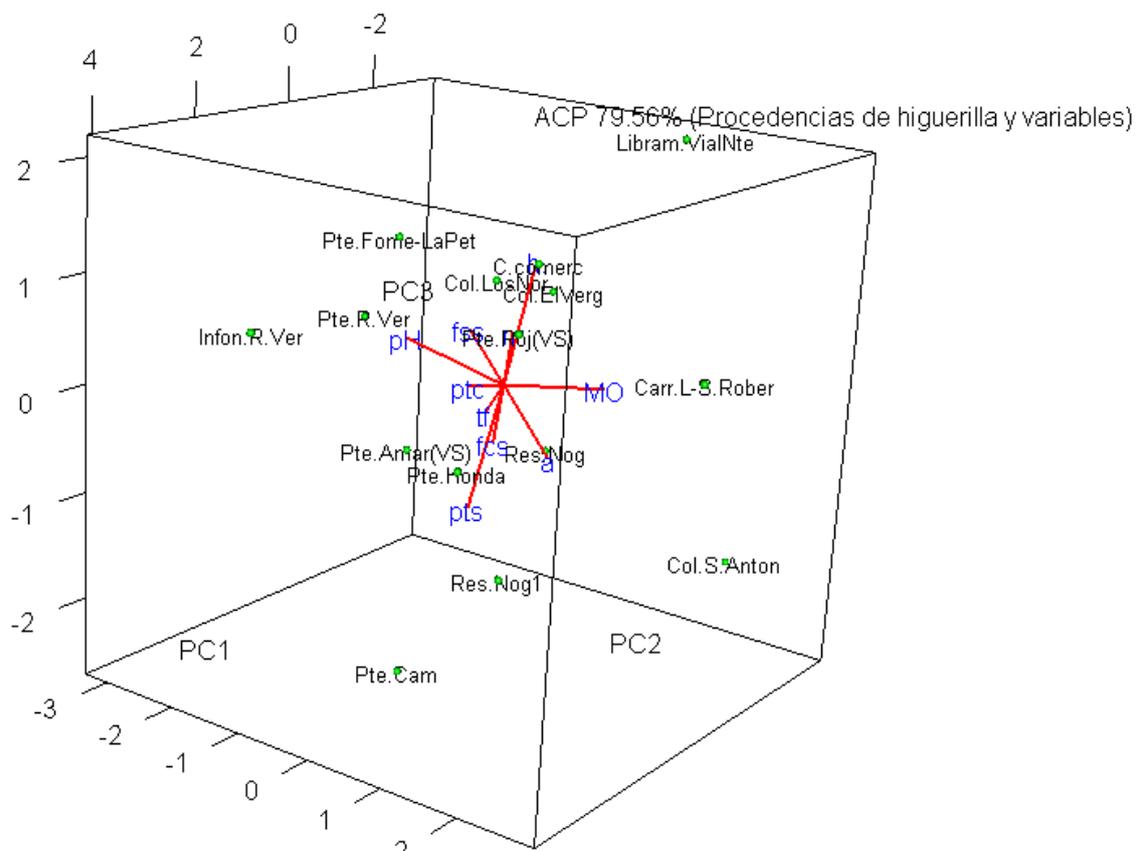


Figura 6 a. Representación de los datos en los tres CP, representando el 79.56 % de la varianza.

ACP 79.56% (Procedencias de higuierilla y variables)

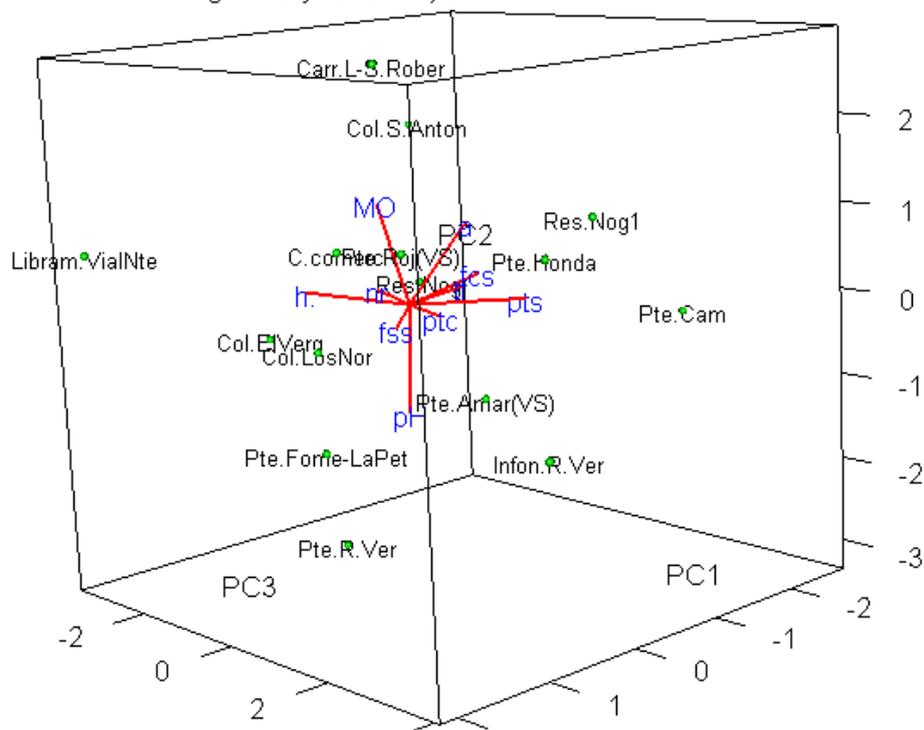


Figura 6 b. Representación de los datos en los tres CP, representando el 79.56 % de la varianza.

En el agrupamiento jerárquico se capturaron los grupos y subgrupos: **Grupo 1:** Pte.R.Ver, Col.S.Anton, Col.ElVerg y Libram.VialNte, así mismo el **Grupo 2:** *subgrupo 1:* Infon.R.Ver, Pte.Cam, Pte. Honda, Res.Nog1 y Carr.L-S.Rober, además del *subgrupo 2:* C.comerc, Pte.Roj (VS), Pte.Fome-LaPet, Col.LosNor, Res.Nog y Pte.Amar (VS). Grupos borde color rojo y 2 subgrupos borde color azul. (Ver figura 10).

En cada grupo de procedencias de higuierilla se conoce su contenido de aceite y el peso total de las semillas, desde un enfoque productivo los grupos servirán como referencia para futuras colectas de semilla, donde se pueden seleccionar las procedencias que mayor rendimiento pudiesen brindar (Ver anexo 1). Por ejemplo el **grupo 1** tiene un contenido de aceite promedio de 30.49 % y peso total de la semilla de 37.73 g, para el **grupo 2** se obtuvieron los valores del *subgrupo 1:* Contenido de aceite promedio de 39.91 % y peso total de la semilla de 82.31 g, Igualmente en el *subgrupo 2:* Contenido de aceite promedio de 38.70 % y peso total de la semilla de 41.40 g.

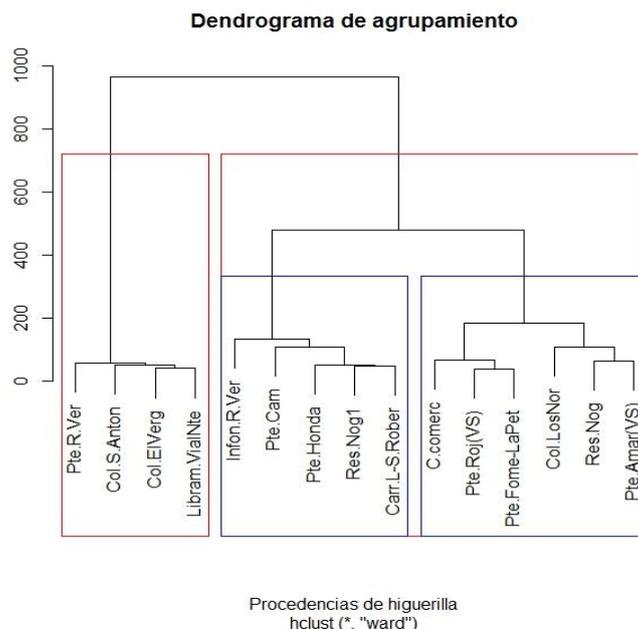


Figura 7. Agrupamiento de los 15 procedencias de higuierilla (*Ricinus communis* L.)

7. CONCLUSIONES

El agrupamiento jerárquico de las procedencias basado en el método de la varianza mínima de Ward y las distancias euclidianas son altamente compatibles, el **grupo 1** congrega cuatro procedencias de higuierilla (Pte.R.Ver, Col.S.Anton, Col.ElVerg y Libram.VialNte) los cuales son distantes como podemos observar en la figura 1. De igual manera el **grupo 2**, que a pesar que existen relativas distancias entre las procedencias aglomera dos subgrupos: **subgrupo 1** (Infon.R.Ver, Pte.Cam, Pte. Honda, Res.Nog1 y Carr.L-S.Rober) y **subgrupo 2** (C.comerc, Pte.Roj (VS), Pte.Fome-LaPet, Col.LosNor, Res.Nog y Pte.Amar (VS)), este suceso de que las procedencias son similares a pesar de las distancias en el terreno entre uno y otro, posiblemente, se debe a que las higuierillas se encuentran en los bordes de arroyos, acequias y ríos, lo que permite que la semilla sea transportada a través del agua, asimismo la semilla germina estableciendo una nueva planta en el sitio.

También se demuestra que los tres componentes principales absorben el 79.56 % de la variabilidad y que las variables que proporcionan la mayor cantidad de la varianza fueron: el Peso total de la cáscara (g), Peso total de la semilla (g), N°. frutos con semilla en el racimo, N°. frutos sin semilla en el racimo y N°. total de frutos en el racimo, las cuales forman parte de las características de *Ricinus communis* L. influyendo en la agrupación desde un punto de vista de producción de frutos y semillas.

Las mejores procedencias desde el punto de vista productivo (peso de la semilla) fueron el **subgrupo 1** (Infon.R.Ver, Pte.Cam, Pte. Honda, Res.Nog1 y Carr.L-S.Rober). Con respecto al contenido de aceite promedio en cada grupo y subgrupo resultó similar.

8. BIBLIOGRAFÍA

Goytia J. María Antonieta, et al., 2011. Relación entre las variables climáticas con la morfología y contenido de aceite de semillas de (*Ricinus communis* L.) de Chiapas. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Ambiente. Doc. PDF. pp. 8. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo>

ICAR, 2013. Development of Castor Depodder and Decorticator. Indian Council of Agricultural Research. Disponible en: <http://www.icar.org.in/>.

INEGI, 2011. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Estadísticas análisis poblacional y crecimiento físico (México): México, INEGI.

Kabacoff R., 2010. Cluster Analysis, 2012. [Consulta: 29 de Octubre de 2013]. Disponible en: < <http://www.statmethods.net/advstats/cluster.html> >

Kabacoff R., 2011. *R in Action Data analysis and graphics with R*. Manning. pp. 331-342.

Leal Alvarado D.A., 2009. Caracterización Morfométrica de cinco ecotipos de higuierilla (*Ricinus communis*) en la ESPOL “Campus Gustavo Galindo”. ESPL – FIMCP. Guayaquil, Ecuador. Doc. pdf. pp. 110

Manzano P., et al. 2009. Comparación del porcentaje de aceite y del tamaño de seis ecotipos de higuierilla (*Ricinus communis*) de origen sudamericano. Doc. PDF. FCUC-ESPOL. pp. 6. Disponible en: <http://www.rte.espol.edu.ec>

Mazzani B., 1963. Plantas oleaginosas. México, D.F., Salvat. pp. 433

Milani M. et al., 2006. Caracterização Taxonômica de Acessos de Mamona (*Ricinus Communis* L.) do Banco Activo de Germoplasma da Embrapa Algodão. MAPA. Boletim de pesquisa e desenvolvimento ISSN 0103-0841. Campina Grande, Brasil. pp. 18

Ortiz Lechuga E. Guadalupe, 2010. Producción de biodiesel a partir de higuierilla (*Ricinus communis* L.) y aceites vegetales comerciales puros y reutilizados en la región noreste de México”. UANL-FCB. Doc. pdf. pp. 101

9. ANEXOS

Anexo 1. Conjunto de datos, llamado como objeto de trabajo: “datos”.

Procedencias	pH	MO	a	tf	fss	fcs	pts	ptc	nr	h
C.comerc	7.68	2.30	37.85	356.00	82.00	274.00	34.88	58.46	11.00	7.48
Col.LosNor	7.73	1.88	39.08	245.00	90.00	155.00	27.69	69.89	3.00	7.32
Res.Nog1	7.65	2.30	43.34	385.00	46.00	339.00	69.92	103.25	3.00	6.81

Pte.Cam	7.73	1.32	37.63	369.00	47.00	322.00	136.33	54.39	4.00	6.52
Carr.L-S.Rober	7.54	4.58	41.38	371.00	60.00	311.00	50.64	79.06	5.00	8.28
Res.Nog	7.61	1.91	37.38	236.00	33.00	203.00	45.27	67.90	2.00	6.78
Pte.Amar(VS)	7.79	0.41	36.95	279.00	35.00	244.00	61.76	53.53	5.00	6.59
Pte.Roj(VS)	7.72	1.41	51.45	307.00	81.00	226.00	41.17	71.19	9.00	7.51
Pte.Honda	7.71	2.16	42.60	374.00	72.00	302.00	81.51	114.43	5.00	7.53
Col.ElVerg	7.69	2.43	29.86	177.00	30.00	147.00	32.45	52.74	4.00	7.29
Libram.VialNte	7.59	3.47	26.59	150.00	17.00	133.00	16.86	38.70	5.00	8.75
Col.S.Anton	7.44	3.81	42.85	147.00	9.00	138.00	52.15	23.38	3.00	5.95
Pte.Fome-LaPet	7.84	1.19	29.51	325.00	81.00	244.00	37.63	59.32	2.00	7.99
Pte.R.Ver	7.87	0.45	22.68	142.00	29.00	113.00	49.48	63.97	3.00	6.48
Infon.R.Ver	7.85	0.36	34.63	444.00	117.00	327.00	73.16	128.21	8.00	7.41

Anexo 2. Código para generar el grafico de correlación.

```
my.obs<- (cor(datos))
my.color<- dmat.color(my.obs)
my.ordered<- order.single(cor(datos))
cpairs(datos,my.ordered,panel.color=my.color,
gap=.5)
```

Anexo 3. Código necesario para generar el grafico de: Componentes a extraer

```
fa.parallel(datos,n.iter=100, n.obs=15, fa="pc",
show.legend=FALSE,
ylabel="Valores propios de los componentes principales",
main="Grafico; Análisis paralelo, Kaiser-Harris y
Scree Cattell")
```

Anexo 4. Extracción de los componentes y su correlación con las variables.

Extraction de los components

```
pc <- prcomp (datos, center=TRUE, scale=TRUE, scores=TRUE,
cor=TRUE, rotate=TRUE)
summary(pc)
```

Correlación entre las variables y los componentes

```
cor.v.cp<- pc$rotation
cor.v.cp
```

Este último con la ayuda del paquete FactoMineR ():

Anexo 5. Código utilizado para el grafico en dos dimensiones

```
win.graph()
biplot (pc,cex=.9,var.axes=TRUE, arrow.len = 0.08,
ylab="CP2 21.34%", xlab="CP1 40.55%",expand = 1,
main="Procedencias y variables (ejes CP1 y
CP2:61.89%)
abline(0,0,col="green")
abline(0,90,col="blue")
```

Anexo 6. Código utilizado para el grafico en 3D

```
#Conformación del grafico
plot3d(pc$x[,1:3], type="s", col="green", size=1, radius=.05,
aspect=TRUE)
  decorate3d(xlab=NULL, ylab=NULL, zlab=NULL, main ="ACP 79.56%
  (Procedencias de higuerilla y variables)")
#Los valores pc$rotation se multiplicaron por dos para que los
vectores sean más largos en el plot3d
pc$rotation2<-(pc$rotation)*2
#Añadiendo texto
text3d(pc$x[,1:3],texts=rownames(datos), shadow=TRUE, cex=.8)
  text3d(pc$rotation2[,1:3], texts=rownames(pc$rotation),
  col="blue", cex=1, shadow=TRUE)
#Añadiendo los vectores de las variables
coords <- NULL
  for (i in 1:nrow(pc$rotation)) {
    coords <- rbind(coords,
  rbind(c(0,0,0),pc$rotation2[i,1:3]))
  }
lines3d(coords, col="red", lwd=2, size=1)
```

Anexo 7. Código utilizado para el agrupamiento jerárquico

```
di <- dist(datos, method="euclidean")
  arbol <- hclust(di, method="ward")
  datos$hcluster <- as.factor(cutree(arbol, k=2))
#Mejorar la vista de las parcelas según los grupos observados
win.graph()
  plot(arbol, xlab="Procedencias de higuerilla", ylab=NULL,
  main="Dendrograma de agrupamiento")
  rect.hclust(arbol, k=4, border="red")
x <- rect.hclust(arbol, h = 200, which = c(2,3), border = "blue")
x
```