

**PERFIL METABÓLICO DE ÁCIDOS GRASOS Y
DERIVADOS DE IMPORTANCIA, SESAMIN Y
SESAMOLIN EN CULTIVARES DE SÉSAMO
DE INTERÉS AGROINDUSTRIAL
EN EL PARAGUAY**



M. Sc. Delia M. León Fernández - CEMIT - UNA

M. Sc. Francisco Ferreira - CEMIT - UNA

M. Sc. Pastor Pérez - Facultad Politécnica - UNA

**PERFIL METABÓLICO DE ÁCIDOS GRASOS Y
DERIVADOS DE IMPORTANCIA, SESAMIN Y
SESAMOLIN EN CULTIVARES DE SÉSAMO
DE INTERÉS AGROINDUSTRIAL
EN EL PARAGUAY**

Proyecto CONACYT 14-INV-310

M. Sc. Delia M. León Fernández - CEMIT-UNA

M. Sc. Francisco Ferreira - CEMIT- UNA

M. Sc. Pastor Pérez - Facultad Politécnica - UNA

FICHA TÉCNICA

Autores:

León Fernández, Delia Mariel (Encarnación, 1985)

Ferreira Benítez, Francisco (Asunción, 1979)

Pérez Estigarribia, Pastor (Pdte. Stroessner, 1985)

Perfil Metabólico De Ácidos Grasos Y Derivados De Importancia, Sesamin Y Sesamolin En Cultivares De Sésamo De Interés Agroindustrial En El Paraguay / Delia Mariel León Fernández; Francisco Paulo Ferreira Benítez, Pastor Pérez Estigarribia. 1ra Edición- Asunción, 2019.

52 p.: 15 x 21 cm.

ISBN 978-99967-0-787-2

PREFACIO

El sésamo es un cultivo milenario que a través de la historia ha acompañado el desarrollo de numerosas culturas del continente asiático y africano siendo un componente fundamental para la alimentación de sus pueblos y que a través de los esclavos llevados a Estados Unidos, el sésamo llegó a América, incorporándose por medio de los usos y costumbres de éstos pueblos.

En Paraguay, según escritos, lo introduce Moisés Bertoni a mediados del siglo XIX, no obstante recién en la década de 1990 se inicia su cultivo comercial con predominio en la región Oriental, donde debido a la baja competitividad del algodón, permitió que el sésamo se convierta en una alternativa interesante para los productores con pequeñas fincas.

Con el correr del tiempo el país ocupó un lugar dentro de los referentes de países productores y exportadores, aportando en la diversificación de la agricultura de exportación y se constituyó además en un rubro de renta para el pequeño productor, en quienes actualmente se concentra el 90 % de la producción con una superficie de 55.000 hectáreas (Producción agropecuaria-Síntesis estadística).

La mayor parte de la producción de sésamo de Paraguay se exporta al Japón y otros países como Estados Unidos y Alemania tanto para su consumo de forma entera o en forma de grano, en productos semi procesados como los turroneos o en forma de aceite, ya que la principal característica de éste cultivo es su alto contenido entre 50 a 60% de aceite de alta estabilidad, por su composición en

antioxidantes naturales que le permiten compararse en calidad con el aceite de oliva.

El contenido y composición de aceite así como el de proteínas, son fundamentales para determinar el destino industrial que se le dará al grano, ya que ellas definen su calidad, la cual debe ajustarse a los requisitos internacionales para calificar en los principales mercados extranjeros.

En los granos destinados para confitería el contenido de aceite debe ser de 48% como mínimo y para los granos destinados a la producción de aceite (crudo o refinado) se exige un mínimo de 50-52%, de ahí el interés en caracterizar a las variedades de sésamo utilizadas en el Paraguay principalmente por el porcentaje de contenido de aceite, perfil del contenido de ácidos grasos y contenido de los componentes sésamin y sesamolin los cuales le confieren mayor estabilidad en términos de oxidación.

Este material provee información sobre las características en cuanto a composición química y aptitudes industriales de algunas de las principales variedades de sésamo utilizadas en el país.

Ing, Agr. M.Sc. Delia León

Investigadora líder del Proyecto

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Asunción, por su apoyo a la investigación.

Al Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas (CEMIT), dependiente de la Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica (DGICT) de la Universidad Nacional de Asunción (UNA), por brindarme el espacio y la disponibilidad de su infraestructura

Al CONACYT por el financiamiento del proyecto

Al laboratorio de toxicología y su equipo, en especial a Domitila, por el gran apoyo en la realización de los análisis.

Al Laboratorio de Semilla de la Facultad de Ciencias Agrarias.

Al Campo Experimental de Chore del IPTA

Al Ing. Luis López

Al Ing. César González

A los centros de acopio

A Pastor Pérez por los análisis y procesamientos de datos.

A mi familia y amigos que son mi refugio siempre

Muchas gracias

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	7
EL SÉSAMO EN PARAGUAY	8
USOS Y BENEFICIOS	10
VARIETADES DE SÉSAMO EN PARAGUAY	12
VARIETADES ANALIZADAS EN EL PROYECTO Y SUS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS	13
RESULTADOS	14
CONTENIDO DE ACEITES	24
ÁCIDOS IDENTIFICADOS	25
CONTENIDO DE SESAMIN Y SESAMOLIN	29
CONTENIDO DE SESAMIN	32
CONTENIDO DE SESAMOLIN	33
CONCLUSIÓN	35
ANEXO	36
REFERENCIA	50

PRESENTACIÓN

La publicación de este material compila en él los resultados obtenidos del proyecto “*Perfil metabólico de ácidos grasos y derivados de importancia, sesamin y sesamolin en cultivares de sésamo de interés agroindustrial del Paraguay*”, financiado por el CONACYT en la modalidad iniciación científica.

El proyecto tuvo por objeto principalmente realizar en las variedades de sésamo un perfil de ácidos grasos y su contenido en otros compuestos que estarían asociados a la estabilidad y calidad de los aceites.

El proyecto se llevó a cabo en tres etapas, primeramente el muestreo de las variedades de sésamo utilizadas actualmente en el país, obteniéndose muestras de centros de acopio, empresas e instituciones, seguidamente la segunda etapa la cual consistió en el procesamiento de las muestras, ésta etapa se desarrolló en el laboratorio de Toxicología, del Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas, de la Universidad Nacional de Asunción, y por último el análisis de datos estadísticos que sintetizaron los datos obtenidos, a modo de visualizar de manera clara los resultados.

Este material pretende aportar información en cuanto a la capacidad de aprovechamiento de las variedades de sésamo, y de esta manera complementar las informaciones ya existentes de las caracterizaciones morfológicas y agronómicas de las variedades utilizadas en este estudio.



EL SÉSAMO EN PARAGUAY

El sésamo en Paraguay fue introducido por Moisés Bertoni quien realizó ensayos de adaptación y producción en la zona de Alto Paraná. Posteriormente la comunidad Coreana cultivó sésamo en la zona de Canindeyú para su propio consumo y es en el año 1990 que se inicia la producción comercial de sésamo en el Chaco con productores menonitas (USAID, 2009)

En 1994 la producción de sésamo inicia en el departamento de San Pedro con lo cual se logra impulsar la producción y se expande al departamento de Concepción, consolidándose este rubro en las fincas de pequeños productores (MAG, 2006)

Actualmente con más de 10 variedades, el cultivo se concentra en la zona norte de la Región Oriental, donde el 75 % de la producción proviene de los departamentos de San Pedro y Concepción, siendo también otras áreas de importancia los departamentos de Canindeyú y en la región Occidental el departamento de Boquerón.

El desarrollo de esta oleagionosa registró en nuestro país un incremento de 16.479 hectáreas durante la zafra 2000/01 a 60.000 hectáreas en 2013/14, con un volumen de producción de 41.000 toneladas (DCEA/MAG, 2014). El rendimiento promedio nacional oscila entre los 300 a 700kg/ha (IICA, 2012), alcanzando en condiciones óptimas y de buen manejo hasta 1.000 kg/ha.



La calidad de los granos le han permitido al país, ubicarse en el sexto lugar dentro de los mayores exportadores mundial de sésamo, ganando mercados tan importantes como el de Japón, Estados Unidos, Europa y otros (IICA, 2012).

De acuerdo a los datos presentados en el Seminario Internacional de Producción de Sésamo del 2012, en Paraguay el 70% de la producción es destinada para la elaboración de aceite y el 30% para consumo directo o confitero (Sco Saic, 2012).

El sésamo en Paraguay no sólo tiene un valor dentro del sistema agroexportador, sino también un alto valor social, ya que casi la totalidad del volumen de los granos son producto del esfuerzo y del trabajo de la agricultura familiar campesina con el apoyo del sector privado y público.

Según los datos del Censo 2008, existen 40.467 fincas productoras de sésamo, las cuales ocupan una superficie de 69.857 hectáreas, incidiendo esta oleaginosa directamente en la economía de éstas familias (IICA, 2012); de ahí la importancia de valorizar el cultivo, y de clasificar las aptitudes industriales de las diferentes variedades, para poder establecer estrategias de producción de acuerdo a las demandas del mercado extranjero y nacional.



USOS Y BENEFICIOS

Como bien es sabido el sésamo es una oleaginosa que posee múltiples usos, pero es para la producción de aceite que se lo utiliza principalmente, ya que los granos presentan alta cantidad de ello, entre 40 a 60 % de su peso total, además del contenido de proteína que oscila entre 17 y 29 % (Mazzani y Layrisse, 1998).

La composición química de la semilla de ajonjolí obviamente es diferente de acuerdo a las variedades y la región ecológica en donde se obtiene dicha semillas; sin embargo en términos generales y de acuerdo con análisis químicos realizados en diferentes localidades, se tiene un promedio de 50% de aceite, 25% de proteínas, 11% de hidratos de carbono, 5% de cenizas, 4 % de materia fibrosa y 5 % de humedad (Raul Robles, 1980)

El aceite de sésamo se destaca sobre los demás aceites vegetales debido a su alta estabilidad a la oxidación, propiedad atribuida al alto tenor de ácido linoléico y a la presencia de compuestos fenólicos (sesamina, sesamolina, sesamol y pinosresino) antioxidantes naturales que le confieren mayor estabilidad a los ácidos grasos presentes en las semillas.

El aceite de sésamo es utilizado para acompañar ensaladas así como para la elaboración de numerosos platos. Los granos de sésamo también pueden ser



aprovechados para su consumo de forma directa siendo altamente utilizado en la industria panadera (Beltrão y Vieira, 2001).

Otras de las aplicaciones de esta oleaginosa tiene que ver con la industria química, donde se la utiliza para la fabricación de margarinas, cosméticos, perfumes, remedios, lubricantes, jabón, tinta e insecticida (Beltrão et al., 1994). Además tiene demostrados efectos beneficiosos para la salud como el retardo del envejecimiento celular, prolongando la vida útil de las células, inhibe el desarrollo de células cancerígenas, elimina radicales libres, interrumpiendo procesos de oxidación celular, potencializándose con la vitamina E, presente en las semillas, mejorando la absorción en el organismo y consecuentemente su acción antioxidante; tiene también propiedades anti fúngicas y bactericida, así como acción anti parasitaria (Beltrão y Vieira, 2001).

Los ácidos grasos principalmente en la semilla de ajonjolí son el oleico y linoleico. De acuerdo con los informes de análisis en algunos se mencionan más o menos 45 % de oleico y 40 % de linoleico, en otros reportes de análisis se encuentra 60% de oleína y 25 o poco más de porcentaje de linoleína. (Raúl Robles, 1980)



VARIEDADES DE SÉSAMO EN PARAGUAY

Los orígenes de las variedades de sésamo sembradas en Paraguay son diversas, entre ellas las hay de origen japonés, mexicano, estadounidense, boliviano y venezolano; aunque, si bien también, existen cultivares cuyo origen se desconoce (USAID, 2009).

Los cultivares actualmente utilizados en el país están conformados principalmente por Escoba blanca, también se utilizan el ALQ01, INIA 1, Dorado, Escoba, F-06, KO-7, KEMAGRO 2, SH1, Mbareté y La Hermosa entre otros.

Las zonas de producción son principalmente la zona Norte del País y parte del Chaco; los cultivares de grano Negro, se centran en los departamentos de Itapúa, Misiones y Ñeembucú como zonas productoras; y en la Región Occidental los cultivares S12, F06 e IP10 son producidos en los departamentos de Boquerón, Presidente Hayes y Alto Paraguay, siendo IP10 un material de tipo semi indehiscente.

Además de los cultivares utilizados, existen, otros cultivares mejicanos que han sido introducidos y cuya producción está en etapa experimental, evaluándose su potencial y capacidad adaptativa, para su posterior producción comercial en el país; los cultivares evaluados son: San Joaquín, Zirándaro, Pungarabato, Pachequeño, Río Grande y Canastilla.



VARIETADES ANALIZADAS EN EL PROYECTO Y SUS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Se analizaron 30 muestras en total correspondientes a 10 variedades comerciales de sésamo colectadas de centros de acopio y centros de investigación, cabe mencionar que la cantidad de muestras fue diferente para cada variedad de acuerdo a la disponibilidad de las mismas en los puntos de muestreos.

Se realizó el proceso de extracción de aceite por el método de Soxhlet (con ensayos por duplicados) y se calculó el porcentaje de humedad y aceite de cada muestra.

El perfil de ácidos grasos se realizó por medio de Cromatógrafo de gases, utilizando las muestras de aceites obtenidas del proceso de extracción, teniendo en cuenta los tiempos de retención comparados contra un estándar mix de C4-C28.

El contenido de sesamin y sesamolín se determinó por medio de un Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiencia, para su cuantificación se emplearon patrones de los mismos, empleando como parámetro de identificación el tiempo de retención de cada una de las moléculas en estudio, se calculó las cantidades de las moléculas, considerando además el peso y el volumen final del extracto.

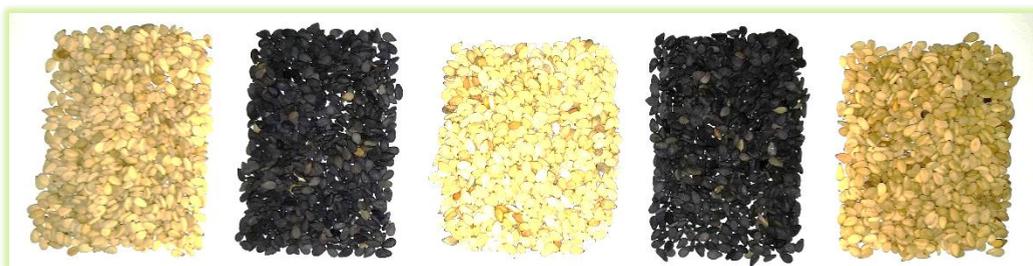
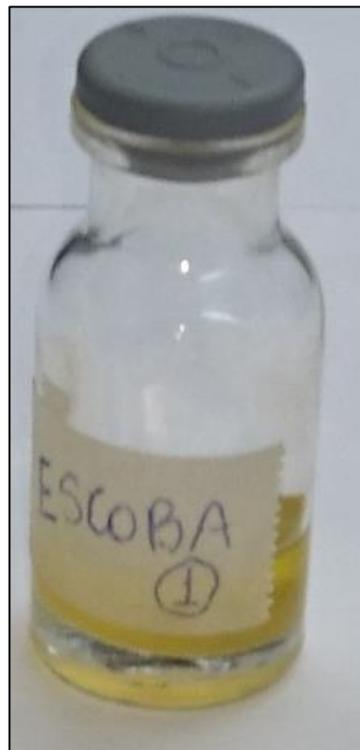


RESULTADOS



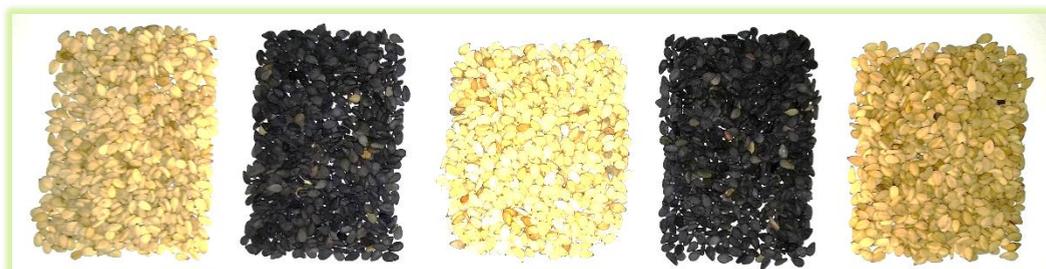
1. ESCOBA BLANCA

Principales Compuestos	Cantidad
Ácido Linoleico	40.60 %
Ácido Linolelaídico	43.85 %
Ácido Palmítico	8.64 %
Ácido Esteárico	5.72 %
Otros ácidos	1.19 %
Sesamin	0.13
Sesamolin	0.13
Contenido de Aceite	53 %
Aptitud Industrial	Aceitero



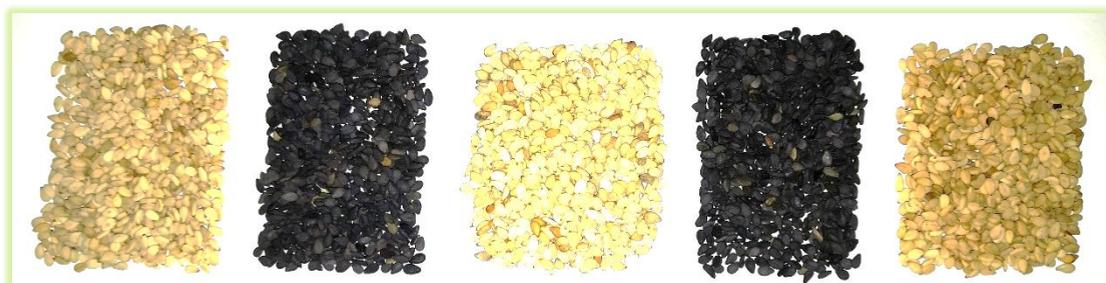
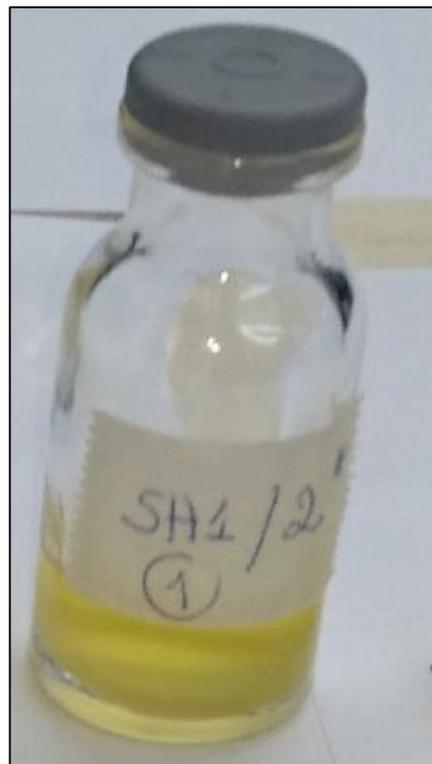
2. NEGRO

Principales Compuestos	Cantidad
Ácido Linoleico	41.70 %
Ácido Linolelaídico	41.92 %
Ácido Palmítico	8.60 %
Ácido Esteárico	5.40 %
Otros ácidos	2.38 %
Sesamin	0.14
Sesamolin	0.13
Contenido de Aceite	51 %
Aptitud Industrial	Aceitero



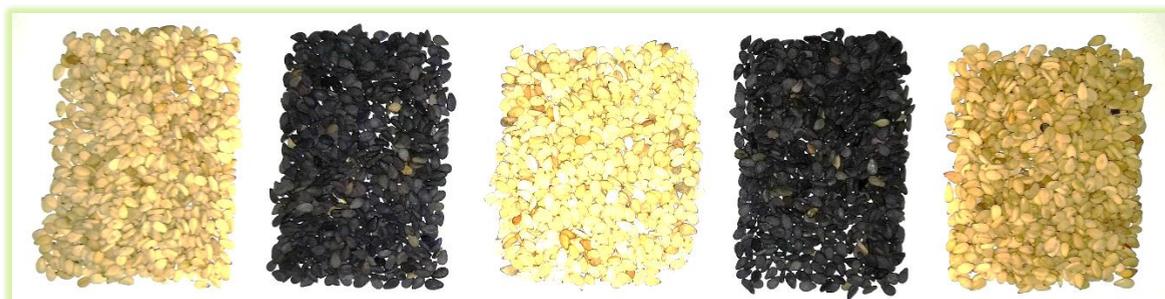
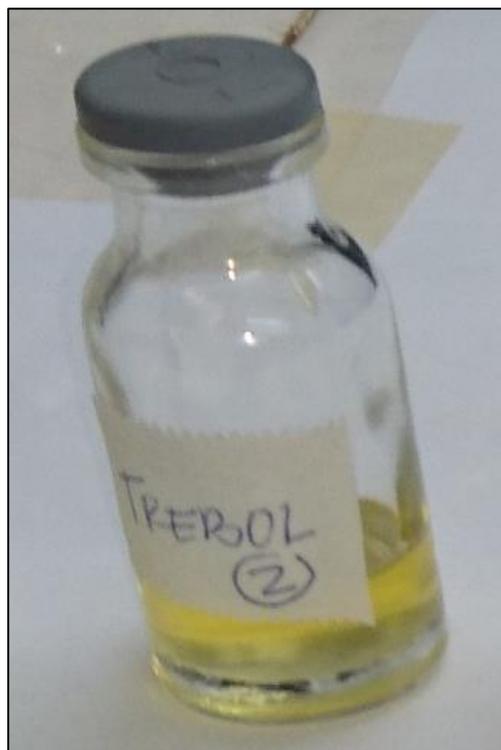
3. SH-1

Principales Compuestos	Cantidad
Ácido Linoleico	40.69 %
Ácido Linolelaídico	41.35 %
Ácido Palmítico	7.89 %
Ácido Esteárico	5.60 %
Otros ácidos	4.47 %
Sesamin	0.14
Sesamolín	0.13
Contenido de Aceite	55 %
Aptitud Industrial	Aceitero



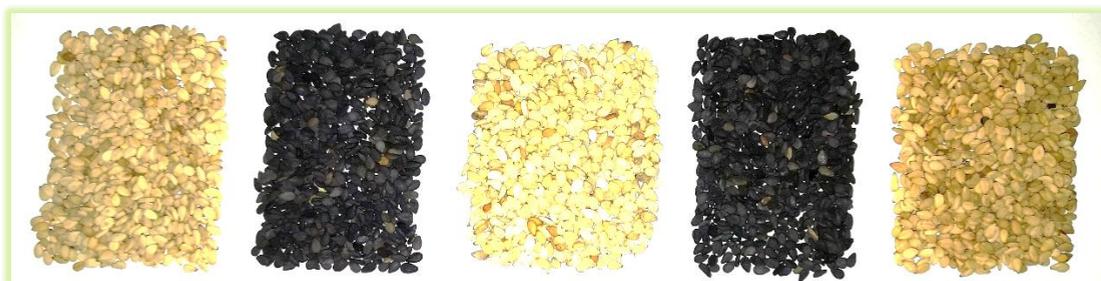
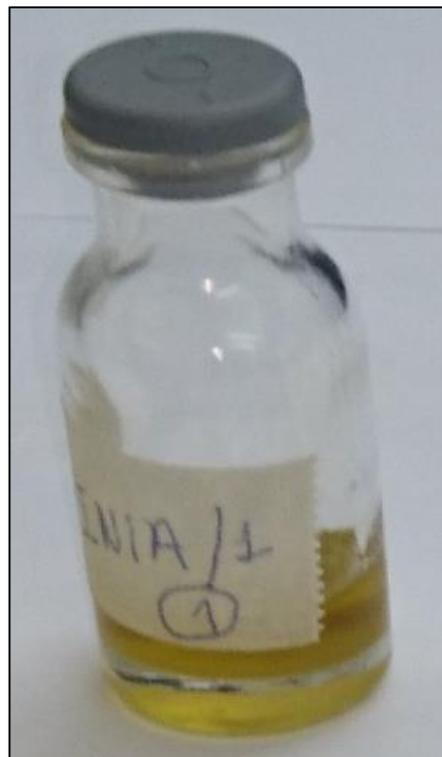
4. TRÉBOL

Principales Compuestos	Cantidad
Ácido Linoleico	42.08 %
Ácido Linolelaídico	40.44 %
Ácido Palmítico	9.73 %
Ácido Esteárico	5.02 %
Otros ácidos	2.75 %
Sesamin	0.09
Sesamolin	0.13
Contenido de Aceite	50 %
Aptitud Industrial	Aceitero



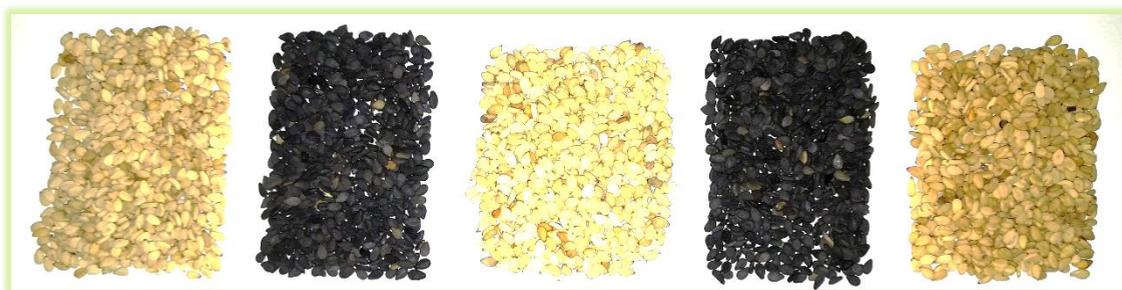
5. INIA

Principales Compuestos	Cantidad
Ácido Linoleico	36.75 %
Ácido Linolelaídico	38.38 %
Ácido Palmítico	8.51 %
Ácido Esteárico	4.43 %
Otros ácidos	5.7 %
Sesamin	0.15
Sesamolín	0.15
Contenido de Aceite	50 %
Aptitud Industrial	Aceitero



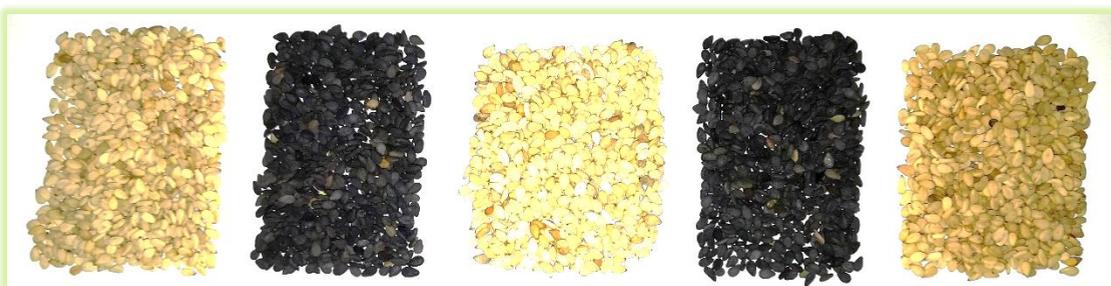
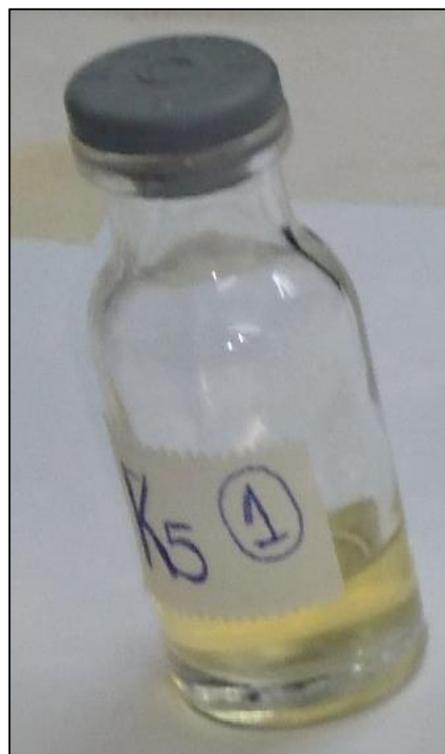
6. K2

Principales Compuestos	Cantidad
Ácido Linoleico	44.08 %
Ácido Linolelaídico	41.08 %
Ácido Palmítico	7.94 %
Ácido Esteárico	5.24 %
Otros ácidos	1.77 %
Sesamin	0.16
Sesamolin	0.17
Contenido de Aceite	52 %
Aptitud Industrial	Aceitero



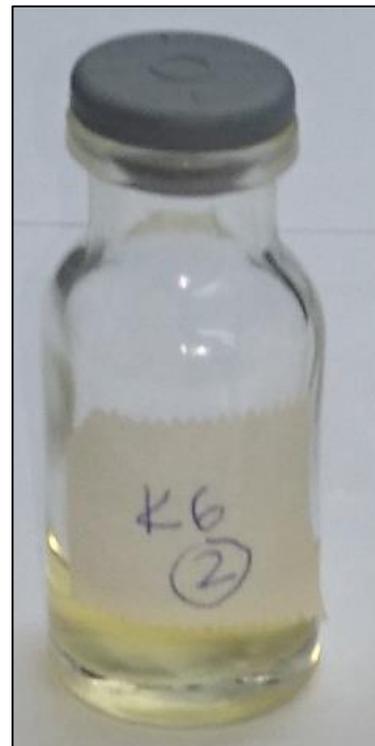
7. K5

Principales Compuestos	Cantidad
Ácido Linoleico	42.83 %
Ácido Linolelaídico	38.34 %
Ácido Palmítico	8.70 %
Ácido Esteárico	5.81 %
Otros ácidos	4.32 %
Sesamin	0.03
Sesamolin	0.07
Contenido de Aceite	53 %
Aptitud Industrial	Aceitero



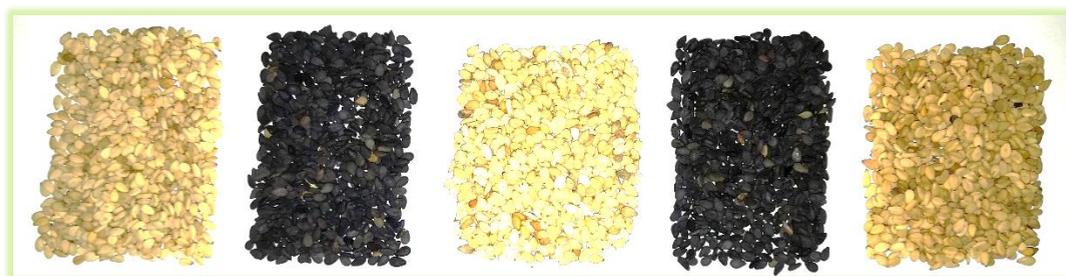
8. K6

Principales Compuestos	Cantidad
Ácido Linoleico	42.78 %
Ácido Linolelaídico	39.79 %
Ácido Palmítico	7.52 %
Ácido Esteárico	5.08 %
Otros ácidos	2.83 %
Sesamin	0.13
Sesamolin	0.10
Contenido de Aceite	50 %
Aptitud Industrial	Aceitero



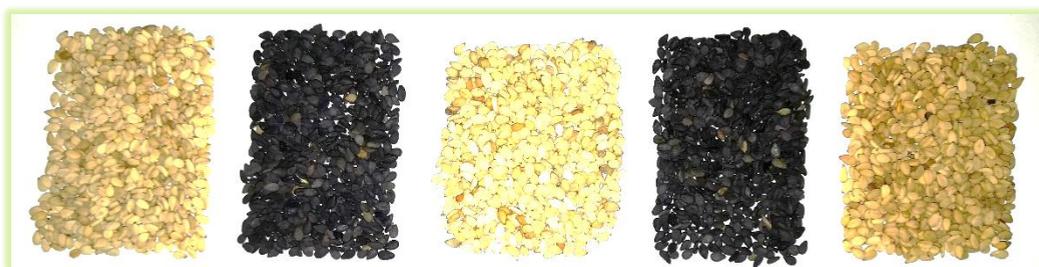
9. K07

Principales Compuestos	Cantidad
Ácido Linoleico	44.98 %
Ácido Linolelaídico	38.30 %
Ácido Palmítico	8.43 %
Ácido Esteárico	5.80 %
Otros ácidos	2.76 %
Sesamin	0.13
Sesamolin	0.12
Contenido de Aceite	50 %
Aptitud Industrial	Aceitero



10. IP10

Principales Compuestos	Cantidad
Ácido Linoleico	44.69 %
Ácido Linolelaídico	39.80 %
Ácido Palmítico	8.67 %
Ácido Esteárico	5.27 %
Otros ácidos	1.57 %
Sesamin	0.15
Sesamolin	0.10
Contenido de Aceite	48 %
Aptitud Industrial	Confitero



CONTENIDO DE ACEITES

De acuerdo a los resultados de los analisis se pueden clasificar a 8 variedades con aptitudes aceitera, y 1 confitera siendo éstas:

Tabla 1. Porcentaje de Aceites Y Aptitud Industrial De Las Variedades De Sésamo

Variedad	Porcentaje de aceite	Aptitud industrial
SH1	55 %	Aceitera
Escoba Blanca	53 %	Aceitera
K5	53 %	Aceitera
K6	53 %	Aceitera
Trébol	50 %	Aceitera
Inia	50 %	Aceitera
k07	50 %	Aceitera
Negro	51 %	Aceitera
IP10	48 %	Confitera
K2	52 %	Aceitera



ÁCIDOS IDENTIFICADOS

Los resultados de los análisis identificaron en las 30 muestras 14 ácidos grasos de los cuales 4 se muestran en mayor proporción dentro de las variedades, estos son:

1. Ácido Linoleico
2. Ácido linoleaidico
3. Ácido Palmítico
4. Ácido Behénico

Los porcentajes de los ácidos se detallan en el gráfico 1.

Mientras que también se observan otros 10 ácidos grasos pero que solo estaban presentes en algunas muestras y variaron su concentración entre las mismas, éstos son:

1. Ácido esteárico
2. Ácido Docosenoico
3. Ácido Butítico
4. Ácido Caproico
5. Ácido eicosapentaenoico
6. Ácido heneicosanoico
7. Ácido tetracosenoico
8. Ácido Tricosanoico
9. 4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid, methyl ester
10. Undecanoic acid, methyl ester
11. Otros Ácidos



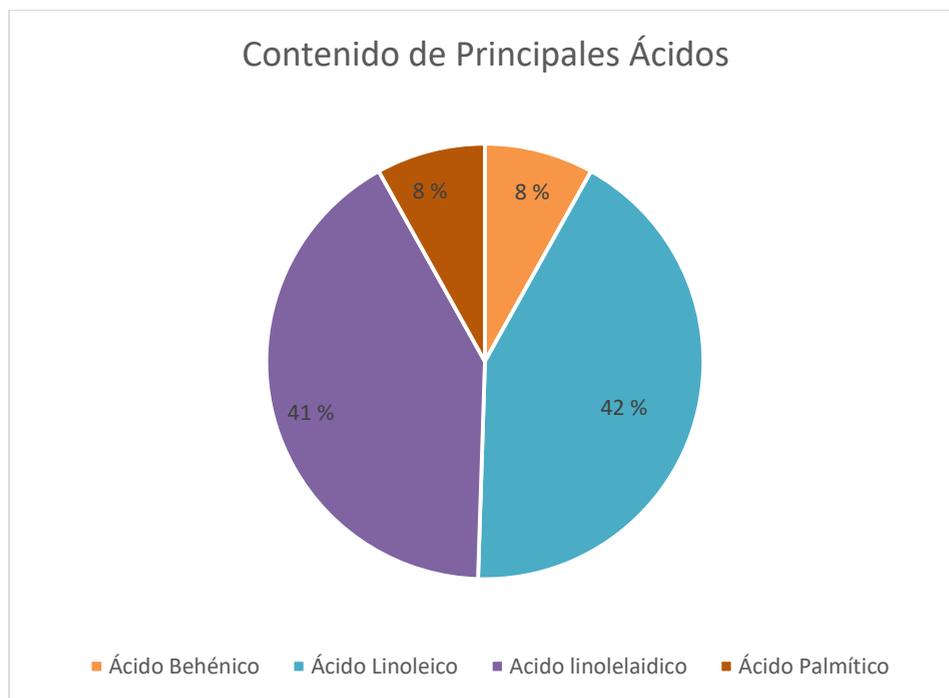


Grafico 1. Composición de principales ácidos en las variedades de sésamo

Comportamiento de los ácidos en las muestras

La figura 1 representa a cada muestra con un punto y los colores de ellos indican la variedad a la cual pertenecen, el ángulo entre las flechas describe el grado de correlación entre las variables, mientras que el largo exhibe la varianza explicada.



Cuanto menor es el ángulo a 90° entre vectores, tiende a acercarse a un valor de 0, lo que indica que existe una correlación positiva, y que al aumentar una variable aumenta la otra, como lo observado para los ácidos linoleico, palmítico, esteárico y linoleáido, los cuales fueron los mayores ácidos grasos presentes en las variedades de sésamo.

Cuando los vectores tienden a formar un ángulo de 90° , no tienen relación ya que el valor es igual a 0, como pudo observarse para los ácidos caproico y docosenoico, caproico y palmítico, docosenoico y heneicosanoico, que no están relacionados entre sí.

Cuando los vectores tienden a formar un ángulo de 180° , tienen una correlación negativa, es decir que cuando uno aumenta el otro disminuye, ya que los vectores apuntan en sentido opuesto, esto se observa para los ácidos docosenoico y palmítico, y para los ácidos caproico y heneicosanoico.

Así también la figura 1 muestra que cuanto mayor es el tamaño de la elipse más variabilidad existe entre las muestras para esa variedad, tal como se observa en las variedades SH1 y Negro que tienen mayor variación entre muestras, seguidas de IP y Escoba Blanca.



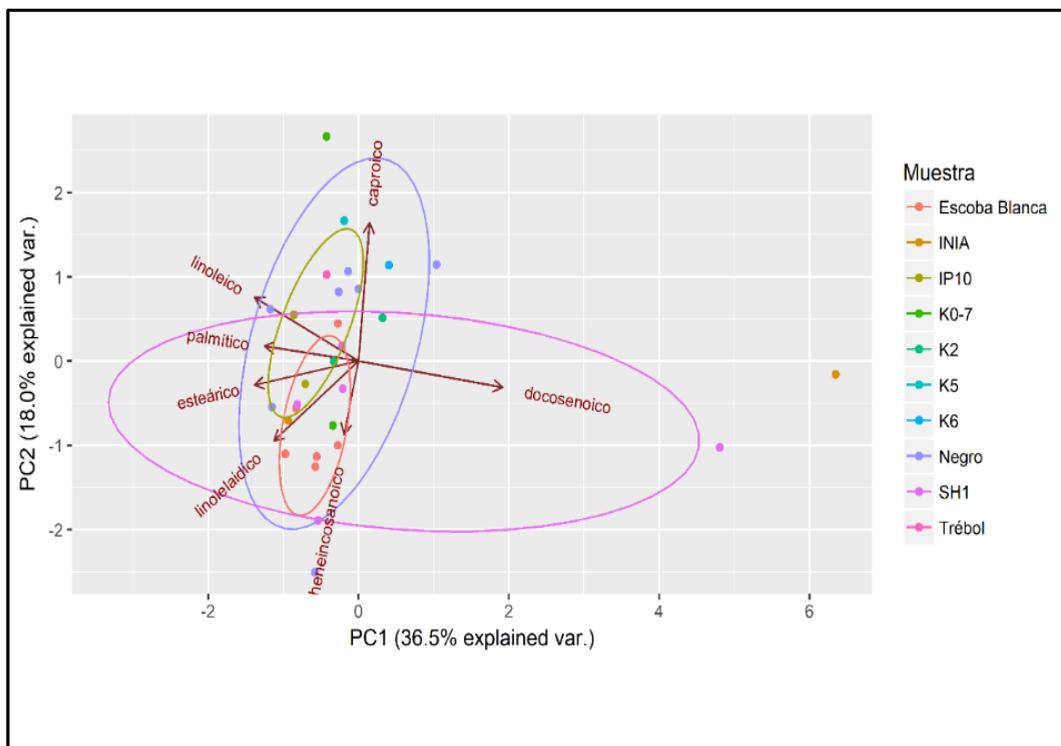


Figura 1. Biplot por Análisis de Componentes Principales de ácidos grasos.

Tabla 2: Comparaciones por MANOVA de muestras según el contenido de ácidos grasos

	Df	Pillai approx	F	num Df	den Df	Pr(>F)
as.factor(muestra)	9	2.82	1.21	72	160	0.1601
Residuals	20					



Los resultados del MANOVA indican que no hay diferencias estadísticamente significativas en la composición de ácidos grasos entre muestras, lo que quiere decir que las muestras de las diferentes variedades presentan los mismos ácidos en proporciones similares.

El valor de F calcula la varianza intra y entre grupo, si la varianza entre grupo es mayor a la intra grupo, entonces el estadístico F tiende a ser mayor y se acerca a 1 indicando que no hay diferencia entre grupos.

CONTENIDO DE SÉSAMIN Y SESAMOLIN

Sobre el contenido de Sesamin y Sesamolín, se observó que los valores de ambos se comportaron de manera diferentes en las variedades, al promediar los valores de las muestras para éstos compuestos se pudo observar que:

Para las variedades Escoba Blanca, INIA y Negro los valores de ambos fueron en proporciones iguales, es decir que ambos compuestos presentaron los mismos valores.

Mientras que el contenido de sesamin en promedio fue mayor que el de sesamolín en las variedades Trébol, IP10, K07, K6 y SH1.

Así también el valor de sesamolín en promedio fue mayor que el de sesamin para las variedades K2 y K5.

Los valores para los contenidos de sesamin y sesamolín para las variedades se pueden ver resumidos en la tabla 3.



Tabla 3. Contenido promedio de Sesamin y Sesamolin en las variedades de sésamo

Variedades	Sesamin	Sesamolin
Escoba Blanca	0.13	0.13
INIA	0.15	0.15
Negro	0.14	0.14
Trébol	0.19	0.13
IP10	0.15	0.1
K07	0.15	0.1
SH1	0.14	0.11
K2	0.16	0.17
K5	0.03	0.07
K6	0.13	0.1

En cuanto a la relación de los contenidos de sesamin y sesamolin, se observa en la figura 2, que las muestras de las variedades con una relación 1:1 fueron las de las variedades Escoba Blanca e INIA, ésta relación quiere decir que conforme aumenta el contenido de sesamin aumenta el de sesamolin.

Para las muestras de las variedades IP10 y K07 el contenido de sesamin aumentó conforme aumentó el de sesamolin.



Para las muestras de SH1 las concentraciones de sesamin y sesamolin se mantuvieron constantes sin variar una en relación de la otra.

Las muestras de la variedad Negro mostraron mayor contenido de sesamolin que de Sesamin.

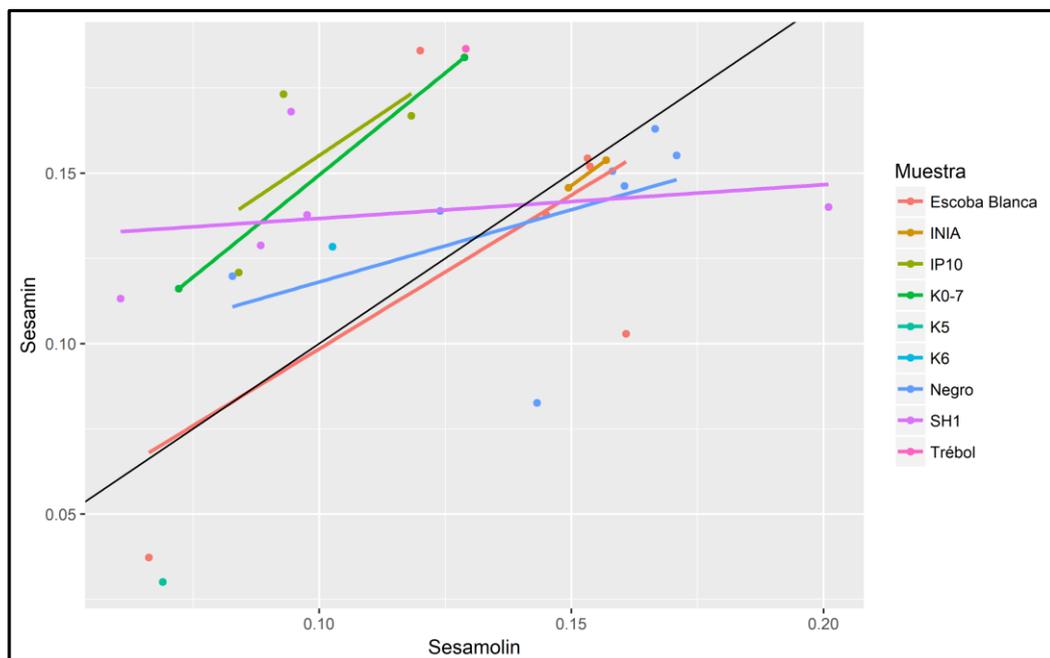


Figura 2. Tendencia bivariada de sesamolin y sesamin. Las distintas muestras evidencian una pendiente positiva, esto indica que la concentración de sesamin tiende a aumentar con la concentración de sesamolin. La línea negra muestra una tendencia 1:1 esperada de la concentración, las muestras que se encuentran por encima de esta línea son las que dieron una mayor concentración de sesamin en comparación con sesamolin.



Contenido de Sesamin

Al analizar los valores de sesamin entre las muestras de las distintas variedades, la figura 3 indica que los valores de sesamin se encuentran entre 0.10 y 0.18 mg/g para la mayoría de las variedades sin mostrar variaciones significativas entre ellas.

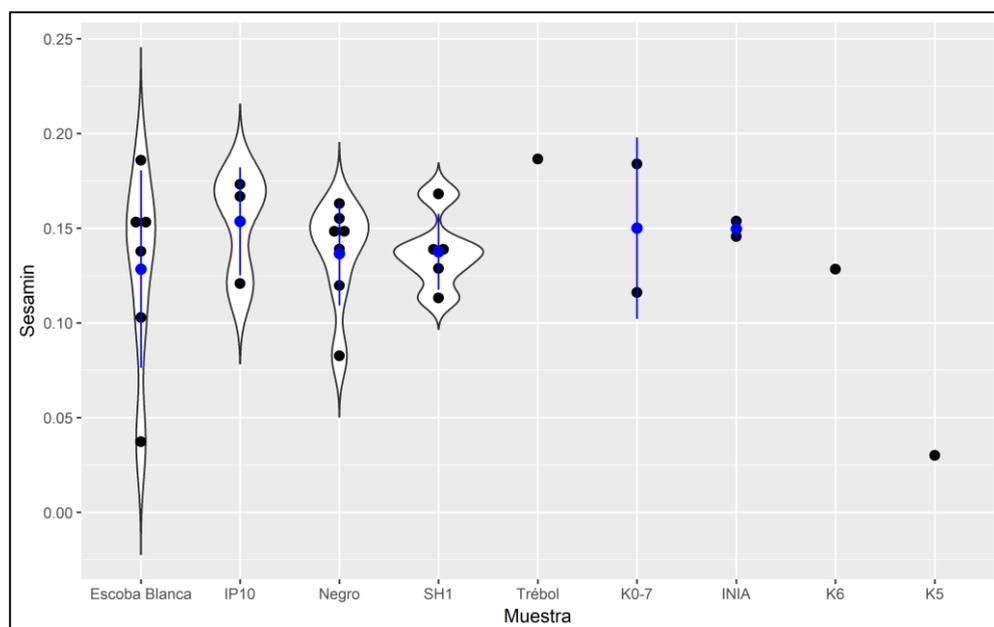


Figura 3. Del lado izquierdo de la figura se muestran violín plot para las muestras con más de dos mediciones de Sesamin, mientras que del lado derecho se muestran jitter plot para las muestras con dos o menos mediciones. La línea azul representa el promedio y una desviación estándar.

Se observa también entre las muestras de las variedades, que las que mayor variación presentaron fueron las muestras de la variedad Escoba Blanca.



Contenido de Sesamolin

Para el contenido de sesamolin, la figura muestra que los contenidos en promedio fueron más variables entre las variedades, sin embargo los rangos estuvieron entre 0.09 y 0.17 mg/g. Así también las muestras que más variaron en el contenido de sesamolin fueron de las variedades Escoba Blanca y Negro.

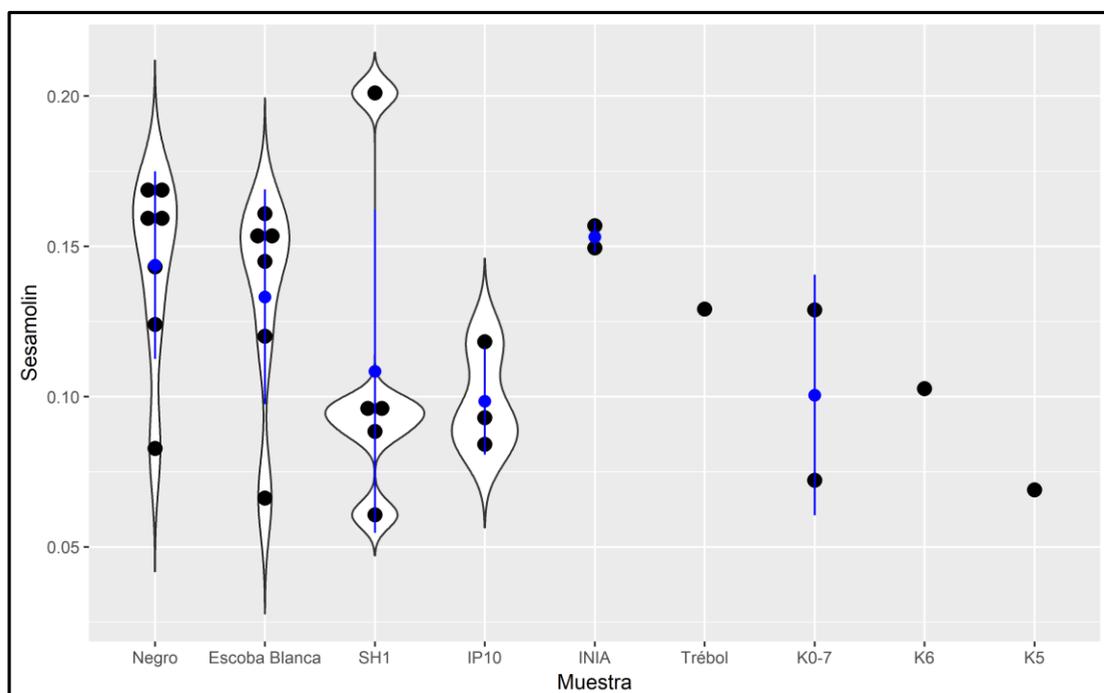


Figura 4. Del lado izquierdo de la figura se muestran violín plot para las muestras con más de dos mediciones de sesamolin, mientras que del lado derecho se muestran jitter plot para las muestras con dos o menos mediciones, la línea azul representa el promedio y una desviación estándar.



Tablas 4. Comparaciones por MANOVA de muestras según el contenido de sesamin y sesamolin

	Df	Pillai approx	F	num Df	den Df	Pr(>F)
as.factor(Muestra)	8	0.76	1.47	16	38	0.16
Residuals	19					

El valor del F indica que las diferencias de sesamin y sesamolin entre muestras no son estadísticamente significativas.



CONCLUSIÓN

De los análisis realizados a las 10 variedades de sésamo, se identificaron variedades en su mayoría con aptitud industrial aceitera como también confitera.

Las variedades de tipo aceitera pueden aprovecharse tanto para la obtención de aceites comestibles como para otras aplicaciones en la fabricación de pinturas, jabones, cosméticos, perfumes, insecticidas y productos farmacéuticos.

La mayor diferencia entre variedades estuvo dado por el porcentaje lipídico, el contenido de ácido oleico y linolelaidico, mientras que el ácido palmítico, Behenico y otros ácidos fueron menos significativos.

Las diferencias identificadas en los contenidos de sesamin y sesamolín entre las variedades podrían deberse a factores como genotipo y condiciones edafoclimáticas sin embargo parecen no afectar en la calidad del aceite ya que los mismos estuvieron constituidos mayormente por ácidos grasos poliinsaturados los cuales son esenciales para la salud. Sin embargo se recomienda continuar y profundizar los estudios en estos compuestos anti oxidantes, considerando variedades estándares bajo condiciones controladas.

Cabe mencionar que no se identificaron diferencias significativas en cuanto al contenido de aceite, la composición de ácidos grasos y los contenidos de sesamin y seamolin en sésamos de color blanco y negro, por lo que las diferencias en color de tegumento no estarían relacionadas a la calidad del aceite.



ANEXO 1

Tabla A: Conjunto de datos de mediciones de sesamolín y sesamin

Código	Muestra	Sesamolín	Sesamin
L9	Escoba Blanca	0.1537	0.1520
L10	Escoba Blanca	0.1532	0.1543
L18	Escoba Blanca	0.1608	0.1029
L19	Escoba Blanca	0.0662	0.0373
L22	Escoba Blanca	0.1201	0.1859
L28	Escoba Blanca	0.1450	0.1378
L1	INIA	0.1494	0.1457
L2	INIA	0.1569	0.1538
L6	IP10	0.0841	0.1208
L7	IP10	0.1183	0.1668
L8	IP10	0.0930	0.1731
L27	K0-7	0.1288	0.1839
L11	K0-7	0.0722	0.1161
L23	K2	0.2132	0.1518
L25	K2	0.1249	0.1753
L20	K5	0.0690	0.0301
L21	K6	0.1026	0.1284
L3	Negro	0.0828	0.1198

Código	Muestra	Sesamolín	Sesamin
L4	Negro	0.1605	0.1462
L5	Negro	0.1709	0.1552
L12	Negro	0.1432	0.0826
L13	Negro	0.1240	0.1389
L24	Negro	0.1666	0.1630
L29	Negro	0.1581	0.1506
L14	SH1	0.2010	0.1400
L15	SH1	0.0976	0.1377
L16	SH1	0.0606	0.1132
L17	SH1	0.0944	0.1680
L30	SH1	0.0884	0.1288
L26	Trébol	0.1291	0.1865

Empresa	Código de muestra	Muestra	Ácido Behénico	Ácido butírico	Acido caproico	Ácido Docosenoico	Ácido eicosapentaenoico	Ácido esteárico
FCA-Shirosawa	L22	Escoba Blanca	NA	NA	NA	0.63	NA	6.09
Senave	L10	Escoba Blanca	NA	0.11	0.05	0.49	0.10	5.50
IPTA	L18	Escoba Blanca	NA	0.08	0.09	0.52	NA	5.25
Shirosawa	L19	Escoba Blanca	NA	0.06	1.23	0.56	NA	5.56
FCA-Shirosawa	L28	Escoba Blanca	NA	0.13	0.50	0.49	0.19	6.90
Senave	L9	Escoba Blanca	NA	NA	NA	0.04	NA	5.04
IPTA	L1	INIA	12.45	NA	1.12	6.38	NA	3.72
Shirosawa	L2	INIA	NA	NA	NA	0.09	NA	5.16
Senave	L6	IP10	NA	0.06	1.91	0.05	NA	4.96
Senave	L7	IP10	NA	0.01	0.08	0.05	NA	5.51
Shirosawa	L8	IP10	NA	0.01	0.08	0.05	NA	5.35
IPTA	L11	K0-7	NA	0.14	0.07	0.51	NA	5.46
IPTA	L27	K0-7	NA	0.17	2.82	0.63	NA	6.14
FCA-Shirosawa	L23	K2	NA	0.08	0.05	0.57	NA	5.54

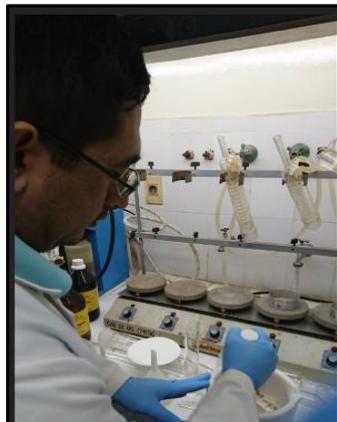
Shirosawa	L25	K2	NA	0.13	1.89	0.47	NA	4.95
IPTA	L20	K5	0.13	NA	2.97	0.57	NA	5.81
IPTA	L21	K6	NA	0.14	2.03	0.49	NA	5.08
Senave	L12	Negro	NA	0.19	2.90	0.56	NA	5.78
Senave	L13	Negro	NA	NA	2.20	0.53	NA	5.37
FCA-Shirosawa	L24	Negro	NA	0.04	0.04	0.56	NA	NA
FCA-Shirosawa	L29	Negro	NA	0.16	3.66	0.27	NA	4.46
FCA-Shirosawa	L3	Negro	NA	NA	NA	0.06	NA	6.16
FCA-Shirosawa	L4	Negro	NA	0.08	0.09	0.05	NA	5.68
FCA-Shirosawa	L5	Negro	NA	0.59	1.91	0.05	NA	4.96
Senave	L14	SH1	10.33	0.07	0.07	5.00	NA	4.33
Senave	L15	SH1	NA	0.12	0.15	0.57	NA	5.95
IPTA	L16	SH1	NA	0.10	1.45	0.54	NA	5.39
Shirosawa	L17	SH1	NA	0.07	0.22	0.52	NA	5.30
FCA-Shirosawa	L30	SH1	NA	NA	NA	0.63	NA	7.05
IPTA	L26	Trébol	NA	0.18	1.97	0.54	NA	5.02

Tabla B: Conjunto de datos de mediciones de ácidos grasos

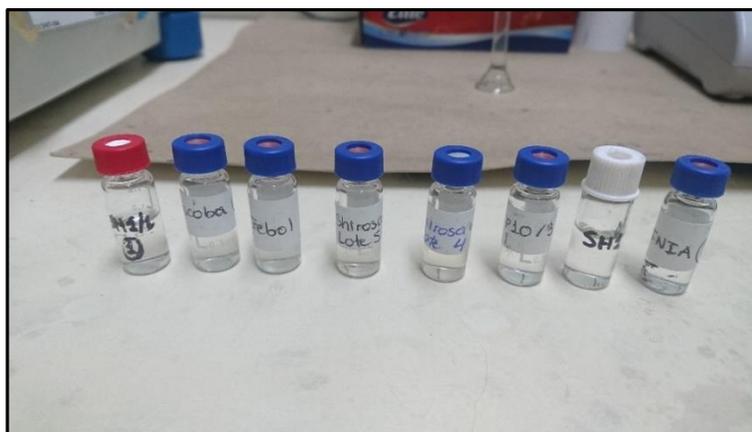
Muestra	Ácido hecicosanoico	Ácido Linoléico	Acido linoleaídico	Ácido Linolénico	Ácido Palmítico	Ácido tetracosenoico	Ácido Tricosanoico	4,7,10,13,16,19 Docosahexaenoic acid, methyl ester	Undecanoic acid, methyl ester	Otros Ácidos
Escoba Blanca	NA	40.64	43.30	NA	9.15	NA	NA	0.18	NA	NA
Escoba Blanca	0.20	40.51	44.06	NA	8.82	NA	0.17	NA	NA	NA
Escoba Blanca	0.20	39.68	45.01	NA	9.18	NA	NA	NA	NA	NA
Escoba Blanca	0.18	37.71	46.06	NA	8.66	NA	NA	NA	NA	NA
Escoba Blanca	0.20	42.61	41.04	NA	7.84	NA	0.11	NA	NA	NA
Escoba Blanca	0.01	42.47	43.70	NA	8.21	NA	NA	NA	NA	0.53
INIA	NA	32.26	33.28	1.97	7.46	0.03	NA	NA	NA	1.34
INIA	0.01	41.25	43.49	NA	9.56	NA	NA	NA	NA	0.43
IP10	0.02	43.01	40.20	NA	8.69	NA	NA	NA	NA	1.20
IP10	NA	44.34	41.06	NA	8.41	NA	NA	NA	NA	0.54

IP10	0.01	46.73	38.16	NA	8.92	NA	NA	NA	NA	0.67
K0-7	0.21	42.48	42.64	NA	8.29	NA	0.21	NA	NA	NA
K0-7	NA	47.49	33.97	NA	8.57	NA	NA	NA	0.20	NA
K2	NA	45.72	39.82	NA	8.02	NA	NA	0.20	NA	NA
K2	NA	42.45	42.23	NA	7.87	NA	NA	NA	NA	NA
K5	0.31	42.83	38.34	NA	8.71	NA	NA	NA	0.33	NA
K6	0.18	44.78	39.79	NA	7.52	NA	NA	NA	NA	NA
Negro	0.18	39.46	41.98	NA	8.95	NA	NA	NA	NA	NA
Negro	0.17	42.44	40.97	NA	8.32	NA	NA	NA	NA	NA
Negro	5.67	43.81	41.53	NA	8.34	NA	NA	NA	NA	NA
Negro	0.08	39.76	44.29	NA	7.34	NA	NA	NA	NA	NA
Negro	0.02	41.62	42.34	NA	9.12	NA	NA	NA	NA	0.68
Negro	0.02	41.84	42.15	NA	9.46	NA	NA	NA	NA	0.63
Negro	0.02	43.01	40.20	NA	8.69	NA	NA	NA	NA	0.58
SH1	NA	35.70	37.00	0.75	6.74	NA	NA	NA	NA	0.14
SH1	0.24	42.90	41.29	NA	8.80	NA	NA	NA	NA	NA
SH1	0.20	41.75	41.97	NA	8.61	NA	NA	NA	NA	NA
SH1	0.21	44.07	41.51	NA	8.09	NA	NA	NA	NA	NA
SH1	NA	39.03	44.99	NA	7.26	NA	NA	1.04	NA	NA
Trébol	NA	42.08	40.44	NA	9.73	NA	NA	NA	0.05	NA

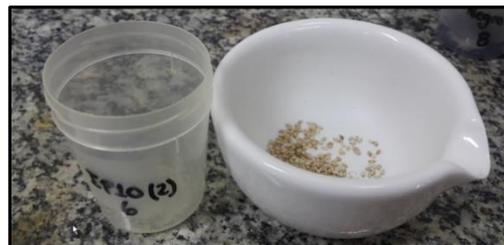
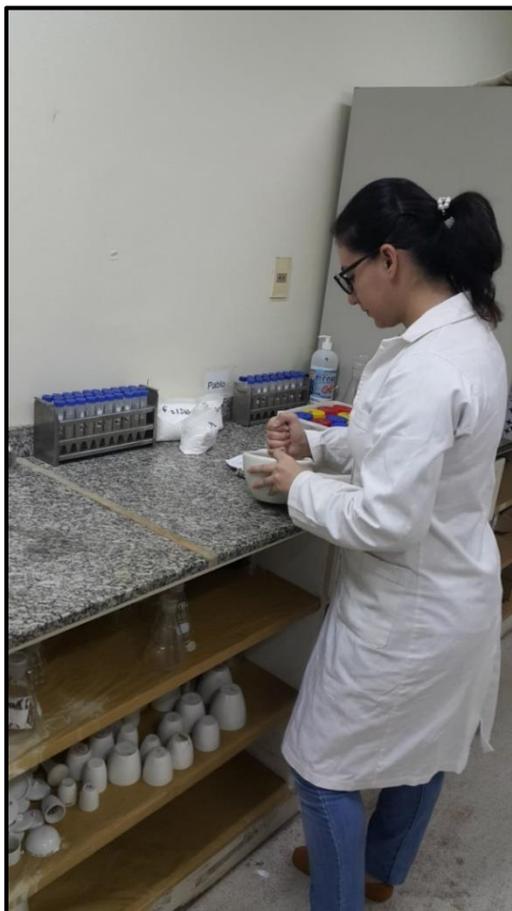
EXTRACCIÓN DE ACEITES

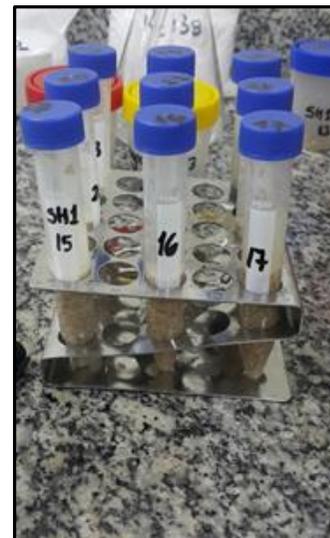


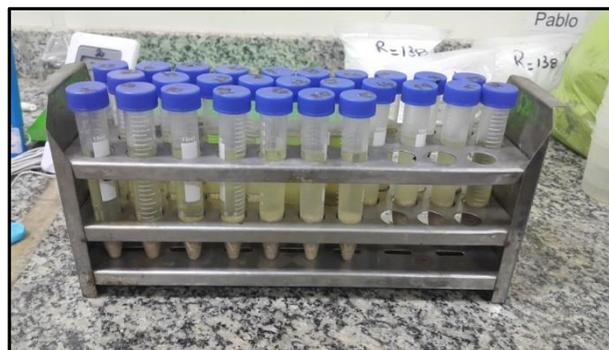
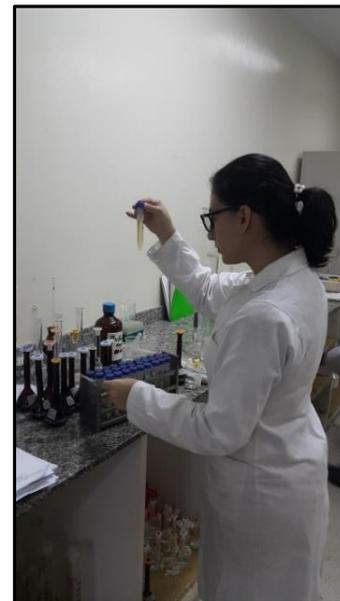
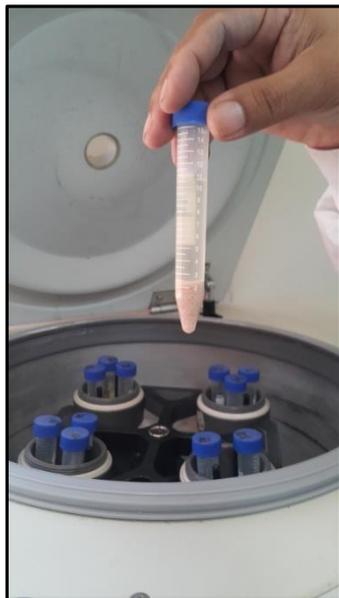
PERFIL Y CONTENIDO DE ACIDOS GRASOS

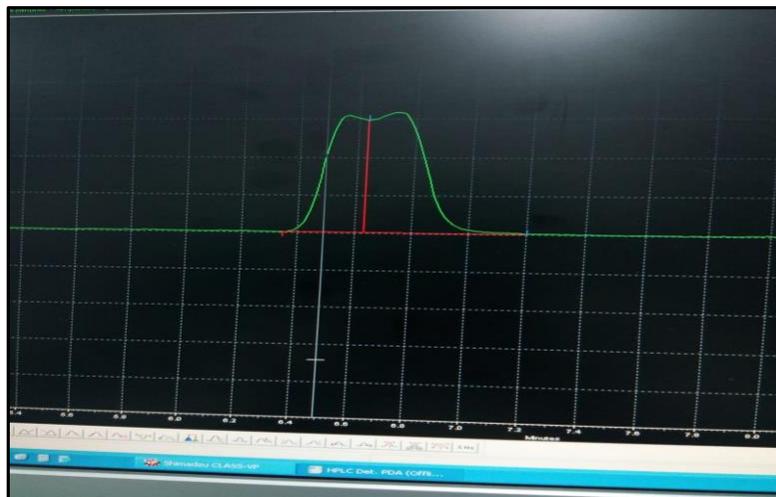
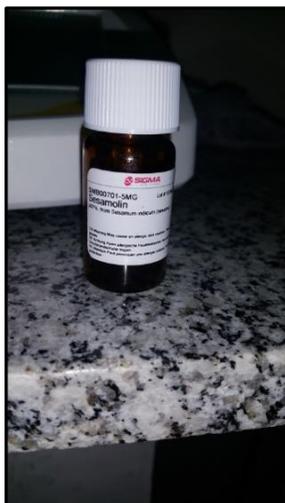
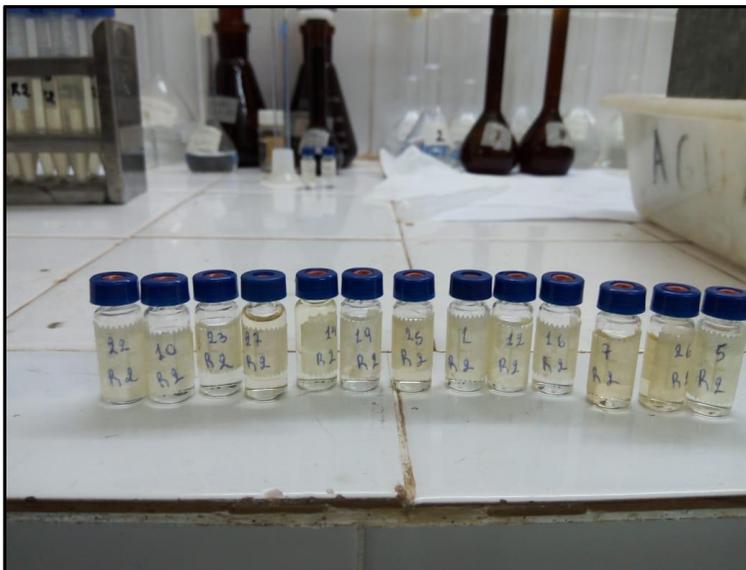


CONTENIDO DE SESAMIN Y SESAMOLIN

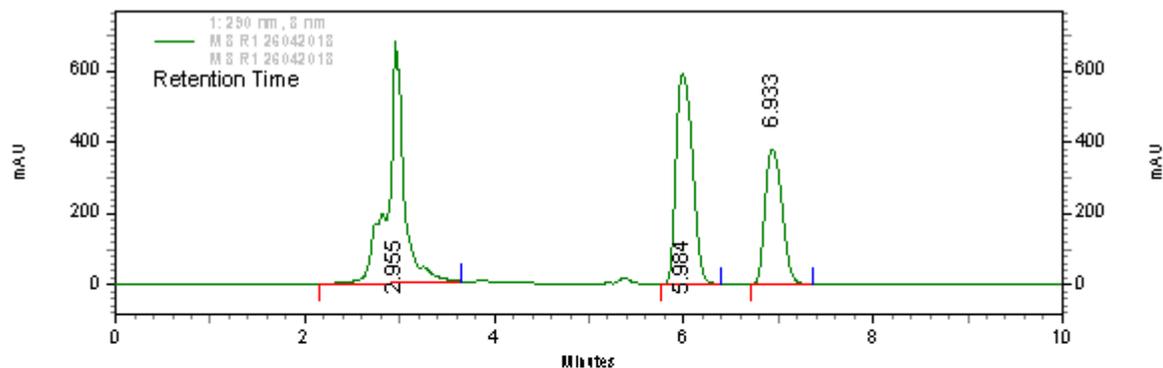








CURVA DE CALIBRADO-TIEMPO DE RETENCIÓN DE SESAMIN Y SESAMOLIN



1: 290 nm, 8 nm					
Pk#	Retention Time	Area	Area %	Height	Height %
1	2.955	8134951	40.374	679242	41.232
2	5.984	7232381	35.895	588844	35.744
3	6.933	4781437	23.731	379295	23.024
Totals		20148769	100.000	1647381	100.000

REFERENCIAS

Anderson, M. J. (2001). A New Method For Non-Parametric Multivariate Analysis Of Variance. *Austral Ecology*, 26(1), 32-46.

Buuren, S. V., & Groothuis-Oudshoorn, K. (2010). Mice: Multivariate Imputation By Chained Equations In R. *Journal Of Statistical Software*, 1-68.

Beltrão, N.E De M.; Freire, E. C.; Lima, E. F. 1994. Gergelim Cultura No Trópico Semi-Árido Nordestino. Campina Grande; Ambrapa-Cnpa. 52p. (Embrapa-Cnpa. Circular Técnica, 18).

Beltrão, N.; Vieira, D., 2001. O Agronegócio Do Gergelim No Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica,. 348 P.

Cristaldo, R.M. 2008. Uso Y Manejo De Variedades De Sésamo. En: Jornada Técnico- Científica Sobre El Sésamo (2008, San Lorenzo, Py) Carrera De Ingeniería Agronómica. Fca-Una. Disco Compacto 80 Min.

Dcea/Mag. (Dirección De Censo Y Estadísticas Agropecuaria/Ministerio De Agricultura Y Ganadera. Py) 2014, Carta De Entendimiento Entre El Mag Y El Ica Para El Desarrollo De La Agricultura Familiar Y La Seguridad Alimentaria. Informe Técnico Y Financiero (Años 2013-2014)

Friedmann, A.; Penner, R. 2009. Sesamo. Innovación En Agronegocios. (En Linea) Consultado: 11 Abr.2014. Disponible En <Http://Www.Mag.Gov.Py/Usaid/Sesamo-Innovacion-En-Agronegocios%202009.Pdf>

IICA,2012. (Instituto Interamericano De Cooperación Para La Agricultura. Cr) Evolución Y Situación: Sésamo (Al Año 2012), Http://Www.lica.Org.Py/Observatorio/Sesamo_Presentacion.Htm

Krzanowski, W. J. (1988). Principles Of Multivariate Analysis: A User's Perspective. Clarendon.

Mag 2006. Ministerio De Agricultura Y Ganadería. 2006. Cultivo De Sésamo. Asunción, PY: MAG. 32 P.

Mostacedo, F. 2004. Efectos De Diferentes Métodos De Labranza Y De La Forma De Aplicación De Urea Sobre El Rendimiento De Semillas Y Sus Componentes Entres Cultivos De Ajonjolí (Sesamun Indicum L.) Rev. Tac. Agron. (LUZ). 19: 34 – 47.

MAG, 2006. Actualidad Del Cultivo De Sésamo En El Chaco Paraguayo. Cruce Los Pioneros. Octubre 2006.

Mazzani, E. y A. Layrisse. 1996. Selección de cultivares de ajonjolí por características físicas del grano. Agronomía Tropical 46 (3): 251-264

Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'hara, R. B., & Oksanen, M. J. (2013). Package 'Vegan'. Community Ecology Package, Version, 2(9).

Robert, C. 1991. Criterios Para El Manejo De La Fertilidad En Sistema De Producción Que Incorpora Al Sésamo. Seminario Sobre El Cultivo De Sésamo En Paraguay (2000, San Lorenzo, PY) Trabajos Presentados. San Lorenzo. PY: FCA. UNA. 7p

Raul Robles Sanchez, 1980. Produccion De Oleaginosas Y Textiles. Pag 23 Y 24 (675 Paginas).

SCO SAIC. 2012. Seminario Internacional De Producción De Sésamo. Encuesta .2011/2012.

USAID, El Sésamo, Innovación En Agronegocios, 2009

Wickham, H. (2016). *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Springer.

Zock, P.L., D. Vries and M.B. Katan. 1994. Impact of myristic acid versus palmitic acid on serum lipid and lipoprotein levels in healthy women and men. *Arteriosclerosis and Thrombosis*, 14: 567-575.

MATERIAL DE DISTRIBUCIÓN GRATUITA

