

7-UES
1506
D671a
2000
Ej. 2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA



**“Evaluación del Potencial Energético de Residuos
Agrícolas y del Procesamiento de: Arroz (*Oriza sativa*),
Frijol (*Phaseolus vulgaris*), y Sorgo (*Sorghum
vulgaris*), en El Salvador”.**

PRESENTADO POR

15100982

**KATHYA CECILIA DOMINGUEZ ARAUJO
CLAUDIA MERCEDES HENRIQUEZ PEREZ
SANDRA BEATRIZ PARRAS CENTENO**

15100982

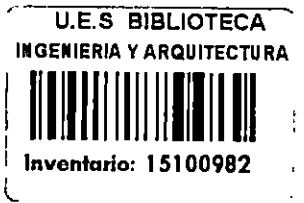
**PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERA QUIMICO**



4872

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DEL 2000

Recibido 29 de Agosto del 2000



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA : DRA. MARIA ISABEL RODRIGUEZ

SECRETARIA GENERAL : LICDA. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO : ING. ALVARO ANTONIO AGUILAR ORANTES

SECRETARIO : ING. SAUL ALFONSO GRANADOS

ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA

DIRECTORA

: ING. EUGENIA GAMERO RODRIGUEZ



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA

Trabajo de Graduación previo a la opción de :
INGENIERA QUÍMICO

Título :

**“Evaluación del Potencial Energético de Residuos
Agrícolas y del Procesamiento de: Arroz (Oriza sativa),
Frijol (Phaseolus vulgaris) , y Sorgo (Sorghum
vulgaris), en El Salvador”.**

Presentado por :

KATHYA CECILIA DOMINGUEZ ARAUJO
CLAUDIA MERCEDES HENRIQUEZ PEREZ
SANDRA BEATRIZ PARRAS CENTENO

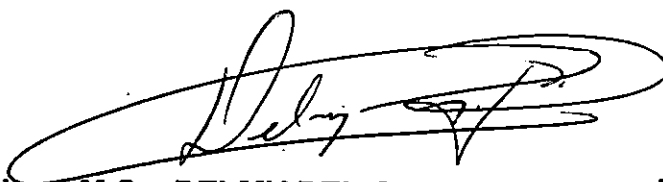
Trabajo de Graduación aprobado por :

Coordinadora: M.Sc. DELMY DEL CARMEN RICO PEÑA

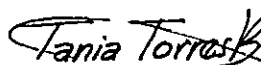
Asesora : ING. TANIA TORRES RIVERA

San Salvador, Agosto del 2000

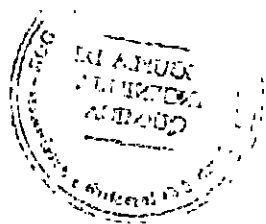
Trabajo de Graduación aprobado por :



Coordinadora: M.Sc. DELMY DEL CARMEN RICO PEÑA



Asesora : ING. TANIA TORRES RIVERA



AGRADECIMIENTOS

Manifestamos nuestros agradecimientos por todo el apoyo y colaboración que se nos ha dado para hacer realidad este Trabajo de Graduación. Gracias a: los agricultores que desinteresadamente nos permitieron la recolección de datos y muestras; al Centro de Investigaciones Atómicas y Nucleares; Taller de Metal Mecánica, Laboratorios de Ingeniería Civil e Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura; Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador; y en especial a:

M.Sc. Delmy del Carmen Rico Peña

Ing. Tania Torres Rivera

Ing. Francisco Marquez

Ing. Herbert Guzmán

Ing. Reynaldo Chanchán

Ing. Ana Cecilia de Flamenco

Ing. Eugenia Gamero

Lic. Ana Isabel de Ruíz

Lic. Xochilt María de Villatoro

Dra. Francisca Cañas de Moreno

Lic. Etelvina Murillo de Escobar

Ing. Guillermo Canales

Sr. Oscar Morán

Sr. Rodolfo Mendoza

Sra. Sandra Lorena Recinos

Lic. Italo Benjamín Cardona

Arq. Clara Janet Cabrera

Ing. Gustavo Gonzalo Berríos

Ing. José Javier Bojórquez

Ing. Héctor Salomón Chávez

Ing. Raúl Humberto Aguilar

Ing. Gustavo Araujo

Lic. Delmy Alemán de Araujo

Sandra Mónica Artiga

José Neftalí Maravilla

Familia Domínguez Araujo

Familia Henríquez Pérez

Familia Parras Centeno

Y a todos los compañeros y amigos que estuvieron con nosotros a lo largo de nuestra carrera.

DEDICATORIA

A DIOS OMNIPOTENTE: Que con su infinito amor me ha permitido terminar mi carrera, cumpliendo la promesa de Nuestro Señor Jesucristo: "Mientras ustedes permanezcan en mí y mis palabras permanezcan en ustedes, pidan lo que quieran y lo conseguirán" (Jn 15, 7).

A MARIA SANTISIMA: Por darme siempre su ayuda e intercesión ante su Hijo Bendito.

A MIS PADRES: Luis Antonio Domínguez y Vilma Gladys Araujo de Domínguez, por haberme dado amor, comprensión y haber estado conmigo en todo momento.

A MI HERMANA: Tanya Verónica, porque ha estado a mi lado, dándome su amor, siempre que la he necesitado, así como también a mis sobrinitos Melissa María y Edwin Antonio a quienes tanto quiero.

A MIS ABUELITOS: Luisa Brioso V. de Araujo, Fidelina Villacorta V. de Ramos y Luis Alberto Ramos (Que Dios lo tenga en su gloria), porque su cariño y su apoyo me han ayudado para salir siempre adelante.

A TODA MI FAMILIA: Tías Lila, Marinita, Bety, Bachi, Lidia, Fita, tíos Chalo, Oscar, Jaime, René, Rigo, Ricardo, Beto y Alejandro y a sus respectivas familias, gracias por quererme tanto.

A SANDRA Y MERCEDES: Por que en todos estos años de carrera, me han demostrado una gran amistad y a sus familias porque han sido también mi familia.

A MIS NIÑOS, ADOLESCENTES Y JÓVENES DE LA "INFANCIA Y ADOLESCENCIA MISIONERA": Por haberme tenido tanta paciencia cuando no podía estar con ustedes todo el tiempo que hubiese querido y por haber elevado a Dios sus oraciones por mí y por mis compañeras.

Kathya Cecilia

DEDICATORIA

A Dios: Por ser el único y total hacedor de este triunfo; por sus innumerables bendiciones y su maravilloso amor.

A Mi Madre: Por besarme la frente cuando era niña; por llevarme de la mano a la escuela, por sus sacrificios, total entrega e inmenso amor. Gracias Mamichi.

A Mi Padre: Por enseñarme el camino de la vida; por ser mi ejemplo, por las palabras y el optimismo que me han impulsado siempre. Te amo Papichi.

A Mis Hermanis: Mónica, Rebeca y Gilberth; por celebrar conmigo cada triunfo y animarme en cada fracaso. Los quiero mucho.

A Mis Familiares: Mis abuelitos: Lidia, Zoila y Gustavo; mis tíos: Guillermo (Q.E.P.D.), Daysi, Edwin, Brenda, Eliéser y Roberto (Q. E.P.D.); Por sus consejos, oraciones y el cariño que siempre me han brindado.

A Mis Padrinos: Amadeo y Dinia; por darme su apoyo cada instante de mi vida.

A Raúl Humberto: Por ser el amigo y el compañero oportuno, por secar mis lágrimas y sostener mi mano, por tu apoyo; y sobre todo por tu amor.

A Kathya y Sandra: Por todo lo que vivimos juntas, por lo que me enseñaron, por la confianza depositada en mí, por cada acierto y cada error. Gracias por su Amistad.

Al Teatro Universitario: En especial a César y Matilde; por todos los ensayos suspendidos, las Presentaciones reprogramadas; la paciencia, el apoyo y comprensión.

Claudia Mercedes

DEDICATORIA

A Roberto Parras Osorio

Papá te dedico este triunfo a ti, con todo mi amor, aunque
Ya no pueda ver tus ojos ni tomarte de la mano para
Decirte lo mucho que te amo. Sé que tú corazón prevalece a
Través del mío y mis triunfos son también los tuyos.

Te amo papá

A Dios Todopoderoso: Quien es el alfa y la omega, creador de todo el universo, el que ha guiado mis pasos cada segundo de mi vida sosteniéndome siempre, iluminando mi mente, mi camino, mi espíritu y mi corazón.

A mis padres: Roberto Parras Osorio y Milagro Centeno de Parras.
Por sus cuidados diarios, su apoyo y amor. Por enseñarme a tener principios y valores que perduran para siempre. A quienes amo mucho.

A mis hermanos: Alex, Mario Alberto, Mauren Valeria, Carlos Omar, Mario Roberto, Sonia y Roberto, quienes siempre me han dado su apoyo, deseándoles que triunfen en todo lo que se propongan.

A mi novio: Héctor Salomón Chávez. Por brindarme su amor, ternura y comprensión. Por estar siempre a mi lado incondicionalmente

A mis tíos: Celia Parras, Carlos Hernández y Angelica V. de Moreno por el cariño que me han brindado.

A mis compañeras de tesis: Claudia Mercedes Henríquez y Kathya Cecilia Domínguez. Por que me han demostrado un cariño más que de amigas, de hermanas en todos estos años en que estudiamos, lloramos, reímos y discutimos.

A la congregación de la Iglesia Shekina: por el verdadero calor fraternal que allí se vive, por sus oraciones que siempre me han acompañado.

Sandra Beatriz

RESUMEN

Se caracterizaron los residuos de las cosechas de los cultivos de arroz (*Oriza Sativa*), frijol (*Pasheolus Vulgaris*) y sorgo (*Sorghum Vulgaris*) en El Salvador; con el fin de determinar su potencial energético. Para la recolección de información de campo, se diseñó una encuesta de propósitos múltiples la que se aplicó a una muestra de 353 agricultores distribuidos aleatoriamente en todo el territorio nacional, de los cuales 82 cultivaban arroz, 155 frijol y 174 sorgo.

La Encuesta se ejecutó entre agosto y septiembre de 1999; y de la muestra evaluada se determinó que las principales variedades de arroz que se cultivaban son americana, segregada y mejorada; para el frijol, variedades rojo y negro; mientras que para el sorgo se cultivaban las variedades nacional e híbrida. Las encuestas proporcionaron además, información de los destinos que los agricultores le dan a los residuos generados de los cultivos, siendo los más comunes: fertilizantes, alimento animal y usos domésticos; se conoció además que un 65.6% de los agricultores encuestados tienen interés en comercializar los residuos generados.

Para propósitos de análisis químicos y fisicoquímicos de los cultivos, se determinó el tamaño requerido de la muestra para los residuos de cada cultivo (arroz, frijol y sorgo); haciendo uso para ello de un análisis estadístico, conociendo la población encuestada; a partir del cual se recolectaron muestras de los residuos de los cultivos en estudio a nivel nacional; recolectando en este caso 9 muestras de arroz, 10 de frijol y 13 de sorgo en diferentes puntos del país, auxiliándose del mapa oficial de El Salvador y de un mapa de distribución de uso de suelos en El Salvador editado por la Dirección General

de Estadísticas Agropecuaria (DGEA). Se visitaron lugares que gozan de gran concentración de estos cultivos, tomando para cada punto 3 muestras al azar de diferentes zonas del área sembrada, procediéndose a cuantificar cada una de las principales partes de la planta en cada muestra de cultivo.

Para la realización de los diferentes análisis se homogenizaron todas las muestras tomadas de cada cultivo por separado; y posteriormente se sometieron a los análisis físicos, químicos y fisicoquímicos. Para los rastrojos de arroz, se determinó que su densidad de masa aireada fue de 0.083 g/cm^3 a 7.57% de humedad, al someterlos a una compresión de 300 a 4000 Kgf su volumen se redujo de 83.0 a 96.6%, para una densidad de masa compactada de 0.0502 y 0.248 g/cm^3 respectivamente. Para los rastrojos de frijol a 3.45% de humedad, su densidad de masa aireada fue de 0.083 g/cm^3 ; al someterlos a una compresión de 300 a 3500 Kgf presentó una reducción de volumen de 91.0 a 96.8%, para una densidad de masa compactada de 0.0883 y 0.2613 g/cm^3 respectivamente. En el caso de los rastrojos de sorgo, su densidad de masa aireada corresponde a 0.0083 g/cm^3 para 6.06% de humedad, y al someterlos a una compresión de 300 a 8000 kgf se redujo su volumen de 52.3 a 72.7 %, para una densidad de masa compactada de 0.0177 y 0.0305 g/cm^3 respectivamente.

Se cuantificaron las cantidades de rastrojo generados, obteniéndose para el arroz un promedio de 151,276.82 Ton en el período 1994-2001; para el frijol en ese mismo período se obtienen 64,572.28 Ton; mientras que para el sorgo en esos años se tiene un promedio de rastrojos generados de 176,301.16 Ton.

Se determinó: el poder calorífico superior, variando para los rastrojos de arroz entre 1,682.9 y 3,951.5 Kcal/Kg a 7.55% de humedad; en el caso del frijol va de 3,998.1 a 4,247.5 Kcal/Kg a 3.45% de humedad; y para el sorgo de 3,392.7 a 4,776.1 Kcal/Kg a 6.06% de humedad.

De los residuos generados a los cuales los agricultores no le dan ningún uso, se determinó para el período 1994-2001, que el promedio del potencial energético que pueden proporcionar es de 129.71 Tcal, 38.07 Tcal; y 65.0 Tcal para los rastrojos de arroz, frijol y sorgo respectivamente; haciendo un potencial energético promedio total de 232.78 Tcal (232.78×10^9) para ese período.

INDICE

CONTENIDO	PÁG
Introducción	1
1.0 Recursos Energéticos en El Salvador	3
1.1 La Leña y los Residuos Vegetales como Recurso Energético en El Salvador	8
1.1.1 Leña	8
1.1.2 Residuos Vegetales y Agroindustriales	10
2.0 El Subsector de los Granos Básicos; Producción Rastrojos como Fuente de Energía: Arroz, Frijol y Sorgo	14
2.1 Situación del Mercado Nacional.	14
2.2 Los Residuos del Cultivo del Arroz (<i>Oriza sativa</i>), como Fuente Energética.	16
2.2.1 Aspectos Botánicos.	18
2.3 Los Residuos del cultivo de Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) como Fuente Energética.	19
2.3.1 Aspectos Botánicos.	21
2.4 Los Residuos del cultivo del Sorgo (<i>Sorghum vulgarisr</i>), como Fuente Energética.	24
2.4.1 Aspectos Botánicos	26
3.0 Recolección de Datos para la Evaluación del Potencial Energético de los Residuos de los Cultivos de Arroz (<i>Oriza sativa</i>), Frijol (<i>Phaseolous vulgaris</i>), y Sorgo (<i>Sorghum vulgaris</i>).	28
3.1 Determinación del Tamaño Muestral.	29
3.1.1 Muestra.	30

<u>CONTENIDO</u>	<u>PÁG</u>
4.0 Resultados Obtenidos por las Encuestas para los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo.	33
4.1 Análisis de Datos Obtenidos por las Encuestas para los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo en El Salvador.	42
5.0 Análisis Físicos, Químicos y Fisicoquímicos de los Residuos de los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo	70
5.1 Recolección de Muestras	71
5.2 Preparación de Muestras para Análisis.	75
5.3 Análisis Físicos de Rastrojos de Arroz, Frijol y Sorgo	76
5.3.1 Cálculo de Razones Peso de Residuos	76
5.3.2 Pruebas de Densificación	80
5.4 Análisis Fisicoquímicos de Rastrojos de Arroz, Frijol y Sorgo.	84
5.4.1 Pruebas Calorimétricas	84
5.4.2 Cálculo del Poder Calorífico para la Muestra de Arroz, Frijol y Sorgo	90
5.5 Análisis Químicos de Residuos de los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo.	93
6.0 Estimación del Potencial Energético de los Residuos de Arroz, Frijol y Sorgo en El Salvador	95
6.1 Estimación de la Cantidad de Residuos Generados por los cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo en El Salvador	95
6.2 Estimación de los Residuos Disponibles de Arroz, Frijol y Sorgo para su utilización como Energéticos en El Salvador	100
6.3 Estimación de la Oferta Energética de los Residuos de Arroz, Frijol y Sorgo en El Salvador	104
6.4 Comparación del Poder Calorífico de los Rastrojos de Arroz, Frijol y Sorgo; con otros Residuos Vegetales.	105

CONTENIDO	PÁG
7.0 Observaciones	107
8.0 Conclusiones	109
9.0 Recomendaciones	112
10.0 Referencias Bibliográficas	113
Anexos	118
Anexo A. Recursos Energéticos de El Salvador.	119
Anexo B. Mapas de Distribución de Superficie y Producción, Calendario de Siembra y Cosecha de Arroz, Frijol y Sorgo en El Salvador.	124
Anexo C. Información Botánica de los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo	129
Anexo D. Marco Muestral de Probabilidad de Areas aplicado Al territorio de El Salvador	137
Anexo E. Encuesta utilizada para recolectar información acerca de Rastrojos de Arroz, Frijol y Sorgo en El Salvador	149
Anexo F. Herramientas Estadísticas.	154
Anexo G. Resultados Experimentales y Marchas de las Pruebas Físicas, Químicas y Fisicoquímicas a los Rastrojos de Arroz, Frijol y Sorgo	174

INDICE DE CUADROS

N° TITULO DEL CUADRO	PAG.
1.1 Cantidad de Colones Gastados en la Compra de Petróleo por El Salvador (1995-1999).	7
1.2 Estimación del Potencial Energético del Bagazo de Caña de Azúcar en El Salvador	11
1.3 Estimación del Potencial Energético de la Cascarrilla de Café en El Salvador	11
1.4 Determinación del Poder Calorífico y Estimación del Potencial Energético de los Rastrojos de Caña de Azúcar y Maíz en El Salvador (1997)	12
2.1 Superficie, Producción y Rendimiento de los Granos Básicos más importantes en El Salvador: Maíz, Sorgo, Frijol, y Arroz, Cosechas 94/95 a 98/99 y Proyección para Cosechas 99/2000 y 2000/2001.	15
2.2 Composición Química de la Paja de Arroz	16
2.3 Superficie y Producción de Arroz Según Región en El Salvador 1998-1999.	17
2.4 Composición Química de la Vaina de Frijol	20
2.5 Composición Química de la Paja de Frijol Común (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	20
2.6 Superficie, Producción y Rendimiento del Frijol según Región 1998-1999	21
2.7 Análisis de Plantas Enteras de Sorgo (% con Base en Peso Seco) (Doggett 1970)	24
2.8 Composición Química de la Paja de Sorgo	25

N° TITULO DEL CUADRO	PAG.
2.9 Producción Nacional y Superficie Cultivada de Sorgo, 1998-99.	26
2.10 Contenido de Fibra (Composición Media Total) de la Paja de Arroz, Frijol y Sorgo	27
3.1 Clasificación de Estratos basados en el uso de la tierra.	30
4.1 Topografía en las Zonas de Producción de Arroz, Frijol y Sorgo por Región de la Muestra	34
4.2 Topografía en las Zonas de Producción de Arroz, Frijol y Sorgo de la Muestra	34
4.3 Variedades de Arroz Producidas para la Muestra	35
4.4 Variedades de Frijol Producidas para la Muestra	35
4.5 Variedades de Sorgo Producidas para la Muestra	35
4.6 Número de Cosechas por Año para el Cultivo de Arroz para la Muestra.	35
4.7 Número de Cosechas por Año para Cultivo de Frijol para la Muestra	36
4.8 Número de Cosechas por Año para Cultivo de Sorgo para la Muestra.	36
4.9 Epoca de Recolección del Cultivo de Arroz para la Muestra	36
4.10 Epoca de Recolección del Cultivo de Frijol para la Muestra.	36
4.11 Epoca de Recolección del Cultivo de Sorgo para la Muestra	37
4.12 Número de Agricultores Encuestados según Rangos de Areas de Cultivos de Arroz para la Muestra.	37
4.13 Número de Agricultores Encuestados según Rangos de Areas de Cultivos de Frijol para la Muestra.	37
4.14 Número de Agricultores Encuestados según Rangos de Areas de Cultivos de Sorgo para la Muestra.	38
4.15 Número de Agricultores Encuestados según Rangos de Residuos de Arroz Generados para la Muestra	38

N° TITULO DEL CUADRO	PAG.
4.16 Número de Agricultores Encuestados según Rangos de Residuos de Frijol Generados para la Muestra	39
4.17 Número de Agricultores Encuestados según Rangos de Residuos de Sorgo Generados para la Muestra	39
4.18 Número de Agricultores Encuestados según conocimiento del Uso de los Residuos de Arroz, Frijol y Sorgo en la Muestra	40
4.19 Número de Agricultores Encuestados según el Uso Actual de los Residuos de Arroz en toda la Muestra.	40
4.20 Número de Agricultores Encuestados según el Uso Actual de los Residuos de Frijol en la Muestra.	40
4.21 Número de Agricultores Encuestados según el Uso Actual de los Residuos de Sorgo en la Muestra.	41
4.22 Número de Agricultores con Residuos Sobrantes, Usos que les dan a los Residuos, Desventajas, e Interés de Agricultores en Comercializar los Residuos de los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo.	41
4.22a Cantidades de Residuos Sobrantes (Ton) de los cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo para la Muestra.	41
4.23 Combustibles Utilizados, Acceso a Servicio Eléctrico, y Acceso Vehicular en las Zonas de Producción de Arroz, Frijol y Sorgo.	42
4.24 Porcentaje de Tipo de Topografía en las Zonas de Producción de Arroz, Frijol y Sorgo por Región.	43
4.25 Porcentaje de la cantidad de Agricultores que Producen Arroz, Frijol y Sorgo por Región.	45
4.26 Porcentaje de las Principales Variedades Cultivadas de Arroz por Región en El Salvador	47
4.27 Porcentaje de las Principales Variedades Cultivadas de Frijol por Región en la Muestra	48

N° TITULO DEL CUADRO	PAG.
4.28 Porcentaje de las Principales Variedades Cultivadas de Sorgo por Región.	49
4.29 Porcentaje de la Epoca de Recolección del Cultivo de Arroz por Región.	51
4.30 Porcentaje de la Epoca de Recolección del Cultivo de Frijol por Región..	52
4.31 Porcentaje de la Epoca de Recolección del Cultivo de Sorgo por Región.	53
4.32 Porcentaje de Agricultores Encuestados según el Uso Actual que le dan a los Residuos de Arroz .	59
4.33 Porcentaje de Agricultores Encuestados Según el Uso Actual que le dan al los Residuos de Frijol por Región.	60
4.34 Porcentaje de Agricultores Encuestados según el Uso Actual que le dan al los Residuos de Sorgo por Región	62
4.35 Porcentaje de Agricultores con Existencia de Residuos Sobrantes por Región.	63
4.36 Porcentaje de los Usos que los Agricultores Encuestados dan a los Sobrantes de los Residuos de Arroz, Frijol y Sorgo por Región.	64
4.37 Porcentaje de las Desventajas para los Agricultores si usan los Residuos para Fines Distintos a los Actuales por Región.	66
4.38 Porcentaje de los Agricultores Interesados en Comercializar sus Residuos por cada Región.	67
5.1 Puntos de Muestreo para la Recolección de Rastrojos de Arroz En El Salvador .	72
5.2 Puntos de Muestreo para la Recolección de Rastrojos de Frijol En El Salvador.	73

N° TITULO DEL CUADRO	PAG.
5.3 Puntos de Muestreo para la Recolección de Rastrojos de Sorgo En El Salvador.	74
5.4 Resultados de la Evaluación Razón Peso de Paja de Arroz por Peso de Grano de Arroz.	76
5.5 Porcentajes de las Partes de la Planta de Arroz .	77
5.6 Resultados de la Evaluación de las Razones Peso de Residuos de Frijol por Peso de Grano de Frijol.	78
5.7 Porcentajes de las Partes de la Planta de Frijol .	79
5.8 Resultados de la Evaluación Razón Peso de Rastrojo de Sorgo por Peso de Grano de Sorgo.	79
5.9 Porcentajes de las Partes de la Planta de Sorgo .	80
5.10 Resultados de la Pruebas de Densificación en Muestras de Residuos de Arroz para un Peso de Rastrojos de 50g y un Area de Sección Transversal de 324.3 cm ² .	81
5.11 Resultados de la Pruebas de Densificación en Muestras de Residuos de Frijol para un Peso de Rastrojos de 50g y un Area de Sección Transversal de 324.3 cm ² .	82
5.12 Resultados de la Pruebas de Densificación en Muestras de Residuos de Sorgo para un Peso de Rastrojos de 50g y un Area de Sección Transversal de 324.3 cm ² .	83
5.13 Valores Obtenidos del Gráfico Tiempo vrs Temperatura para la Muestra 1 de Frijol .	88
5.14 Resumen de Resultados para Muestra 1 de Frijol .	89
5.15a Datos de Laboratorio para la Determinación del Poder Calorífico de Arroz (7.57% de Humedad) utilizando un Calorímetro..	90
5.15b Valores Calculados a partir de los Datos de Laboratorio para la Determinación del Poder Calorífico del Arroz (7.57% de Humedad)	90

N° TITULO DEL CUADRO	PAG.
5.15c Porcentaje Peso de Residuos Encontrados en Cinto Muestras de Rastrojos de Arroz, después de sometidos a Pruebas Calorimétricas de Combustión	91
5.16a Datos de Laboratorio para la Determinación del Poder Calorífico de Rastrojos de Frijol (3.35% de Humedad), Utilizando un Calorímetro.	92
5.16b Valores Calculados a partir de los Datos de Laboratorio para la Determinación del Poder Calorífico del Rastrojo de Frijol (3.35% de Humedad).	92
5.17a Datos de Laboratorio para la Determinación del Poder Calorífico de Residuos de Sorgo (6.06% de Humedad) utilizando un Calorímetro	92
5.17b Valores Calculados a partir de los Datos de Laboratorio para la Determinación del Poder Calorífico del Sorgo (6.06% de Humedad).	93
5.18 Resultados de Análisis Proximal para los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo Recolectados en las Muestra puestas a secar	93
6.1 Retrospectiva, Superficie, Producción y Rendimiento de Producción de para el Arroz 1994/2001.	97
6.2 Estimación de Residuos Generados del Cultivo de Arroz en El Salvador (1994-2001).	97
6.3 Retrospectiva, Superficie, Producción y Rendimiento de Producción de para el Frijol 1994/2001.	98
6.4 Estimación de Residuos Generados del Cultivo de Frijol en El Salvador (1994-2001).	98
6.5 Retrospectiva, Superficie, Producción y Rendimiento de Producción de para el Sorgo 1994/2001..	99

N° TITULO DEL CUADRO	PAG.
6.6 Estimación de Residuos Generados del Cultivo de Sorgo en El Salvador (94-01).	99
6.7 Proporciones de Residuos Disponibles y Totales en Ton para los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo a partir de los Resultados de las Encuestas (Residuos Sobrantes/Residuos Totales)	101
6.8 Residuos Disponibles del Cultivo de Arroz en El Salvador (94-01).	102
6.9 Residuos Disponibles del Cultivo de Frijol en El Salvador (94-01).	103
6.10 Residuos Disponibles del Cultivo de Sorgo en El Salvador (94-01).	103
6.11 Potencial Energético Evaluado en este Estudios para los Residuos Disponibles de los cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo en El Salvador (Tcal), Período 1994-2001	105
6.12 Poderes Calóricos de Residuos Agrícolas y Agroindustriales de Cultivos Tradicionales en El Salvador.	106

INDICE DE FIGURAS

N° TITULO DE LA FIGURA	PAG.
4.1 Porcentaje del Tipo de Topografía en las Zonas de Producción De Arroz, Frijol y Sorgo en toda la Muestra	43
4.2 Topografía de los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo a Nivel de la Muestra.	44
4.3 Porcentaje del Número de Cultivos que los Agricultores Siembran En la Muestra.	45
4.4 Combinaciones de Cultivos utilizadas por los Agricultores en la Muestra	46
4.5 Porcentaje de la Principales Variedades de Arroz en toda la Muestra	47
4.6 Porcentaje de la Principales Variedades de Frijol en toda la Muestra	48
4.7 Porcentaje de la Principales Variedades de Sorgo en toda la Muestra	49
4.8 Porcentaje de Cosechas en toda la Muestra de Arroz	50
4.9 Porcentaje de Cosechas en toda la Muestra de Frijol	50
4.10 Porcentaje de Cosechas en toda la Muestra de Sorgo	50
4.11 Porcentaje de Epoca de Recolección del Cultivo de Arroz en toda la Muestra	51
4.12 Porcentaje de Epoca de Recolección del Cultivo de Frijol en toda la Muestra	52
4.13 Porcentaje de Epoca de Recolección del Cultivo de Sorgo en toda la Muestra	53
4.14 Porcentaje del Area de Cultivo del Arroz en toda la Muestra	54
4.15 Porcentaje del Area de Cultivo del Frijol en toda la Muestra	55
4.16 Porcentaje del Area de Cultivo del Sorgo en toda la Muestra	55

N° TITULO DE LA FIGURA	PAG.
4.17 Porcentaje de los Agricultores Encuestados según Rangos de Generación de Residuos del Cultivo de Arroz (Datos Cuadro 4.15).	56
4.18 Porcentaje de los Agricultores Encuestados según Rangos de Generación de Residuos del Cultivo de Frijol (Datos, Cuadro 4.16)	57
4.19 Porcentaje de los Agricultores Encuestados según Rangos de Generación de Residuos del Cultivo de Sorgo (Datos, Cuadro 4.17).	57
4.20 Porcentaje de los Usos Conocidos para los Residuos de Arroz, Frijol y Sorgo en toda la Muestra(Datos, Cuadro 4.18).	58
4.21 Porcentaje del Uso Actual que los Agricultores Encuestados dan a los Residuos de Arroz en toda la Muestra (Datos, Cuadro 4.19).	60
4.22 Porcentaje del Uso Actual que los Agricultores Encuestados dan a los Residuos de Frijol en toda la Muestra (Datos, Cuadro 4.20).	61
4.23 Porcentaje del Uso Actual que los Agricultores Encuestados dan a los Residuos de Sorgo en toda la Muestra (Datos, Cuadro 4.21).	62
4.24 Porcentaje de Agricultores con Existencia de Residuos Sobrantes en toda la Muestra .	63
4.25 Cantidades de Residuos Generados y Sobrantes para los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo en toda la Muestra.	64
4.26 Porcentaje de los usos que los Agricultores Encuestados dan a los Sobrantes de los Residuos de los Cultivos de Arroz, Fijol y Sorgo en toda la Muestra .	65

N° TITULO DE LA FIGURA	PAG.
4.27 Porcentaje de las Desventajas para los Agricultores si usan los Residuos para Fines distintos a los Actuales en toda la Muestra.	66
4.28 Porcentaje de los Agricultores Interesados en Comercializar sus Residuos en toda la Muestra ...	67
4.29 Porcentaje de los Agricultores Encuestados según Principales Combustibles Utilizados por los Agricultores de Arroz, Frijol y Sorgo en toda la Muestra	68
4.30 Porcentaje de las Zonas de Producción de Arroz, Frijol y Sorgo con Acceso al Servicio Eléctrico en la Muestra.	69
4.31 Porcentaje de las Zonas de Producción de Arroz, Frijol y Sorgo con Acceso Vehicular.	69
5.1 Gráfica de Tiempo vrs Temperatura para la Muestra 1 de Frijol	88

INTRODUCCION

Los recursos energéticos que posee un país son una fuente de riqueza; y las formas en que se aprovechen dice mucho del avance y desarrollo del mismo. Una de las principales problemáticas en las sociedades actuales es la necesidad de energía en los diferentes sectores de la población y la poca factibilidad para solucionar este problema debido a la alta demanda y poca oferta de energéticos, lo que ha llevado a la búsqueda de nuevas opciones que permitan aprovechar recursos no utilizados para subsanar esta necesidad de energía.

El Salvador enfrenta también esta problemática energética, la cual ha despertado el interés de personas e instituciones independientes que realizan investigaciones científicas y técnicas con el fin de conocer el potencial del país en el área de fuentes renovables de energía.

Una de estas fuentes renovables de energía lo constituyen los residuos agroindustriales; de los que actualmente algunos son utilizados como energía primaria, entre los que pueden mencionarse el bagazo de caña, cascarilla y pulpa de café. Además existen también los residuos vegetales como los de maíz, estopa de coco, zacate de arroz y cogollo y hoja de caña de azúcar que también son utilizados en menor medida como energéticos de uso directo.

En El Salvador, como en gran parte de América Latina la dieta alimenticia de la población gira alrededor de los 3 granos básicos más importantes: maíz, frijol y arroz; aunque también es importante mencionar el sorgo o maicillo que a pesar de que no se cultiva en su mayoría para alimento humano, es el

cuarto grano básico en importancia debido a su alto uso como alimento animal.

Estos granos básicos cultivados generan gran cantidad de residuos agrícolas y agroindustriales (como la granza del arroz), los cuales entre sus usos están forraje para ganado, fertilizantes, techos para casas, etc; además de ser considerados como potenciales energéticos de uso directo.

El potencial energético del maíz y la caña de azúcar fue evaluado por Berríos y Castro (1997) en la investigación titulada "Evaluación del Potencial Energético de Residuos Agrícolas Vegetales en El Salvador Parte I: Residuos de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) y Maíz (*Zea mays*)", realizada también en esta Universidad.

En esta investigación se evaluó el potencial energético de los demás granos básicos: frijol, arroz y maicillo; siendo el objetivo de esta investigación la evaluación de su potencial energético; identificar la localización geográfica de estos; y determinar la cantidad de residuos generados de los mismos, resultados que se presentan en el resumen y en los capítulos 4 y 6 de este documento.

1.0 RECURSOS ENERGETICOS EN EL SALVADOR

Hasta principios del siglo XX, la fuente principal de energía en El Salvador era la leña, la que era obtenida de las selvas y bosques en donde se daba en abundancia. Las antiguas industrias del añil, la elaboración de panela y el ferrocarril consumían grandes cantidades de este combustible, así como en menor grado la alfarería y la elaboración de tejas para la construcción. Hasta que aproximadamente a principios de los 50's en los hogares salvadoreños aparecieron las cocinas de gas, y las locomotoras de diesel reemplazaron en parte a las anteriores.

Con el establecimiento de la Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador (CAESS) y de la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), en el año de 1945, se logró llevar energía eléctrica a muchos lugares del territorio nacional. CAESS se encargó principalmente de la distribución de la energía eléctrica en San Salvador y la CEL de la generación y distribución rural. La producción provenía, en su mayor parte, de las grandes centrales hidroeléctricas del Río Lempa.

Al mismo tiempo que se construyeron las grandes centrales; se construían otras pequeñas, aprovechando los cauces de ríos menores en los departamentos de Sonsonate y Santa Ana. Entre los años de 1965-1967 se instaló la primer central Termoeléctrica de Acajutla; y con la construcción de carreteras proliferaron los vehículos con motores de combustión interna que utilizan gasolina o diesel, como combustible. Así, El Salvador se integró a la lista de los países importadores de petróleo (NotiCEL 1997).

Con la perforación de los pozos geotérmicos de los ausoles de Ahuachapán, la CEL puso a disposición de los salvadoreños, un recurso energético hasta

entonces poco conocido. En 1977 la Central Geotérmica de Ahuachapán, representaba el 32% de la energía eléctrica generada en el país. En este mismo campo, se instaló en 1981 una nueva unidad de producción de energía eléctrica (MINED 1997).

Durante el período de las décadas de los 70-90's, prácticamente no se construyeron nuevas centrales de generación y así se llegó a la crisis energética del año 1991 que obligó a la CEL a racionar la distribución de energía eléctrica. La falta de lluvias y la falta de previsión afectaron a todos los salvadoreños. Hasta que en 1992 se incorporaron dos unidades en el campo geotérmico de Berlín, Usulután; lo que vino a aumentar la producción de energía eléctrica a partir de este recurso natural (NotiCEL 1997).

Uno de los principales cambios que ha experimentado el Programa Nacional de Electrificación, ha sido el de permitir que la empresa privada, nacional y extranjera, participe en el desarrollo energético de El Salvador. A partir de esto, en la actualidad existen diferentes compañías privadas que generan y distribuyen energía eléctrica (Anexo A.1) y se ha dado un desarrollo de la capacidad instalada de las centrales generadoras (Anexo A, Cuadro A.1); aunque también existen generadores minoristas, que producen termoelectricidad o hidroelectricidad. Y excluyendo a las pequeñas centrales hidroeléctricas fuera de servicio, de acuerdo a CEL, la capacidad total de los generadores minoristas es de 46.7 MW, es decir un 4.7% de toda la capacidad instalada nacional (Anexo A, Cuadro A.2) (NotiCEL, 1997).

En general pueden mencionarse muchas formas para generar energía de consumo final, ya sea eléctrica o energía calorífica. Actualmente, la energía utilizada en El Salvador, tanto para la supervivencia de sus habitantes como para el logro del crecimiento y el desarrollo alcanzado, es producto de la

combinación de fuentes que van desde la generación de energía eléctrica a partir de las centrales hidroeléctricas, termoeléctricas y geotérmicas, hasta la generación de energía calorífica del carbón vegetal, leña, residuos o subproductos agroindustriales, residuos vegetales agrícolas y de los derivados de hidrocarburos.

Dentro de las distintas formas de energía mencionadas, un grupo importante son las conocidas como energías primarias, que reciben su nombre debido a que son formas de energía tal y como son obtenidas de la naturaleza, sin sufrir ningún proceso de transformación. En El Salvador, las principales formas de energía primaria lo forman la energía hidráulica, geotérmica, leña, residuos vegetales y el petróleo (Berríos y Castro, 1997).

La energía utilizada para la actividad productiva es la llamada energía secundaria, que comprende las diferentes formas destinadas al consumo, y cuyo origen es cualquiera de las formas de energía primaria. La energía eléctrica y los diferentes combustibles obtenidos del procesamiento del petróleo, de la leña y de los residuos vegetales, son formas de energía secundaria que van a los centros de consumo: sector residencial y comercial, de transporte, industrial, público, agropecuario y pesca (Berríos y Castro, 1997).

En El Salvador, el principal recurso hidráulico es el río Lempa, cuyo potencial energético se reparte en 4 represas, que según información proporcionada por la CEL en 1997 hacen un total de 388 MW de capacidad instalada, que representa el 41.1% de la capacidad nacional. Estas represas son el Guajoyo con una capacidad de 15 MW, Cerrón Grande con 135 MW, la represa 5 de Noviembre con 81.4 MW y la 15 de Septiembre con una capacidad instalada de 156.6 MW. (Boletín Informativo CEL-1998).

En El Salvador, la energía geotérmica se utiliza para producir electricidad desde 1975, cuando fue inaugurado el campo geotérmico de Ahuachapán; donde para 1999 existen tres unidades con una capacidad total de 95 MW. En el campo geotérmico de Berlín, Usulután, se cuentan con dos unidades adicionales que tienen una capacidad de 5MW cada una, lo que hace que este campo posea una capacidad total de 10MW.

De acuerdo a datos proporcionados por CEL, para el año del 1999, a la energía geotérmica le corresponden 105.0 MW, que es el 11.1% de la capacidad instalada nacional; de la cual 10.1% corresponde a la central de Ahuachapán y el 1.1% a la central geotérmica de Berlín.

En cuanto al petróleo, este es un recurso energético no renovable y de acuerdo a investigaciones realizadas se sabe que independientemente del ciclo de producción, el petróleo se habrá agotado para el año 2100 (MINED, 1997).

Esto, aunado a la consideración de que el crecimiento económico de los países está basado en el consumo de energía proveniente del petróleo (el que es importado para El Salvador), la dependencia de este recurso hace que la economía de El Salvador sea sacudida cuando se producen desequilibrios en los precios internacionales del producto.

Si se observan las cifras sobre la absorción de divisas por importación de petróleo, se ve, que las cantidades que el país gasta para obtener este recurso energético son grandes. El cuadro 1.1 presenta las cantidades gastadas en importaciones de petróleo realizadas en los años de 1995 a 1998, recurso que se transforma en refinerías para ser utilizado como combustible para vehículos automotores y en procesos industriales.

Cuadro 1.1. Cantidad de colones gastados en la compra de Petróleo por El Salvador (1995-1999).

	1995	1996	1997	1998	En-Mar 99
Petróleo (Millones de colones)	970.4	1,063.1	1,050.0	757.8	75.3

Revista Trimestral BCR (En-Mar 1999).

Esta dependencia del petróleo marca una creciente absorción de divisas como resultado de políticas adoptadas por países productores; la elevación no previsible de los precios, obliga a que los países no productores como El Salvador, busquen fuentes alternativas de energía provenientes de recursos naturales propios.

El Salvador también cuenta con otros recursos energéticos alternativos y no tradicionales a los presentados anteriormente; dentro de estos se encuentra la energía solar y la eólica.

En El Salvador se ha utilizado la energía solar en diferentes aplicaciones, tales como cocinas solares(hornos), celdas y concentradores solares, deshidratado de frutas, secado de plantas medicinales realizándose proyectos ejecutados por instituciones como la Universidad de El Salvador y la Organización de los Estados Americanos (Escobar Murillo, 1999).

En El salvador, el viento tiene un potencial limitado; los vientos fuertes se dan durante la estación seca y generalmente son de corta duración; aunque existen lugares como la zona norte, la costa del Pacífico y la cordillera de Apaneca; donde podría sea técnicamente factible su aprovechamiento.

1.1 La Leña y los Residuos Vegetales como Recurso Energético en El Salvador.

La leña es un recurso renovable explotado en gran parte para generación de energía, y a lo largo de la historia del país ha sido uno de los protagonistas impulsando parte del desarrollo nacional. En cambio, los diferentes residuos vegetales obtenidos de actividades productivas en El Salvador; a pesar de que en recientes investigaciones como la realizada por Berríos y Castro en 1997, y como se pretende comprobar con el presente trabajo; poseen un alto potencial en lo que a recurso energético se refiere, se subutiliza y no se aprovecha en su totalidad.

1.1.1 Leña

"Es la madera extraída de los árboles, cortada y secada en la forma apropiada para ser utilizada como combustible. De la poda de un árbol, aproximadamente, un 95% se aprovecha como leña; el 5% restante lo constituyen hojas y ramas muy delgadas" (MINED, 1997).

La leña puede provenir de tres fuentes principales:

- a) Leña proveniente de la explotación maderera
- b) Leña proveniente del bosque arbustivo
- c) Leña proveniente de las podas de los árboles de sombra del café y de otros árboles varios.

Se pueden identificar dos sectores consumidores de leña:

- a) Sector doméstico, que consume leña fundamentalmente para la cocción de alimentos sobre todo en el área rural y semi-urbana del país.

- b) Sector industrial-artesanal, donde la leña es empleada para la elaboración de productos tales como ladrillos y cal. El consumo de leña de este sector es muy pequeño comparado con el consumo en el sector doméstico (NotiCEL, 1997).

Para la mayoría de la población, sobre todo del área rural, la leña constituye la principal fuente de energía en sus quehaceres domésticos, al ser quemado directamente o convertirlo en carbón (NotiCEL, 1997).

Una familia rural, con una cocina a base de leña, las cuales tradicionalmente son del tipo de fuego abierto protegido, y cuya eficiencia es de alrededor un 20%, consume un volumen aproximado de 5 metros cúbicos de leña por año). Esta demanda de leña en los hogares salvadoreños es suplida en un 40% por la poda de los cafetales y el resto, de los bosques naturales y los árboles dentro de las fincas (MINED, 1997).

Según la Dirección General de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), para 1997 el volumen de leña obtenida con autorización en nuestro país asciende a 98,245 m³. Considerando que la densidad de la leña se encuentra entre un rango de 0.88395 g/cm³ y 0.32704 g/cm³; y su poder calorífico va de 4,106 kcal/kg a 4,562 kcal/kg (Campos, 1985); se han tomado las medias de estos valores para determinar que del volumen de madera mencionado, se obtuvieron 299,584.7 MWH para 1997.

La alta dependencia de la leña trae consigo los problemas de deforestación y este último, por consiguiente, una baja en el nivel de las fuentes acuíferas. Sobre este aspecto de la deforestación es aceptada su incidencia en la erosión de la tierra un generalizado deterioro ecológico, lo que trae graves consecuencias sociales y económicas.

1.1.2 Residuos Vegetales y Agroindustriales.

Los residuos vegetales, forman parte del recurso biomásico, dentro del que existen diferentes alternativas de residuos vegetales y/o animales que pueden ser recolectados y utilizados como combustible; en general se pueden mencionar los desechos de caña, los desechos de bovino, residuos de maíz; aguas residuales, cascarilla y pulpa del café, la granza del arroz, los desechos de porcinos y el jacinto acuático (Berríos y Castro, 1997).

En relación a los vegetales, su energía es capturada por el sol en el proceso de fotosíntesis, y es utilizada por el hombre no sólo como alimento, sino también como combustible. La finalidad principal de la agricultura siempre fue la de producir alimentos, fibras y energía para el hombre, pero en años recientes, como consecuencia de la crisis mundial del petróleo y el rápido agotamiento de las reservas de combustibles fósiles, el uso de plantas o sus residuos para fines de producción de energía cobró un nuevo interés, al considerarse como una alternativa económica y ecológicamente viable para la producción de energía accesible a todos en algunas regiones, especialmente en los trópicos donde hay abundancia de radiación solar (MINED, 1997).

Actualmente los principales residuos vegetales utilizados para este fin son los residuos agroindustriales del café (pulpa y cascarilla), bagazo de caña; y en menor grado los residuos vegetales como la estopa de coco, el zacate de arroz, cogollo y hoja de caña de azúcar (Berríos y Castro, 1997).

En el cuadro 1.2 se presenta a partir de la cantidad de caña molida obtenida de la Comisión Salvadoreña para el Desarrollo Azucarero COMZAFRAS, el potencial de energía que posee este residuo agroindustrial.

Cuadro 1.2. Estimación del Potencial Energético del Bagazo de Caña de Azúcar en El Salvador.

Años	Toneladas de caña molida	Toneladas de bagazo producido	KWH
1993/1994	3,562,635	926,285.1	1,876.65
1994/1995	3,511,297	912,937.22	1,825.87
1995/1996	3,477,818	904,232.68	1,808.46
1996/1997	4,343,953	1,129,427.78	2,258.86
1997/1998	5,561,043	1,445,871.18	2,891.74
1998/1999	5,309,298	1,380,417.48	2,760.83

COMZAFRAS (1999).

En cuanto a la energía potencial que posee la cascarilla de café, al conocer el valor de su poder calorífico (4,200 kcal/kg) y la producción nacional de café (Consejo Salvadoreño del Café, CSC); puede realizarse un estimado de la energía que ofrece este residuo vegetal, lo que se muestra en el cuadro 1.3.

Cuadro 1.3. Estimación del Potencial Energético de la Cascarilla de Café en El Salvador.

Años	Producción Total (miles de qq-oro)	Cascarilla (qq)	Mwh
1995/96	3,384.8	1,455.46	322.82
1996/97	3,325.3	1,429.88	317.19
1997/98	2,931.0	1,260.33	279.58
1998/99*	2,500.0	1,075.00	238.47

CSC (1999)

De estos residuos el más explotado energéticamente en El Salvador es el bagazo de la caña de azúcar, pues es utilizado por los mismos ingenios azucareros para autoabastecerse energéticamente.

En El Salvador, existe un potencial aún no explorado en esta área de los energéticos. Dentro de los esfuerzos realizados para obtener información al respecto, se encuentra la investigación realizada por Berríos y Castro en el año de 1997, en donde se caracterizaron los residuos del cultivo de caña de azúcar y maíz; y se demostró que "la oferta del potencial energético de estos residuos es ligeramente menor a la presentada por biomásas agroindustriales que ya están siendo utilizadas como fuente energética" (Berríos y Castro, 1997).

El cuadro 1.4 presenta un resumen de los resultados obtenidos por Berríos y Castro al realizar pruebas para la determinación del poder calorífico de los rastrojos de los cultivos de caña de azúcar y maíz.

Cuadro 1.4. Determinación del Poder Calorífico y Estimación del Potencial Energético de los Rastrojos de Caña de Azúcar y Maíz en El Salvador (1997).

CULTIVO	PARTE	HUMEDAD %	PODER CALORÍFICO(Kcal/kg)	POTENCIAL ENERGÉTICO(Tcal)
RASTROJOS DE MAIZ	OLOTE	9.56	3,858.56	
	TUZA	12.32	3,735.38	
	HOJA/CAÑA	11.12	3,734.09	
	PLANTA COMPLETA	10.67	3,721.57	2,671.16
RASTROJOS DE CAÑA DE AZUCAR	PLANTA COMPLETA	12.25	4,050.00	1,764.64

Berríos y Castro (1997).

La determinación del poder calorífico de los rastrojos de los cultivos de caña de azúcar y maíz; cuya oferta del potencial energético disponible está estimada en un promedio de ambos 1,252.63 Tcal para el período 1989-1995 y es un poco menos que la oferta de biomásas que ya son usadas en El Salvador (bagazo de caña y cascarilla) que es de 2,179.91 Tcal para ese mismo período. Estos residuos podrían sustituir entre un 26.57% y un 48.58% el déficit energético proveniente de la leña (Berríos y Castro, 1997).

La necesidad de encontrar alternativas a la problemática energética y en base a los antecedentes de estos trabajos, es que se pretende continuar con esta investigación, evaluando en este caso los residuos vegetales de los cultivos de arroz, frijol y sorgo; para determinar si es posible su utilización como fuente energética.

2.0. EL SUBSECTOR DE LOS GRANOS BÁSICOS; PRODUCCIÓN, RASTROJOS COMO FUENTE DE ENERGÍA: ARROZ, FRIJOL Y SORGO

La producción de granos básicos es una parte importante en los esfuerzos que desarrolla cualquier país por alimentar a la población, y El Salvador no constituye excepción alguna. En El Salvador como en gran parte de América Central, el grano más importante es el maíz blanco; el frijol comestible constituye una principal contribución a la dieta en El Salvador. El arroz es, en importancia, el tercer componente de la dieta de los salvadoreños. El cuarto grano básico, el sorgo (maicillo), es importante como alimento animal, aunque también se utiliza para consumo humano.

Estos granos básicos generan residuos agrícolas así como también agroindustriales (para el caso de la granza del arroz), que tienen diversos usos como fertilizantes, forraje para ganado, etc., además de que pueden ser utilizados como fuente de energía. Los potenciales energéticos de residuos agrícolas de maíz y caña de azúcar ya fueron evaluados en un estudio anterior por Berríos y Castro (1997). En este estudio se determinará el potencial energético de los residuos agrícolas del arroz, frijol y sorgo y se enfocará la utilización de estos residuos como fuente de energía.

2.1 Situación del Mercado Nacional.

De acuerdo con estimaciones finales de la cosecha 1997/1998, hubo una reducción de 7.5% en la superficie de granos básicos respecto a la cosecha anterior, siendo el arroz el que en términos absolutos presenta menor aumento con una diferencia de 34.1%, y el sorgo presenta una diferencia del 12%; en lo que respecta al frijol, éste muestra un descenso de 7.2 %. Ver cuadro 2.1

Cuadro 2.1 Superficie, Producción y Rendimiento de los Granos Básicos más Importantes en El Salvador: Maíz, Sorgo, Frijol y Arroz. Cosechas 94/95 a 98/99 y Proyección para cosechas 99/2000 y 2000/2001.

Característica	Cosecha	RUBRO				Total
	Año	Maíz	Sorgo	Frijol	Arroz	
Superficie (Mz)	94/95	450,400	173,800	106,100	21,300	751,600
	95/96	410,000	191,800	86,600	13,700	702,100
	96/97	398,700	170,600	96,700	15,300	321,300
	97/98	437,350	177,725	118,550	21,244	754,869
	98/99	418,600	156,700	110,000	14,000	699,300
	99/00 *	376,300	151,950	106,300	15,600	650,150
	00/01 *	380,000	160,000	110,000	15,700	665,700
Producción (QQ)	94/95	10,449,000	3,956,900	1,334,300	1,405,200	15,741,805
	95/96	11,500,000	4,369,400	1,111,700	1,111,000	18,092,100
	96/97	13,694,800	3,957,300	1,284,900	1,202,000	20,139,000
	97/98	11,035,900	4,340,827	1,467,560	1,435,972	14,370,259
	98/99	14,820,800	3,983,100	1,481,900	1,278,600	21,564,400
	99/00*	14,342,600	3,301,600	1,445,300	1,247,050	20,336,550
	00/01*	14,440,000	3,200,000	1,485,000	1,256,000	20,381,000
Rendimiento (QQ por Mz)	94/95	23.2	22.8	12.6	66.0	124.6
	95/96	28.05	22.8	12.8	81.1	154.8
	96/97	34.3	23.2	13.3	78.6	149.4
	97/98	25.2	24.4	12.4	67.6	129.6
	98/99	35.4	25.5	13.5	91.3	165.7
	99/00*	38.1	21.7	13.6	79.9	153.3
	00/01*	38.0	20.0	13.5	80.0	151.5

* Estimaciones elaboradas en base a la Primera Encuesta de Propósitos Múltiples 1998/99.

MAG-DGA (1994-1998)

De la identificación de las principales fechas de siembra, cosecha, de estadísticas agrícolas y del conocimiento de los extensionistas se deriva un calendario de siembra correspondiente a El Salvador (Anexo B, Cuadro B.1).

2.2 Los Residuos del Cultivo Del Arroz (*Oriza sativa*), como Fuente Energética.

Desde el punto de vista de la producción en el ámbito mundial, el arroz ocupa el segundo lugar en importancia, después del trigo. Es el alimento básico para la mitad de la población mundial, siendo también un buen alimento para animales de tiro, ganado y aves. Los rastrojos del arroz (paja) son todo lo que queda de la planta (tallos y hojas) después del aporreo (Anexo C, Fig. C.1.c) y su composición química se muestra en el cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Composición Química de la Paja de Arroz.

Materia seca total %	92.5
Proteína digestiva %	0.6
Principales nutrientes digestivos %	36.1
Relación nutritiva	1:3.2
Composición Media Total	
Proteínas %	3.9
Grasa %	1.4
Fibra %	33.5
Extracto no nitrogenado %	39.2
Materia mineral %	14.5
No. De análisis	13
Componentes Minerales y Fertilizantes	
Ca %	0.19
P %	0.01
N %	0.62
K %	1.22
Coefficientes de Digestibilidad	
Proteínas %	16
Grasa %	40
Fibra%	62
Extracto no Nitrogenado %	48
No. De Análisis	27

Morrison (1979).

Tanto los residuos agrícolas del arroz (planta) como los agroindustriales (granza) de éste, son ampliamente utilizados como alimento para animales; y debido a que su contenido de fibra es alto (33.5%), podría ser adecuado para utilizarlo como energético.

La paja (Anexo C, Fig. C.1.c) es un subproducto que sirve para la fabricación de adobes, para la construcción de techos y para alimento de animales, como cama para aves y de lecho en los establos. La paja se utiliza también en las artesanías, para la fabricación de sacos, cestos y papel; y como fuente energética (en menor cantidad). La granza del arroz es utilizada como energético en las ladrilleras. Este uso no es conveniente en calderas, debido al contenido de sílice en la granza de arroz (Parsons, 1987).

En este trabajo se evaluará el potencial energético de los residuos agrícolas del arroz para que estos puedan ser utilizados también como energéticos. De aquí la importancia de identificar la superficie territorial de producción de El Salvador (Anexo B Fig B.1). Con el fin de hacer más homogéneas las cuatro regiones en que el MAG en 1976 dividió el país (occidental, central, paracentral y oriental), (Anexo D, Cuadro D.1). De esta manera, la superficie y producción del arroz según cada región en El salvador, se presenta en el cuadro 2.3.

Cuadro 2.3. Superficie y Producción de Arroz Según Región en El Salvador. 1998-1999.

Región	Superficie (Mz)	Producción (Qq/Granza)
I	700	49,400
II	6,800	578,000
III	4,100	298,900
IV	3,700	275,700
TOTAL PAIS	15,300	1,202,000

M.A.G. - D.G.A (1998/99)

2.2.1 Aspectos Botánicos.

El arroz pertenece a la familia de las gramíneas y al género *Oryza* (anexo C, fig. C.1). Este género comprende varias especies, de las cuales el arroz es muy importante. La taxonomía del arroz (Molina, 1995) es la siguiente:

Reino: *vegetal*
División: *antófito*
Subdivisión: *angiosperma*
Clase: *monocotiledónea*
Orden: *glumiflora*
Familia: *gramínea*
Género: *oryza*
Especie: *sativa*

El arroz es una planta de ciclo anual. Mide entre 50 y 150 cm de altura. Algunas especies alcanzan alturas mayores de 150 cm.

Como el arroz se cultiva en casi todo el mundo, existe una infinidad de variedades. En El Salvador, el CENTA ha recomendado algunas de éstas (Anexo C, Cuadro C.1), considerando ciertas características agronómicas como el ciclo vegetativo de la planta, longitud del tallo y resistencia al ácame.

El arroz requiere de mucho sol para su desarrollo. Se adapta de 0 a 800 msnm con temperaturas óptimas que están generalmente entre 20°C y 30°C, aunque varían de acuerdo al estado de desarrollo de la planta. Es poco exigente en relación con el tipo de suelo. Se le puede cultivar tanto en suelos arcillosos como en suelos arenosos.

El arroz se siembra según su ciclo vegetativo, así:

- i) Las variedades de ciclo vegetativo largo, se siembran cuando las lluvias están bien establecidas en los meses de mayo y junio.
- ii) Las variedades de ciclo corto, se siembran a mediados de junio hasta finales de julio, con el objeto de cosecharlos a principio de noviembre, cuando inicia la época seca.
- iii) También se puede sembrar arroz de riego, el cual generalmente se siembra en diciembre.

La época recomendada para cosechar es cuando el 95% de los granos en las panojas tengan color paja y el resto están amarillentos, por lo que el CENTA ha construido un calendario de épocas de siembra y cosecha en El Salvador (Anexo B, Cuadro B.1). La cosecha del arroz puede hacerse fundamentalmente con dos métodos: Manual y mecanizada.

2.3 Los Residuos del Cultivo del Frijol (*Phaseolus Vulgaris*), como Fuente Energética.

Para la población salvadoreña el frijol común constituye la fuente principal de proteínas de bajo costo y alta calidad, ocupando el segundo lugar en importancia, después del maíz. En El Salvador el consumo de proteínas solamente alcanza 52.4 gramos por persona por día. De las cuales se estima que 4.2 gramos son provenientes del frijol (FAO, 1989), o sea que este cereal suministra el 8% de la disponibilidad total de proteínas. Los rastrojos generados en la cosecha de frijol son: la paja de frijol (tallos, hojas y raíz) y vaina de frijol. Son muy utilizados como alimento para ganado y en su mayoría como fertilizante, debido a su alto contenido de nitrógeno. Los cuadros 2.4 y 2.5 muestran la composición química de la vaina y paja de frijol, respectivamente.

Cuadro 2.4. Composición Química de la Vaina de Frijol.

	Rango de Porcentajes
Mata seca	91.8-100
Ceniza	7.6-9.3
Fibra cruda	38.2-46.7
Estrato Etéreo	1.7-2.1
Proteína	6.2-7.6
ED. Bovino Cal/ Kg	1.65-2.02
ED. Ovino	1.73-2.12
Fibra Neutro Detergente Bov.	2.7-59.2
OV.	12.7-59.2
Minerales	
	Rango de Porcentajes
Calcio	0.09-0.41
Fósforo	0.06-0.26
Potasio	0.47-2.21
	Mg/Kg
Cobre	1.7-7.9
Manganeso	30.4 -142.0

Morrison (1979).

Cuadro 2.5. Composición Química de la Paja de Frijol Común (*Phaseolus Vulgaris*).

Materia seca total %	89.1
Proteína digestiva %	3.0
Principales nutrientes digestivos %	45.2
Relación nutritiva	1:14.1
Composición Media Total	
Proteínas %	6.1
Grasa %	1.4
Fibra %	40.1
Extracto no nitrogenado %	34.1
Materia mineral %	7.4
No. De análisis	20
Componentes Minerales y Fertilizantes	
Ca %	1.67
P %	0.13
N %	0.98
K %	1.02
Coefficientes de Digestibilidad	
Proteínas %	49
Grasa %	57
Fibra%	43
Extracto no Nitrogenado %	68
No. De Análisis	5

Morrison (1979).

Es importante destacar el alto contenido de fibra reportado (40.1%), que hace adecuado al rastrojo de frijol para su potencial uso como energético; lo que es parte del objeto de este estudio.

Para conocer la cantidad de rastrojos generada es necesario conocer la superficie de frijol cultivada en El Salvador (Anexo B, Fig. B.2). En el cuadro 2.6 se presentan los datos de superficie y producción por región de los años de 1998 - 1999.

Cuadro 2.6. Superficie, Producción y Rendimiento del Frijol Según Región. 1998-1999.

Región	Superficie (Mz)	Producción (Qq)
I	134,700.00	1,869,880.00
II	34,600.00	565,600.00
III	17,800.00	250,400.00
IV	14,300.00	141,000.00
TOTAL PAIS	201,400	2,826,880

M.A.G. – D.G.A (1998/99)

2.3.1 Aspectos Botánicos.

La clasificación taxonómica del frijol (Ospina, 1980) es la siguiente:

Reino	: <i>vegetal</i>
División	: <i>Antofita</i>
Sub- división	: <i>Angiosperma</i>
Clase	: <i>Dicotiledónea</i>
Orden	: <i>Rosales</i>
Familia	: <i>Leguminoseae</i>
Sub-familia	: <i>Papilionoidae</i>
Tribu	: <i>Phaséolae</i>

Sub-tribu : *Phaseolinae*
 Género : *Phaseolus*
 Especie : *vulgaris*

El género *Phaseolus* incluye aproximadamente 35 especies, de las cuales cuatro se cultivan, éstas son: *P. vulgaris*; *P. lunatus*; *P. coccineus* y *P. acutifolius*. En El Salvador la especie de mayor importancia es la *P. Vulgaris*.

El frijol se caracteriza por presentar raíces típicas o pivotantes (Ver Anexo C, Figura C.2.a). Su tallo está formado por una sucesión de nudos y entrenudos. Tiene generalmente un diámetro mayor que las ramas; puede ser erecto, semipostrado o postrado, según el hábito de crecimiento de la variedad.

Las hojas del frijol son de dos tipos: simples y compuestas. El color de las vainas varía de verde uniforme a morado casi negro. Existen diferencias entre las vainas jóvenes, maduras y completamente secas; cada una de las vainas de frijol contiene de 2 a 6 semillas.

Las variedades de frijol se siembran teniendo en cuenta las condiciones ambientales de la zona, antecedentes sobre plagas y enfermedades para poder hacer un manejo eficiente de las mismas (Anexo C, Cuadro C.2).

La planta de frijol crece bien entre temperaturas promedio de 15 a 27°C, pero es importante reconocer que existe un gran rango de tolerancia entre variedades diferentes. (CENTA, 1995).

El cultivo del frijol requiere suelos fértiles, con buen contenido de materia orgánica. El pH óptimo fluctúa entre 6.5 y 7.5; dentro de este límite la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presentan una máxima disponibilidad

para la planta. El frijol tolera pH hasta de 5.5, aunque debajo de ese límite generalmente síntomas de toxicidad de aluminio y/o manganeso.

Depende del sistema de siembra, topografía del terreno y de los equipos disponibles. En terrenos con topografía inclinada y/o quebrada, deben eliminarse las malezas y acumularlas siguiendo curvas a nivel, evitando con esta práctica la erosión el terreno.

Para el cultivo del frijol común en El Salvador se reconocen tres épocas de siembra (CENTA 1995):

- i) Época de mayo: Del 15 de mayo al 15 de junio, cuando las lluvias estén bien establecidas.
- ii) Época de agosto: Debe sembrarse entre el 15 de agosto y el 15 de septiembre. Esta época de siembra generalmente está condicionada a la madurez fisiológica del maíz, cuando se siembra en relevo con este cultivo.
- iii) Época de apante: Es la siembra que se efectúa bajo riego o humedad residual y se recomienda hacerla entre el 15 de noviembre y el 15 de diciembre.

El frijol puede sembrarse solo (monocultivo), asociado (con maíz o caña de azúcar) o intercalado (con maíz).

2.4. Los Residuos el Cultivo del Sorgo (*Sorghum Vulgaris*), como Fuente Energética.

El sorgo (*Sorghum vulgare*) es el quinto cultivo en importancia entre los cereales del mundo después del trigo (*Triticum aestivum*), el maíz (*Zea mays*), el arroz (*Oryza sativa*) y la cebada (*Hordeum vulgare*) (Paul, 1990). El sorgo tiene mucha relevancia como alimento animal, es utilizado para la elaboración de concentrados de aves, ganado y cerdo. La composición química de la planta de sorgo varía con la edad y con la variedad. Resultados de los análisis de plantas enteras de diferentes edades, son representados en el cuadro 2.7.

Cuadro 2.7. Análisis de Plantas Enteras de Sorgo (% con Base en Peso Seco)(Doggett 1970).

Variedad	Edad (sem)	Ceniza	Grasa	Proteína cruda	Fibra cruda	Carbohidratos	Ca	P
1.Kafir	5.5	30.5	1.1	15.4	14.6	38.4	-	-
	11.5	11.3	2.4	17.9	21.7	46.7	-	-
	12.5	11.6	2.6	15.4	18.7	51.7	-	-
2.Durra	5.5	21.2	1.4	16.1	20.2	41.2	-	-
	6.5	13.4	1.2	23.6	23.6	38.1	-	-
	11.5	10.5	2.0	15.2	26.7	45.06	-	-
	12.5	9.2	1.9	12.5	23.6	52.8	-	-
3. Jola Jowar	3	15.4	4.0	29.9	24.4	26.2	1.60	1.29
	5	12.3	3.3	24.0	26.3	34.1	0.84	1.09
	7	10.6	3.0	18.8	29.9	42.3	0.92	0.85
	9	9.2	2.8	14.9	30.6	42.2	0.78	0.84
	11	8.6	2.0	11.8	31.0	47.0	0.60	0.80
	13	7.2	1.7	11.4	33.4	46.2	0.46	0.78

Paul, L. (1990).

Los rastrojos del sorgo se conocen en general por el tronco y las hojas (paja del sorgo) y la raíz (Anexo C, Fig. C.3.c); los que presentan diferentes usos en el área rural. En el cuadro 2.8 se muestra la composición química de la paja de sorgo, dentro de la que es importante para este estudio mencionar que posee un contenido de fibra alto (31.3%), haciéndolo adecuado como energético.

Cuadro 2.8. Composición Química de la Paja de Sorgo.

Materia seca total %	89.3
Proteína digestiva %	0.4
Principales nutrientes digestivos %	41.0
Relación nutritiva	1:101.5
Composición Media Total	
Proteínas %	3.1
Grasa %	1.4
Fibra %	31.3
Extracto no nitrogenado %	50.0
Materia mineral %	3.5
No. De análisis	3
Componentes Minerales y Fertilizantes	
Ca %	-
P %	-
N %	0.5
K %	-
Coefficientes de Digestibilidad	
Proteínas %	-
Grasa %	46
Fibra %	53
Extracto no Nitrogenado %	45
No. De Análisis	3

Morrison (1979).

La paja del sorgo tiene su mayor utilidad como forraje para ganado. La raíz no se extrae del suelo, sino que queda en éste para ser utilizada como fertilizante. En este estudio se determinará el poder calorífico de la paja de sorgo y se analizará la utilización de ésta como fuente energética. Para conocer la cantidad de rastrojos de sorgo generados en el Salvador, es importante saber la superficie cultivada de éste (Anexo B, Fig. B.3). En el cuadro 2.10 se presenta la superficie cultivada y producción nacional de sorgo para la cosecha 1998/99.

Cuadro 2.9. Producción Nacional y Superficie Cultivada de Sorgo 1998/99.

REGION	Superficie (Mz)	Producción (qq)
I	17,950.00	600,500.00
II	40,700.00	1, 032,400.00
III	29,700.00	604,400.00
IV	32,101.74	636,100.00
TOTAL	120,451.74	2,873,400.00

M.A.G. – D.G.A (1998/99)

2.4.1 Aspectos Botánicos.

La taxonomía del sorgo (Nuila, 1979) es la siguiente:

Reino: Vegetal.
 División: Tacheófitas.
 Subdivisión: Angiospermas.
 Clase: Monocotiledónea.
 Orden: Glumíforas.
 Familia: Gramínea.
 Género: Sorghum.
 Especie: Vulgare.

El sorgo es generalmente una planta con un solo tallo (Anexo C, Fig.C.3.a y Fig. C.3.b), pero varía mucho en su capacidad de ahijamiento dependiendo de la variedad, la población de plantas y el ambiente. Muchos son perennes. La altura varía de 45cm a más de 4 m.(Paul, 1990).

El Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) ha generado variedades de doble propósito (forraje de ensilaje y grano) e híbridos forrajeros con alto potencial de rendimiento.

En El Salvador, el sorgo puede sembrarse desde los 0 hasta los 1000 msnm con buenos resultados de rendimiento de grano. Responde muy bien en suelos fértiles, así como se puede cultivar en suelos relativamente pobres y con un pH entre 5.5 a 8.0. También se adapta a terrenos planos o quebrados, y pedregosos (CENTA 1995).

La época de siembra depende del propósito del cultivo:

- a) Monocultivo: para grano (mayo y agosto); para forraje (mayo).
- b) Intercalado: agosto.

La cosecha de sorgo para grano, varía de acuerdo a la variedad (Anexo B, Cuadro B.1). Para sorgos tipo fotosensitivos, se cosechará en diciembre o enero; dejando el follaje para el ganado. La cosecha puede hacerse manual o mecánica.

Al comparar el contenido de fibra del sorgo (33.5%) con el de frijol (40.1%) y el de arroz (31.3%), se observa que todos poseen porcentajes altos dentro de los cuales; el frijol tiene un mayor contenido de fibra que el arroz y el sorgo, siendo precisamente el sorgo el de menor contenido de fibra, como se muestra en el cuadro 2.9. De acuerdo a esta característica los tres cultivos en mención pueden ser considerados como potenciales energéticos.

Cuadro 2.10. Contenido de Fibra (Composición Media Total) de la paja de arroz, frijol y sorgo.

Paja	Arroz	Frijol	Sorgo
Fibra %	33.5	40.1	31.3

Morrison (1979).

3.0 Recolección de Datos para la Evaluación del Potencial Energético de los Residuos de los Cultivos de Arroz (*Oriza Sativa*), Frijol (*Phaseolous Vulgaris*), y Sorgo (*Sorgum Vulgaris*) en El Salvador.

El objetivo primordial de esta investigación, es la de evaluar el potencial energético de los residuos de los cultivos de arroz, frijol y sorgo. Para ello es importante obtener información cualitativa y cuantitativa acerca de la cantidad de estos residuos agrícolas generados en El Salvador; así como la disposición final de dichos residuos por parte de los agricultores; y de esta manera determinar cual es la proporción de la oferta existente de los residuos para poder ser utilizados como una fuente de energía primaria o secundaria; evaluando con ayuda de esta información su potencial energético.

Para recolectar la información necesaria se siguió la metodología descrita de la sección 3.0(a) a (c):

a. Selección del método de muestreo:

Se seleccionó un tipo de muestreo que cumpliera los objetivos planteados. El tipo de muestreo seleccionado fue el "**MUESTREO ALEATORIO ESTRATIFICADO**", que es el tipo de muestreo sugerido por los técnicos de la División de Estadísticas Agropecuarias de la Dirección General de Economía Agrícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

b. Construcción del marco muestral:

Para la elección de las unidades muestrales se tomó como marco muestral el "**MARCO MUESTRAL DE PROBABILIDAD POR AREAS**"

(anexo D), que es el marco diseñado y empleado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) para realizar investigaciones de campo de esta naturaleza, el cual consiste en la división de una área determinada, que en este caso es toda el área El Salvador, en segmentos definidos por medio de límites físicos del terreno, los cuales pueden ser carreteras, ríos, vías férreas, canales, etc. Este marco presenta la característica de asegurar que toda la población este incluida dentro de él; por lo tanto no existe en el país una unidad de información que no tenga la oportunidad de ser seleccionada con fines de muestreo. Además, el marco presenta la ventaja de ser versátil, ya que se puede investigar cualquier variable que este asociada con unidades de área, de esta forma se puede abarcar con una sola encuesta varios productos agrícolas, sin necesidad de realizar una encuesta por cada producto específico. Esto hace que disminuyan los costos en la investigación. (Márquez, 1999).

c. Recolección de información:

La información se recolecta a través de una encuesta en la que se entrevista de forma directa al agricultor (Anexo E).

3.1 Determinación del Tamaño Muestral.

Para determinar el número de encuestas totales se hizo uso de información proporcionada por la Dirección General de Economía Agrícola (DGEA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Así, de esta manera se utilizaron los estratos clasificados en áreas de tierra basadas en el criterio de "**Grado de intensidad en el uso de la tierra**". Su clasificación comienza desde un 100% de tierra cultivable hasta las tierras que no tienen ningún uso. Esta clasificación se muestra en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1 Clasificación de estratos basados en el uso de la tierra

ESTRATO	USO
ESTRATO 1	❖ Tierras con intensidad de uso entre 75% y 100%.
ESTRATO 2	❖ Tierras con intensidad de uso entre 50% y 75%.
ESTRATO 3	❖ Tierras con intensidad de uso entre 25% y 70% y un 50% de café.
ESTRATO 4	
ESTRATO 5	❖ Tierras con intensidad de uso entre 15% y 50%.
ESTRATO 6	❖ Area suburbana.
ESTRATO 7	❖ Area urbana
ESTRATO 8	❖ Areas de turismo.
ESTRATO 9	❖ Tierras con intensidad de uso entre 0% y 15%.
ESTRATO 10	❖ Tierras sin ningún uso agrícola.
ESTRATO 11	❖ Zonas cubiertas con agua. ❖ Comprende las tierras que están reportando algún uso agrícola o son baldíos y van a desaparecer por motivos de proyectos de infraestructura.

División de General de Economía Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería. El Salvador

El Ministerio de Agricultura y Ganadería ha dividido con la ayuda de fotografías aéreas y cartas geográficas estos 11 estratos en 31,610 segmentos; los que se encuentran distribuidos en todo el territorio nacional; y que representan la población total existente en El Salvador. (Chanchán, 1996).

3.1.1 Determinación del Tamaño Muestral.

El cálculo del tamaño de muestra a tomar en todo el país, se realizó usando la ecuación 3.1. de determinación de tamaño muestral para muestreo estratificado de costo mínimo:

$$n_d = \frac{\left(\sum_{h=1}^L \frac{W_h S_h}{\sqrt{C_h}} \right) \left(\sum_{h=1}^L W_h S_h \sqrt{C_h} \right)}{V + \frac{1}{N} \sum_{h=1}^L W_h S_h^2} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

En donde:

N_d : Número total de segmentos de la muestra

C_h : Costo variable de los segmentos en h estrato

W_h : Es la proporción del h estrato dentro del departamento

S_h : Es la varianza calculado del producto.

L : Cantidad total de estratos

V : Coeficiente de variación

El total de segmentos de la muestra es de 916 segmentos.

La afijación óptima para cada estrato, esta determinado por la ecuación 3.2:

$$n_h = \frac{W_h S_h}{\sum_{h=1}^L W_h S_h} * n_d \quad (\text{Ec.3.2})$$

En donde:

n_d : Muestra total

W_h : Es la proporción del h estrato dentro del departamento.

S_h : Es la varianza calculado del producto.

n_h : Universo de unidades por departamento.

Para esta investigación, se planteó inicialmente utilizar la muestra sugerida por el MAG, la cual, es la utilizada por ellos en sus trabajos de investigación. Dicha muestra consta de 916 segmentos que están distribuidos en forma aleatoria en cada estrato de todo El Salvador (Anexo D, Cuadro D.3), pero debido a que no se contaba con suficientes recursos económicos para encuestar los 916 segmentos, se decidió tomar una submuestra a partir de los 916 segmentos, para ello se utilizo un factor de

reducción para cada muestra perteneciente a cada estrato en cada departamento; dicho factor de reducción se obtuvo de la siguiente manera:

Por ejemplo, para el departamento de Ahuachapán se tiene que la muestra sugerida para el estrato 1 es de 14 segmentos para ello se procede a obtener todos los factores de 14 así:

Segmentos	Factor de reducción
14	1
7	2
2	7

Se selecciona 2 como el factor de reducción, ya que si seleccionara 7 como factor de reducción la muestra tendería a ser demasiado pequeña lo cual conduciría a tener una menor representatividad de los datos a investigar y un mayor error. Así, de los 14 segmentos que comprenden la muestra original, únicamente se tomarán 7 segmentos para la submuestra utilizada en esta investigación. Se realizó el mismo procedimiento para cada estrato en cada departamento, obteniéndose una submuestra de 353 segmentos (Anexo D, Cuadro D.4), los cuales fueron seleccionados aleatoriamente a partir de los 31,610 segmentos originales distribuidos en todo El Salvador, con la ayuda de tablas de números aleatorios (Anexo F.1). Garantizando de esta manera que todos los segmentos tuviesen la misma probabilidad de ser seleccionados como muestra, así como también una mejor distribución de ellos teniendo una cobertura total en todo El Salvador.

Estos segmentos, al encontrarse distribuidos en todo El Salvador y para fines de recolectar y presentar la información, se agrupan en base a su ubicación geográfica dentro de la división territorial realizada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, que divide al país en cuatro regiones (Anexo D, Cuadro D.1); de acuerdo a su proximidad geográfica; lo que facilita la comprensión y ubicación territorial de la información a recolectar.

4.0 RESULTADOS OBTENIDOS POR LAS ENCUESTAS PARA LOS CULTIVOS DE ARROZ, FRIJOL Y SORGO.

Con el fin de ordenar y observar los datos obtenidos por medio de las encuestas, se procedió a la tabulación de éstos, para poder conocer e interpretar la información necesaria y cumplir con los objetivos de este estudio.

Los resultados de las encuestas se presentan en tres secciones, como son la sección de generalidades sobre los cultivos (cuadros 4.1 a 4.14); sección referente a los residuos agrícolas (cuadros 4.15 a 4.22) y sección de aspectos varios (cuadro 4.23); cada una de las cuales se divide en una serie de cuadros que contienen el número y el tipo de respuestas que proporcionaron los productores de arroz, frijol y sorgo en todo El Salvador.

Sección I. Generalidades de los Cultivos

En esta sección se incluye la topografía del terreno donde se cultiva, las principales variedades cultivadas de cada especie, el número de cosechas que realiza anualmente de su cultivo y la época de recolección, así como el área que cultiva. Con esta información se conocerá el tipo de terreno donde se encuentran los residuos, las épocas en que se generan, y un aproximado de las cantidades de residuos que se podrían obtener (Cuadros 4.1 a 4.14).

Sección II. Residuos Agrícolas

Se presenta información respecto a la cantidad de residuos generados, los usos posibles y actuales que tienen, si hay o no interés en comercializar estos residuos; con el objeto de conocer el uso que dan los agricultores a sus residuos, y para determinar el porcentaje de interés que tienen los

agricultores de arroz, frijol y sorgo en utilizar sus residuos con fines comerciales (Cuadros 4.14 a 4.22).

Sección III. Aspectos Varios

Aspectos como los medios de transporte utilizados en los lugares donde habitan los agricultores, si hay acceso a vehículos en las zonas de producción y los principales combustibles utilizados en sus actividades cotidianas; para contar con información respecto a la accesibilidad a las zonas de producción y evaluar la importancia que tiene la leña en sus actividades cotidianas (Cuadro 4.23).

Sección I. Datos Recolectados por Encuesta sobre Generalidades de los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo en El Salvador.

Cuadro 4.1. Topografía en las Zonas de Producción de Arroz, Frijol y Sorgo por Región de la Muestra.

NUMERO DE RESPUESTAS POR REGION

TOPOGRAFÍA	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
ACCIDENTADO	58	70	30	43	201
PLANO	36	34	31	43	144
NC*	0	0	3	0	3

NC*: NO CONTESTARON

Cuadro 4.2. Topografía en las Zonas de Producción de Arroz, Frijol y Sorgo de la Muestra.

NUMERO DE RESPUESTAS POR REGION

TOPOGRAFÍA	ARROZ	FRIJOL	SORGO	TOTAL
ACCIDENTADO	58	70	30	201
PLANO	36	34	31	144
NC*	0	0	3	3

NC*: NO CONTESTARON

Cuadro 4.3. Variedades de Arroz Producidas para la Muestra.

NUMERO DE RESPUESTAS POR REGION

VARIEDAD	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
MEJORADA	9	21	35	15	80
AMERICANO	0	1	0	0	1
SEGREGADO	0	0	1	0	1

Cuadro 4.4. Variedades De Frijol Producidas para la Muestra .

NUMERO DE RESPUESTAS POR REGION

VARIEDAD	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
ROJO	43	53	26	23	145
NEGRO	6	0	0	1	7
NC*	1	0	1	1	3

NC*: NO CONTESTARON

Cuadro 4.5. Variedades de Sorgo Producidas para la Muestra .

NUMERO DE RESPUESTAS POR REGION

VARIEDAD	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
NACIONAL	49	23	18	45	135
HIBRIDO	5	8	2	22	37
NC*	1	0	1	0	2

NC*: NO CONTESTARON

Cuadro 4.6. Número de Cosechas por Año para el Cultivo de Arroz para la Muestra .

NUMERO DE RESPUESTAS POR REGION

COSECHAS	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
1	8	22	36	15	81
2	1	0	0	0	1

Cuadro 4.7. Número de Cosechas por Año para el Cultivo de Frijol para la Muestra .

NUMERO DE RESPUESTAS POR REGION

COSECHAS	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
1	41	38	14	6	99
2	9	15	13	18	55
NC*	0	0	0	1	1

NC*: NO CONTESTARON

Cuadro 4.8. Número de Cosechas por Año para el Cultivo de Sorgo para la Muestra .

NUMERO DE RESPUESTAS POR REGION

COSECHAS	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
1	55	31	21	62	169
2	0	0	0	5	5

Cuadro 4.9. Epoca de Recolección del Cultivo de Arroz para la Muestra .

NUMERO DE RESPUESTAS POR REGION

MES	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
MAYO	1	3	2	0	6
OCTUBRE	4	15	7	11	37
NOVIEMBRE	4	4	27	4	39

Cuadro 4.10. Epoca de Recolección del Cultivo de Frijol para la Muestra .

NUMERO DE RESPUESTAS POR REGION

MES	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
MARZO	0	1	4	2	7
JUL-AGOS	24	15	12	16	67
OCTUBRE	26	37	24	24	111

Cuadro 4.11. Epoca de Recolección del Cultivo de Sorgo para la Muestra .

NUMERO DE RESPUESTAS POR REGION

MES	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
ENERO	41	18	9	36	104
DICIEMBRE	14	12	12	31	69
NC*	0	1	0	0	1

NC*: NO CONTESTARON

Cuadro 4.12. Número de Agricultores Encuestados según Rangos de Areas de Cultivo de Arroz para la Muestra.

NUMERO DE RESPUESTAS POR REGION

MANZANAS	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
0-5	6	20	34	14	74
5-10.0	0	1	1	0	2
10.0-15	1	0	0	0	1
15-20	1	0	0	1	2
>20	1	1	0	0	2
NC*	0	0	1	0	1

NC*: NO CONTESTARON

Cuadro 4.13. Número de Agricultores Encuestados según Rangos de Areas de Cultivo de Frijol para la Muestra.

NUMERO DE RESPUESTAS POR REGION

MANZANAS	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
0-5	42	47	26	18	133
5-10.0	5	2	1	5	13
10.0-15	0	1	0	1	2
15-20	0	0	0	1	1
>20	3	0	0	0	3
NC*	0	3	0	0	3

NC*: NO CONTESTARON

Cuadro 4.14. Número de Agricultores Encuestados según Rangos de Areas de Cultivo de Sorgo para la Muestra.

NUMERO DE RESPUESTAS POR REGION

MANZANAS	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
0-5	43	28	21	64	156
5-10.0	8	3	0	1	12
10.0-15	2	0	0	0	2
15-20	0	0	0	1	1
>20	2	0	0	0	2
NC*	2	0	0	0	2

NC*: NO CONTESTARON

Sección II. Datos Recolectados por las Encuestas Referente a Residuos de Arroz, Frijol y Sorgo en El Salvador.

Cuadro 4.15. Número de Agricultores Encuestados según Rangos de Residuos de Arroz Generados para la Muestra.

NUMERO DE RESPUESTAS POR REGION

RESIDUOS (TM)	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
0-10	7	15	33	14	69
10-20	0	4	3	1	8
20-30	0	2	0	0	2
30-40	1	1	0	0	2
>40	1	0	0	0	1
TOTAL	9	22	36	15	82

Cuadro 4.16. Número de Agricultores Encuestados según Rangos de Residuos de Frijol Generados para la Muestra.

RESIDUOS (TM)	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
0 – 5	43	47	24	18	132
5-10	4	4	2	2	12
10-15	2	1	0	1	4
15-20	0	0	0	2	2
20-25	0	1	0	0	1
NC*	1	0	1	2	4
TOTAL	50	53	27	25	155

Cuadro 4.17. Número de Agricultores Encuestados según Rangos de Residuos de Sorgo Generados para la Muestra.

RESIDUOS (TM)	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
0 –15	46	20	14	38	118
15-30	4	6	4	18	32
30-45	3	3	1	7	14
45-60	1	1	2	3	7
>60	0	1	0	1	2
NC*	1	0	0	0	1
TOTAL	55	31	21	67	174

Cuadro 4.18. Número de Agricultores Encuestados según Conocimiento del Uso de los Residuos de Arroz, Frijol y Sorgo en la Muestra.

USOS	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
COMBUSTIBLE	8	19	10	9	46
FORRAJE	75	83	59	81	298
FERTILIZANTE	57	73	32	53	215
BARRERA	5	3	1	1	10
HUMEDAD-SUELO	0	0	2	0	2
DOMESTICOS	0	5	5	1	11
TOTAL	145	183	109	145	582

Cuadro 4.19. Número de Agricultores Encuestados según el Uso Actual de los Residuos de Arroz en la Muestra.

USOS	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
FORRAJE	3	18	17	10	48
FERTILIZANTE	1	2	7	8	18
ADOBE	0	1	0	0	1
NINGUNO	17	0	0	0	17
NC*	0	1	2	0	3
TOTAL	21	22	26	18	87

NC*: NO CONTESTARON

Cuadro 4.20. Número de Agricultores Encuestados según el Uso Actual de los Residuos de Frijol en la Muestra.

USOS	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
FORRAJE	20	14	12	11	57
FERTILIZANTE	25	25	11	6	67
NINGUNO	9	1	0	0	10
NC*	1	7	0	2	10
TOTAL	55	47	23	19	144

NC*: NO CONTESTARON

Cuadro 4.21. Número de Agricultores Encuestados según el Uso Actual de los Residuos de Arroz en la Muestra.

USOS	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV	TOTAL
FORRAJE	45	26	18	58	147
FERTILIZANTE	20	2	0	14	36
NINGUNO	2	0	0	0	2
NC*	0	3	2	0	5
TOTAL	67	31	20	72	190

NC*: NO CONTESTARON

Cuadro 4.22. Número de Agricultores con Residuos Sobrantes ,Usos que les dan a los Residuos, Desventajas, e Interés de Agricultores en Comercializar los Residuos de los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo para la Muestra.

ÁREA DE INTERÉS		REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV
RESIDUOS SOBRAINTES	SI	36	25	41	13
	NO	58	77	22	73
USOS DE RESIDUOS	BOTA	28	27	24	10
	QUEMA	7	9	9	2
	REGALA	6	2	17	1
	VENDE	1	0	0	3
DESVENTAJAS	NINGUNA	21	42	26	8
	> C. FERTILIZACION	27	48	29	24
	> C. ALIMENTACION	48	51	32	72
	PERDIDA HUMEDAD	45	18	23	15
	> C. LEÑA	0	0	1	0
	EROSION	1	0	0	0
INTERES EN COMERCIALIZAR	SI	50	8	46	43
	NO	44	16	14	43

> C.: MAYORES COSTO

Cuadro 4.22.a Cantidades de Residuos Sobrantes (Ton) de los cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo para la Muestra.

CULTIVO	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV
ARROZ	3,8, 1.5, 0.5, 3, 3.5, 28.4, 22.5	1,6, 6, 0.87, 1, 2, 2, 5, 1, 4, 15, 5, 20, 16	3, 1, 0.5, 6.15, 2, 3, 1, 3.5, 11, 2, 1, 7, 0.5, 1.5, 3, 4	3, 1, 1.5, 0.4, 2.25, 1.75
TOTAL	70.40	84.87	50.15	7.68
FRIJOL	0.15, 4.0, 2.75, 1, 3.5, 0.4, 0.3, 0.15, 1, 0.4, 0.4, 3.65, 0.405	5, 3, 1.5, 0.8, 0.5, 1, 0.5, 0.4, 0.75, 1.25, 0.85, 2.77	0.9, 1, 3.5, 1.23	1.5, 0.5, 3.25, 2, 0.2, 0.24
TOTAL	15.63	19.12	6.63	7.69
SORGO	4.5, 0.5, 1, 2.5, 6, 3.25, 8, 0.75, 1.25, 2, 3, 1, 0.25, 5, 15.2, 8, 1, 4, 1, 3, 0.4, 0.5, 3, 0.43,	0.5, 5, 1, 4.3, 11, 2, 13.23, 0.5, 0.5, 1, 2, 1, 3,	1.5, 0.25, 2, 0.5, 1.5, 1, 0.33	4, 3, 15.5, 7, 2, 6.5, 3, 0.5, 10, 0.8, 2.5, 5, 2.95,
TOTAL	70.13	45.03	7.08	62.75

Sección III. Datos Sobre Aspectos Varios Referentes a los Agricultores de Arroz, Frijol y Sorgo en El Salvador Obtenidos del Tiraje de Encuestas.

Cuadro 4.23. Combustibles Utilizados, Acceso a Servicio Eléctrico, y Acceso Vehicular a las Zonas de Producción de Arroz, Frijol y Sorgo.

NUMERO DE RESPUESTAS POR REGION

AREA DE INTERES		REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV
PRINCIPAL COMBUSTIBLE	LEÑA	91	96	54	68
	GAS PROPANO	34	92	25	49
	KEROSENE	2	0	2	3
	CARBON	0	3	0	12
	OTROS	0	6	0	0
ACCESO A ELECTRICIDAD	SI	57	90	52	60
	NO	37	14	11	26
ACCESO VEHICULAR	SI	75	80	1	63
	NO	19	24	22	23

4.1 Análisis de Datos Obtenidos por la Encuesta para los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo en El Salvador.

Sección I. Aspectos Generales

a. Topografía de las Zonas de Producción de Arroz, Frijol y Sorgo.

Como se presenta en el cuadro 4.24 y en la figura 4.1, en las regiones I y II de la muestra, el mayor porcentaje en el tipo de topografía corresponden al terreno accidentado; mientras que para las regiones III y IV se observa que se encuentran igualmente repartidos los terrenos accidentados y planos.

Analizando los resultados a nivel de toda la muestra tomada, se observa que de los terrenos cultivados en El Salvador con arroz, frijol y sorgo; un porcentaje mayoritario (58.3%) presentan topografía accidentada, mientras un 41,7% presentan topografía plana.

Cuadro 4.24. Porcentaje del tipo de Topografía en las Zonas de Producción de Arroz, Frijol y Sorgo por Región.

TOPOGRAFIA	%RI	%RII	%RIII	%RIV
ACCIDENTADO	61.7	67.3	49.18	50.0
PLANO	38.3	32.7	50.82	50.0

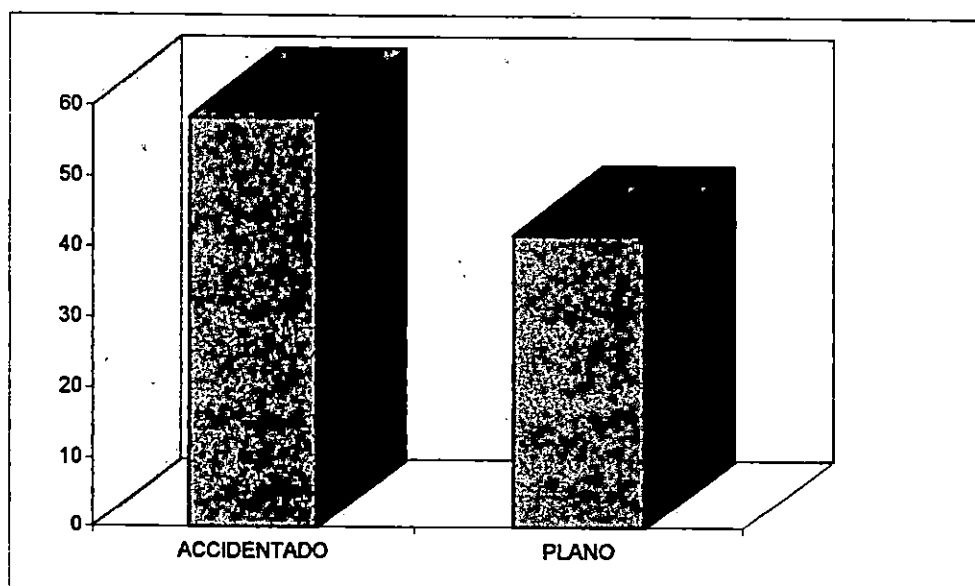


Figura 4.1. Porcentaje del tipo de Topografía en las Zonas de Producción de Arroz, Frijol y Sorgo en toda la Muestra.

La figura 4.2 presenta el tipo de topografía presente para cada uno de los cultivos en cuestión; en donde se observa que para los tres diferentes cultivos, la topografía que predomina es la accidentada, con porcentajes de 55.56% para el arroz, 59.67% para el frijol y un 56.7% para el sorgo;

mientras que para el terreno plano, se tienen porcentajes de 44.44% para el arroz, 40.33% para el frijol y 43.3% para el sorgo.

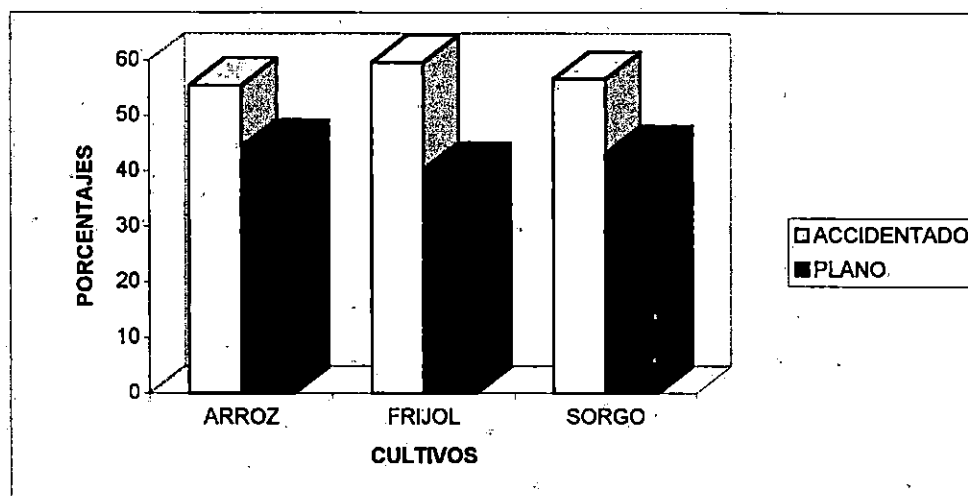


Figura 4.2 Topografía de los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo a Nivel de la Muestra.

b. Variedades Cultivadas de Arroz, Frijol y Sorgo.

El cuadro 4.25 presenta los diferentes porcentajes de arroz, frijol y sorgo cultivados por los agricultores encuestados; donde se observa que el arroz se cultiva en mayor porcentaje en la Región III (43.9%), y en menor cantidad en la región I (10.97%); para el cultivo del frijol se observa que en las regiones donde hay mayor cultivo de este es en la Región II (34.87), aunque también en la región I (32.24%) se ve un porcentaje considerable de este; mientras que para el sorgo, la región que indica mayor porcentaje de su cultivo es la región IV (38.9%) y menor en la región III (11.63%).

Cuadro 4.25. Porcentaje de la cantidad de Agricultores que Producen Arroz, Frijol y Sorgo por Región.

REGION	% ARROZ	% FRIJOL	% SORGO
RI	10.97	32.24	31.39
RII	26.83	34.87	18.02
RIII	43.90	17.10	11.63
RIV	18.30	15.79	38.96

Algunos de estos cultivos se presentan de manera combinada, donde el agricultor utiliza al máximo la capacidad productiva del terreno; la figura 4.3 presenta la frecuencia con que los agricultores combinan sus terrenos con dos o tres de estos granos. De acuerdo con esta figura, la práctica más generalizada es la de utilizar el terreno para uno solo de estos cultivos, con un 83.91%, mientras que la combinación de dos de estos ocupa un 14.37% y quienes siembran los tres, representa solamente el 1.72%, y a estos corresponden agricultores con grandes extensiones de terreno.

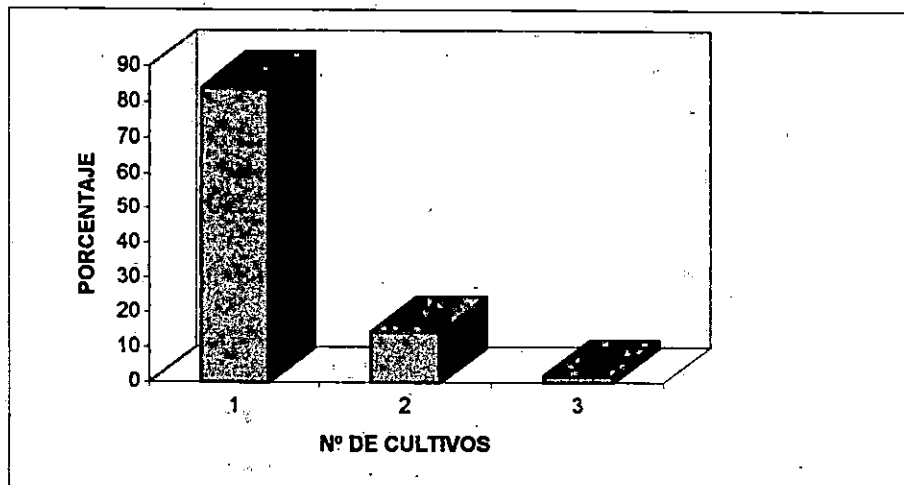


Figura. 4.3. Porcentaje del Numero de Cultivos que los Agricultores Siembran en la Muestra.

Los porcentajes de las posibles combinaciones de dos cultivos se presentan en la figura 4.4, que muestra la combinación frijol-sorgo con un 62.27%, la combinación arroz-frijol con 31.37%, y finalmente la combinación de arroz-sorgo que representa un 6.36%.

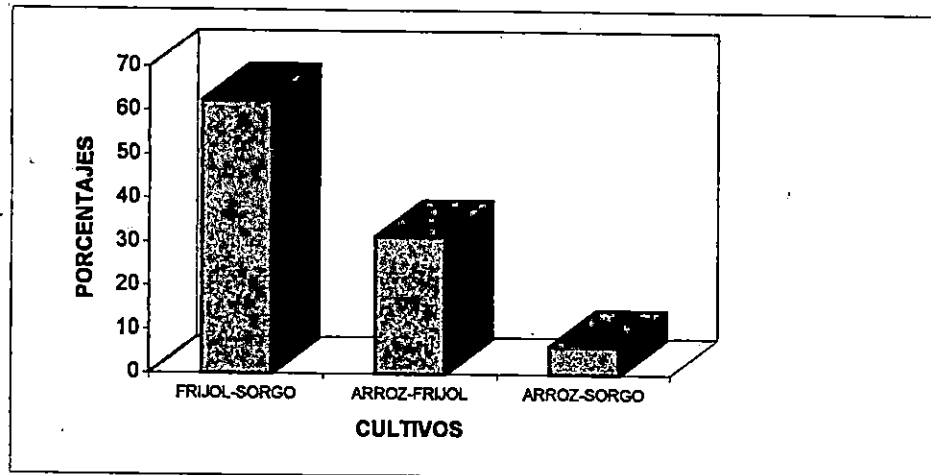


Figura 4.4. Combinaciones de Cultivos utilizadas por los Agricultores en la Muestra.

b.1 Variedades de Arroz

De acuerdo a la muestra analizada, existen tres variedades del cultivo de arroz que se producen en El Salvador, como lo son la variedad mejorada, americana y segregada; de estas la más cultivada como lo muestra el cuadro 4.26 es la variedad mejorada, mientras que las dos variedades restantes americana y segregada se cultivan únicamente en las regiones II y III respectivamente.

La variedad de arroz mejorada, como se observa en la figura 4.5, representa el 97.5%, mientras que las dos restantes representan 1.25% cada una en las encuestas realizadas.

Cuadro 4.26. Porcentaje de las Principales Variedades cultivadas de Arroz por Región en El Salvador.

VARIETADES	%RI	%RII	%RIII	%RIV
V. MEJORADA	100	95.45	97.22	100
AMERICANA	0	4.55	0	0
SEGREGADA	0	0	2.78	0

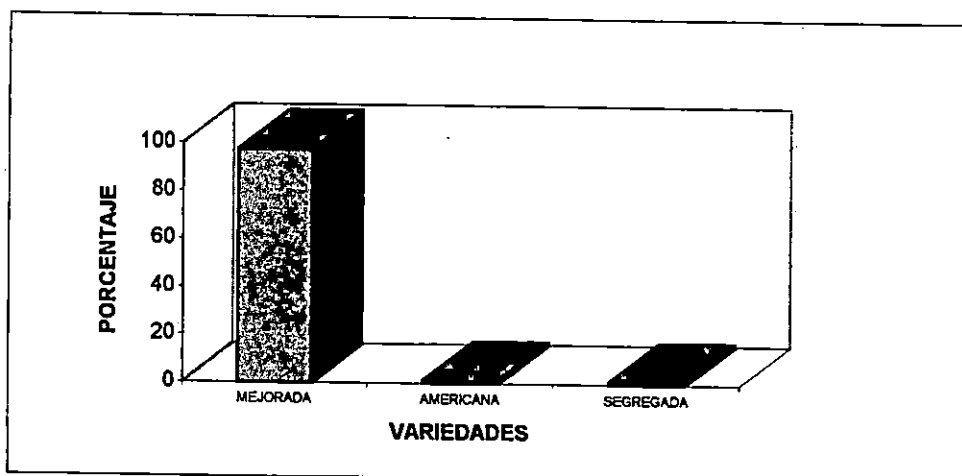


Figura 4.5 Porcentajes de las Principales Variedades de Arroz en toda la Muestra.

b.2 Variedades de Frijol

Los resultados de la muestra analizada para el cultivo de frijol indican que dos grandes variedades producidas en El Salvador, como lo son el rojo que de acuerdo al cuadro 4.27 es el que se cultiva en las cuatro regiones de El Salvador; mientras que la variedad negra solamente se encontró en las regiones I y IV.

En toda la muestra el frijol rojo aventaja en un alto porcentaje al frijol negro; ya que el primero representa el 95.4% de la producción nacional, mientras que el negro apenas alcanza el 0.6% de esta producción (Figura 4.6).

Cuadro 4.27. Porcentaje de las Principales Variedades Cultivadas De Frijol por Región en la Muestra

VARIETADES	%RI	%RII	%RIII	%RIV
ROJO	87.76	100	100	95.83
NEGRO	12.24	0	0	4.17

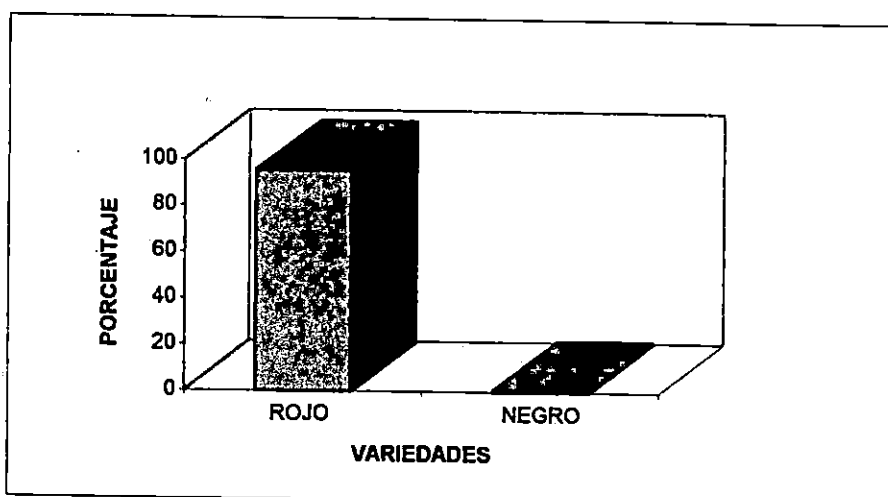


Figura. 4.6. Porcentaje de las Principales Variedades cultivadas De Frijol en toda la Muestra.

b.3 Variedades de Sorgo

El cuadro 4.28 presenta que en lo relacionado al sorgo, de las dos variedades cultivadas en El Salvador, la variedad más cultivada es en todas las regiones muestreadas es la nacional o criolla, que todas las regiones ha obtenido el mayor porcentaje, quedando en segundo lugar la variedad de sorgo híbrida; esto se confirma en la Figura 4.7 en donde se observa que a la variedad nacional le corresponde un 78.5% de las encuestas realizadas en toda la muestra, y a la híbrida un 21.5%.

Cuadro 4.28. Porcentaje de las Principales Variedades cultivadas De Sorgo por Región.

VARIETADES	%RI	%RII	%RIII	%RIV
NACIONAL	90.74	74.19	90.0	67.16
HIBRIDO	9.26	25.81	10.0	32.84

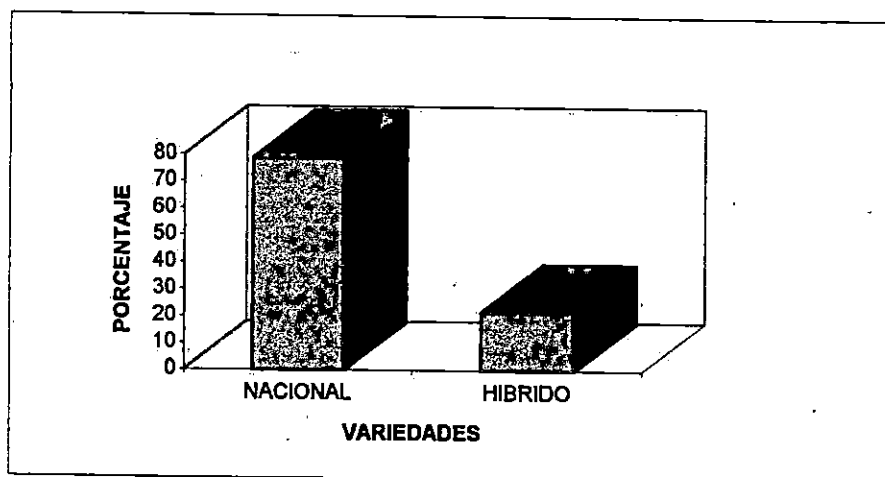


Figura 4.7. Porcentaje de las Principales Variedades cultivadas de Sorgo en toda la Muestra

c) Número de Cosechas por Año para los cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo.

Los datos de las encuestas reflejan que de las cosechas realizadas en el arroz (Fig. 4.8), los agricultores que hacen una cosecha representan el 98.8% y los que realizan dos cosechas el 1.2%; para el cultivo del frijol (Fig. 4.9), el 64.3% corresponden a una cosecha y el 35.7% a dos cosechas; y, finalmente para el sorgo (Fig. 4.10) una cosecha es realizada por el 97.1% de los agricultores encuestados y dos cosechas por el 2.9%. Como puede observarse, para los tres diferentes cultivos, los porcentajes más altos corresponden a una cosecha.

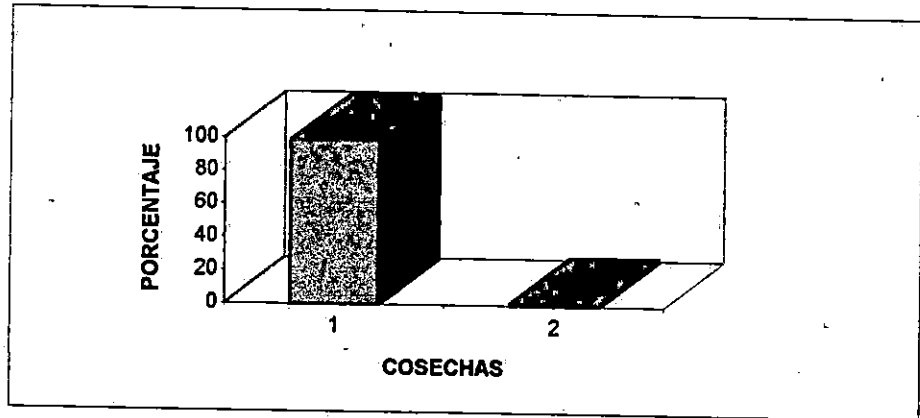


Figura. 4.8. Porcentaje de cosechas en toda la Muestra de Arroz

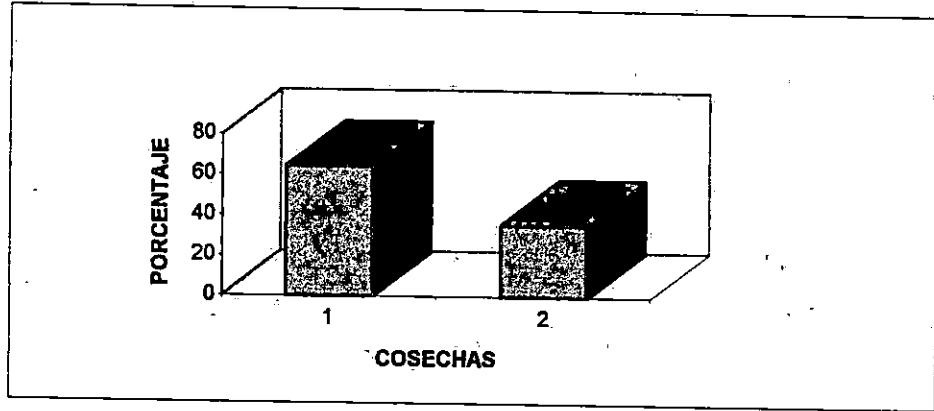


Figura 4.9. Porcentaje de cosechas en toda la Muestra de Frijol

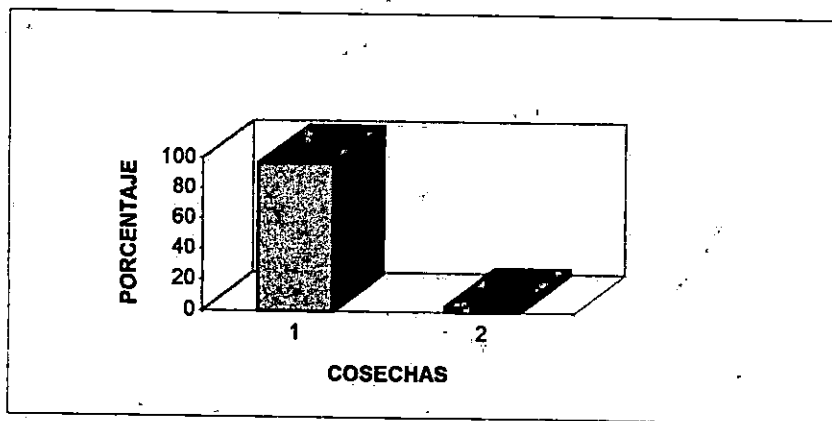


Figura 4.10. Porcentaje de cosechas de Sorgo en toda la Muestra.

d) Época de Recolección para los cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo.

d.1 Época de Recolección de Arroz

El cuadro 4.29 y la figura 4.11, muestran el período de recolección en las cosechas del cultivo del arroz en la muestra, donde se observa que para la región I se recolecta en octubre y noviembre con porcentajes de 44.44% para cada uno de esos meses y un 11.11% para el mes de mayo; para la región II, el mayor porcentaje corresponde al mes de octubre con un 8.18% y el menor de 13.64% a mayo; mientras que en la región III la mayor recolección se da en noviembre con un 75% y la menor en el mes de mayo con 5.56%; y finalmente en la región IV sólo se recolecta en los meses de octubre y noviembre con porcentajes de 73.3% y 26.67% respectivamente.

Cuadro 4.29. Porcentaje de Época de Recolección del Cultivo de Arroz por Región.

VARIETADES	% RI	% RII	% RIII	% RIV
MAYO	11.11	13.64	5.56	0
OCTUBRE	44.44	68.18	19.4	73.33
NOVIEMBRE	44.44	18.18	75	26.67

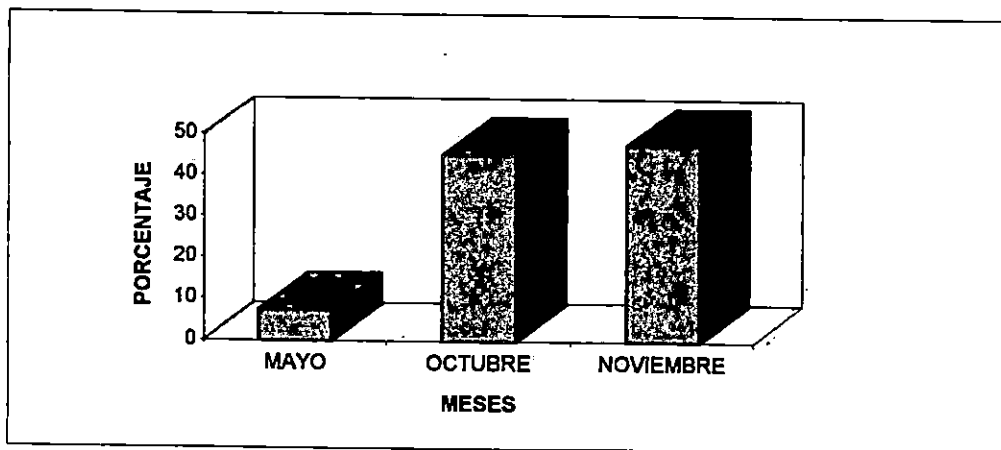


Figura 4.11. Porcentaje de Época de Recolección del Cultivo de Arroz en toda la Muestra.

En toda la muestra (Fig. 4.11) se observa que en el mes de mayo ocurre la menor recolección con 7.3%, en cambio para los meses de octubre y noviembre se obtienen porcentajes de 45.1% y 47.6% respectivamente.

d.2 Época de Recolección del Frijol

Con respecto a la época de recolección del cultivo del frijol por región (cuadro 4.30), se observan tres épocas de recolección, de entre las cuales la que presenta mayores porcentajes (52.0, 69.82, 60.0 y 57.14%) corresponden al mes de octubre y el menor al mes de mayo. Este comportamiento se confirma en la figura 4.12, donde el porcentaje de 60% corresponde al mes de octubre, el de 36.2% a la época de julio-agosto y un 3.8% para el mes de mayo.

Cuadro 4.30. Porcentaje de Época de Recolección del Cultivo de Frijol por Región.

VARIETADES	% RI	% RII	% RIII	% RIV
MARZO	0	1.88	10.0	4.76
JUL-AG	48.0	28.30	30.0	38.10
OCTUBRE	52.0	69.82	60.0	57.14

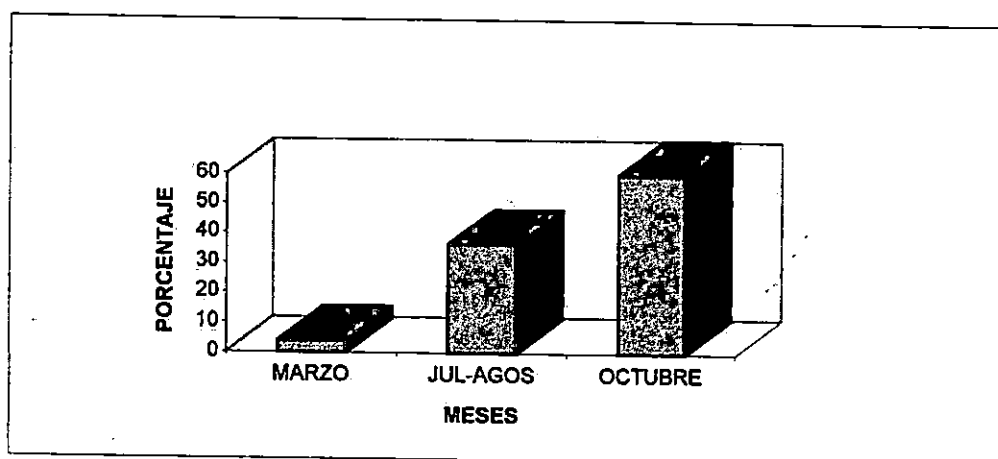


Figura 4.12. Porcentaje de Época de Recolección del Cultivo de Frijol

d.3 Época de Recolección del Sorgo

Para el cultivo de sorgo las épocas de recolección corresponden a los meses de enero y diciembre, y de acuerdo a los resultados obtenidos en las encuestas por regiones, en las regiones I, II, y IV los mayores porcentajes corresponden al mes de enero, 74.54%, 60.0%, 53.73% respectivamente, (Cuadro 4.31); mientras que para la región III el mayor porcentaje es para el mes de diciembre (57.14%).

En toda la muestra se observa en la Fig. 4.13 que un 59.8% de los agricultores encuestados recolectan el sorgo en el mes de enero y un 40.2% en el mes de diciembre.

Cuadro 4.31. Porcentaje de Época de Recolección del Cultivo de Sorgo por Región.

VARIETADES	% RI	% RII	% RIII	% RIV
ENERO	74.54	60.0	42.86	53.73
DICIEMBRE	25.46	40.0	57.14	46.27

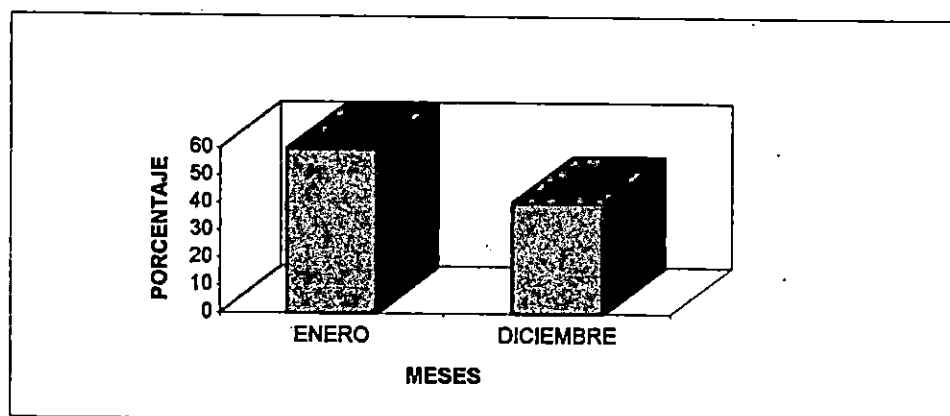


Figura 4.13. Porcentaje de Época de Recolección del Cultivo de Sorgo en toda la Muestra.

De acuerdo a esta información, puede apreciarse que para dos de los cultivos (arroz y frijol) existe una época en donde se realizan su mayor recolección, que corresponde al mes de octubre. En general puede decirse que la recolección mayoritaria de estos cultivos se da entre los meses de octubre a enero, en donde para el arroz, frijol y sorgo, presentan los mayores porcentajes de recolección. (Figuras 4.11, 4.12, 4.13)

e) Area Cultivada de Arroz, Frijol y Sorgo.

e.1 Area del Arroz .

La mayoría de agricultores siembran arroz (Fig. 4.14) en cantidades menores a las 5 manzanas (91.6%). Los demás agricultores que siembran más de 5 manzanas constituyen un pequeño porcentaje: de 5 a 10 manzanas un 8.4%; de 10-15 mz. un 1.3%; de 15-20 mz, 0.7% y más de 20 mz, 2.2%.

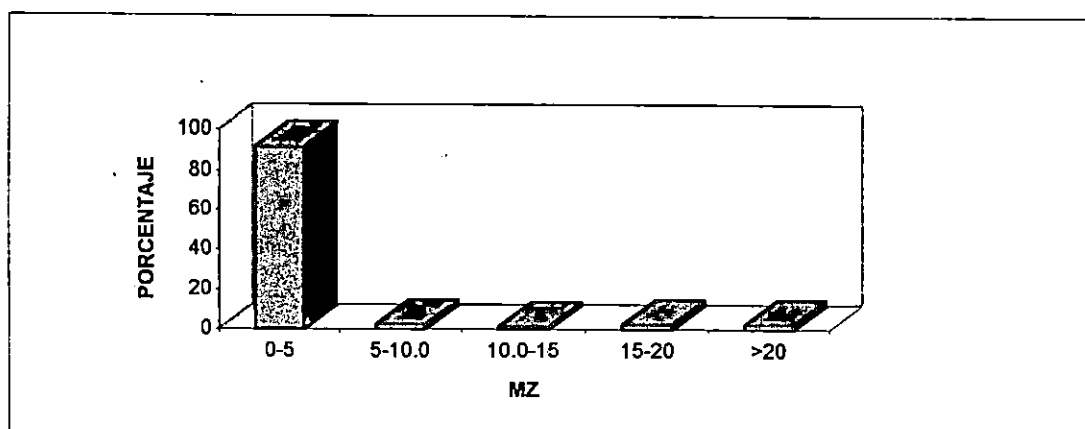


Figura 4.14. Porcentaje del Area de Cultivo del Arroz en toda la Muestra.

e.2 Area del Frijol.

La figura 4.15 indica que la mayor parte de agricultores que siembran frijol lo hacen en cantidades menores a las 5 manzanas (85.8%). De 5-10 manzanas siembra un 8.4%; ; de 10-15 mz, el 1.3% de 15-20 mz, 0.7% y más de 20 mz, el 2.2% de los agricultores.

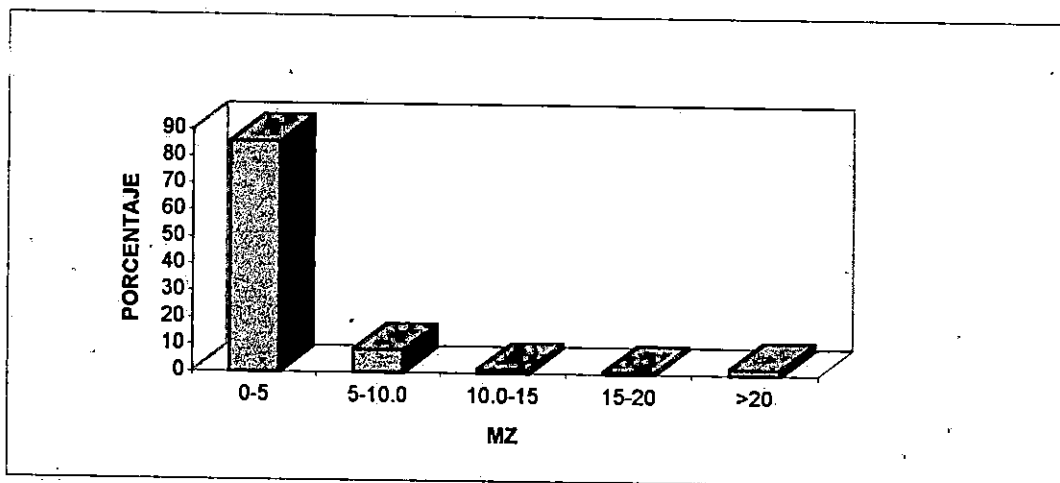


Figura. 4.15. Porcentaje del Area de Cultivo del Frijol en toda la Muestra.

e.3 Area del Sorgo.

La mayoría de agricultores en El Salvador, de acuerdo a la figura. 4.16 que siembran sorgo, cultivan menos de 5 manzanas (89.7%). Los que cultivan de 5-10 mz son un 6.9%; de 10-15, 1.1% de 15 - 20 mz, 1.2%, y en cantidades mayores a las 20 mz, un 1.1%

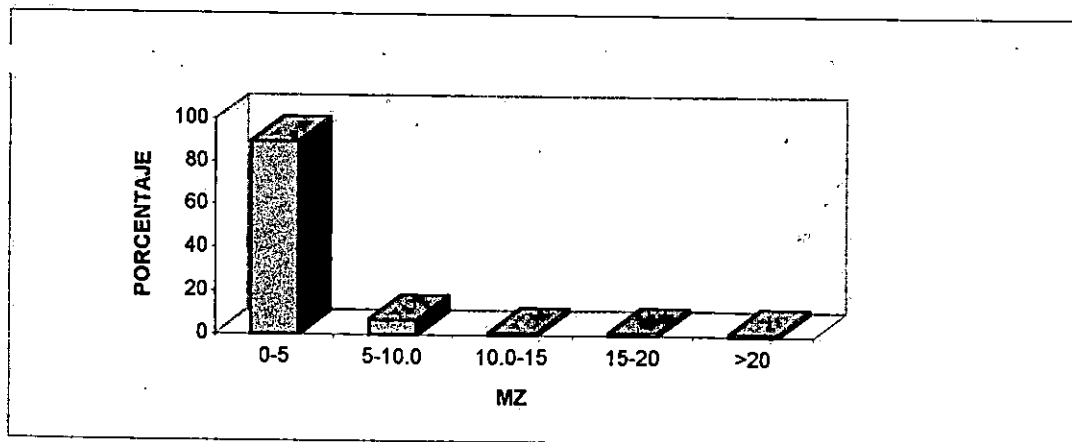


Figura 4.16. Porcentaje del Area de Cultivo del Sorgo

Sección II. Aspectos Referentes a los Residuos de Arroz, Frijol y Sorgo.

a) Rangos de Generación de Residuos de Arroz, Frijol y Sorgo.

El gráfico 4.17 presenta que la mayoría de los agricultores encuestados (84.1%), para el cultivo de arroz, generan cantidades de residuos entre 0-10 toneladas ;seguida de cantidades de residuos entre 10-20 con un 4.7%, de 20-30 toneladas y de 30-40 ton con porcentajes de 2.5% para cada uno, y finalmente las cantidades mayores a 40 ton con un 1.2% de los agricultores encuestados; lo que confirma nuevamente que la mayor parte de personas que cultivan arroz son pequeños agricultores.

Estos porcentajes corresponden a la región de mayor producción de este cultivo , como se presentó en el cuadro 4.25, donde aparece la región III con mayor porcentaje de producción de este cultivo.

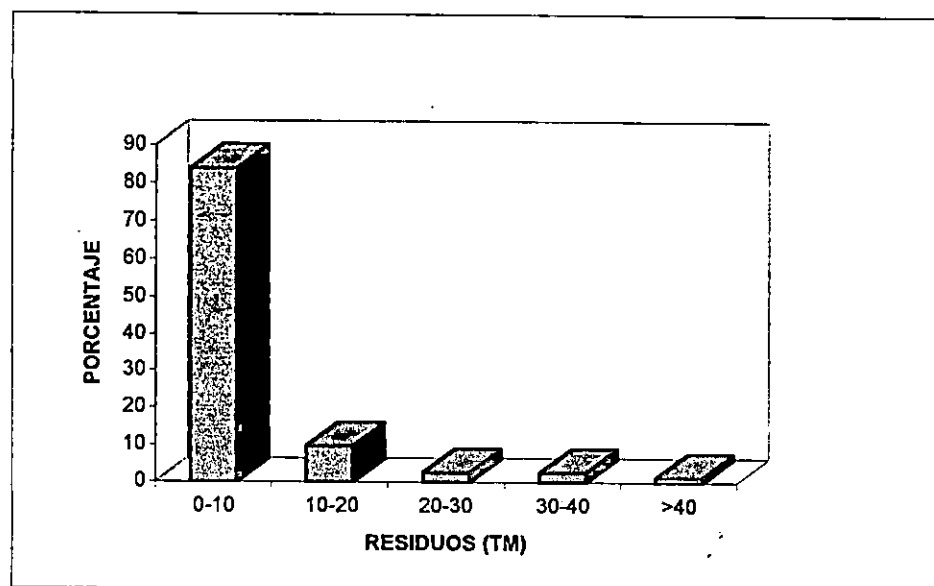


Figura 4.17. Porcentaje de Agricultores Encuestados Según Rangos de Generación de Residuos del Cultivo del Arroz. (Datos Cuadro 4.15)

Las cantidades producidas de residuos de cultivo de frijol (Fig. 4.18) se clasificaron en rangos de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, y 20-25 Ton, las que les corresponden a porcentajes de 87.4, 79.0, 2.6, 1.3 y 0.8% de los agricultores encuestados respectivamente.

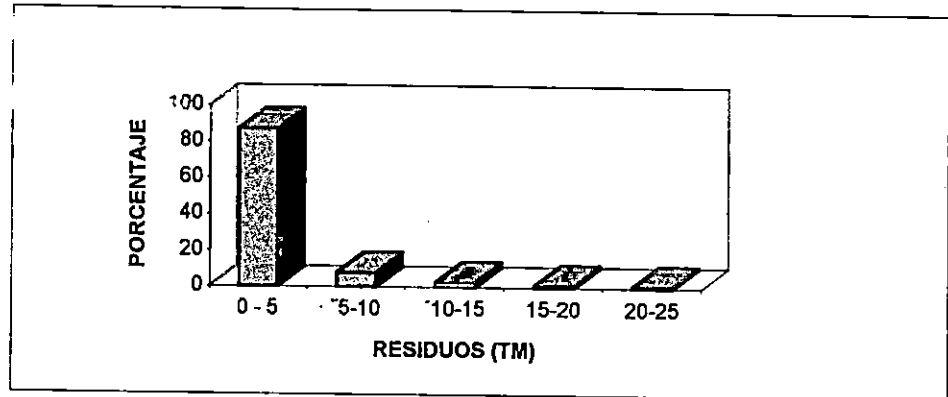


Figura 4.18. Porcentaje de Agricultores Encuestados Según Rangos de Generación de Residuos del Cultivo de Frijol. (Datos Cuadro 4.16)

En cuanto a las cantidades producidas de los residuos de cultivo de sorgo (Fig. 4.19); estas se clasificaron en rangos de 0-15, 15-30, 30-45, 45-60, y mayores a 60 ton, las que les corresponden porcentajes de 68.2, 18.5, 8.1, 4.0, y 1.2 % de los agricultores encuestados respectivamente.

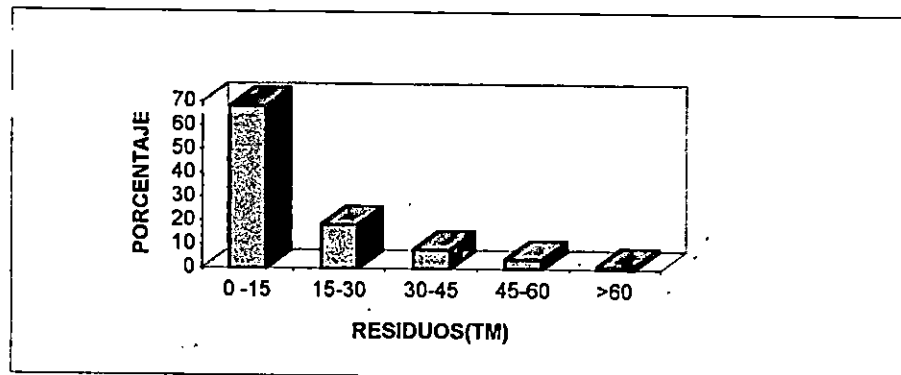


Figura 4.19. Porcentaje de Agricultores Encuestados Según Rangos de Generación de Residuos del Cultivo de Sorgo. (Datos Cuadro 4.17)

Es importante mencionar que para los tres cultivos (arroz, frijol y sorgo), la cantidad de residuos que predominan, es la que va de 0 a 15 TM, lo que se debe a la mayoría de los agricultores encuestados, poseían pequeñas propiedades, por lo que la cantidad de residuos que genera son también pocas.

b) Usos conocidos de los Residuos.

Los diferentes usos para los residuos de arroz, frijol y sorgo conocidos por los agricultores se presentan en la figura 4.20 y por el porcentaje que presentan son ,como alimento para ganado un 51.2%, fertilizante 36.9%, combustible 7.9%, domésticos 1.96%, como barrera 1.7%; y para mantener la humedad del suelo el menor porcentaje con 0.34%.

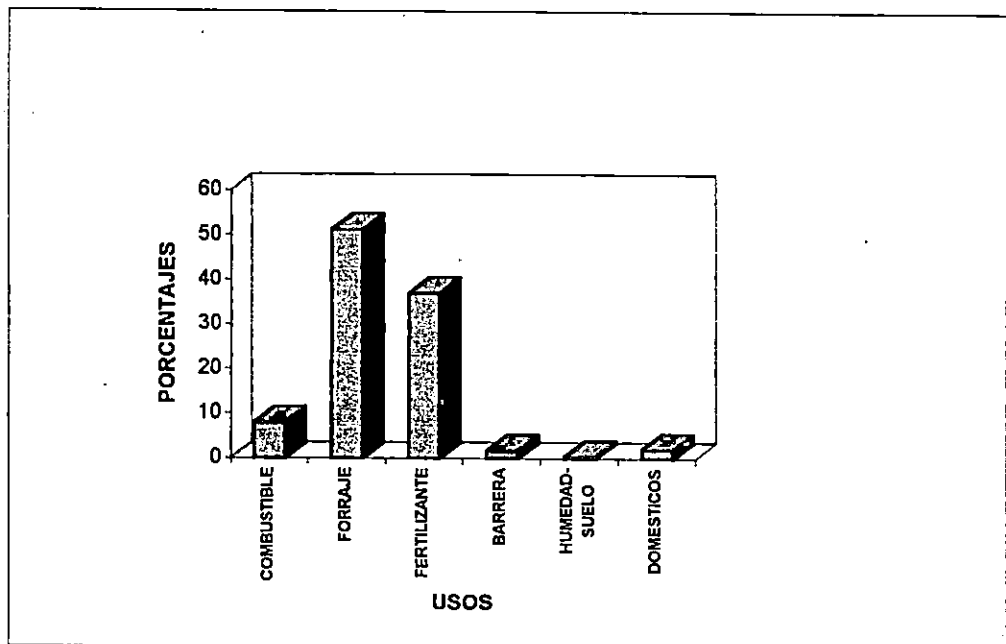


Figura 4.20. Porcentaje de los Usos Conocidos para los Residuos de Arroz, Frijol y Sorgo en toda la Muestra. (Datos Cuadro 4.18)

c) Usos Actuales de los Residuos de Arroz, Frijol y Sorgo.

c.1 Usos Actuales de Residuos de Arroz.

En cuanto a los usos actuales para los residuos de arroz, en tres de las cuatro regiones encuestadas se tiene que la mayor parte de los agricultores los destinan para uso en alimento para ganado, cuyos porcentajes varían entre 81.81% y 55.56%; mientras que para la región I en su mayoría (81.02%), los agricultores no le dan ningún uso (Cuadro 4.32).

Cuadro 4.32. Porcentaje de Agricultores Encuestados Según el Uso Actual que le Dan a los Residuos de Arroz.

USOS	% RI	% RII	% RIII	% RIV
FORRAJE	14.28	81.81	70.83	55.56
FERTILIZANTE	4.7	9.1	29.17	44.44
ADOBE	0	9.09	0	0
NINGUNO	81.02	0	0	0

En toda la muestra (Fig. 4.21) los porcentajes del uso que los agricultores le dan a los residuos se presentan de la siguiente manera: forraje, 57.1%; fertilizante, 21.4%; adobe, 1.2%; y ningún uso 20.3%; en donde se observa que el uso más generalizado es el de alimento para ganado; y que existe un porcentaje considerable que no le da ningún uso a estos residuos.

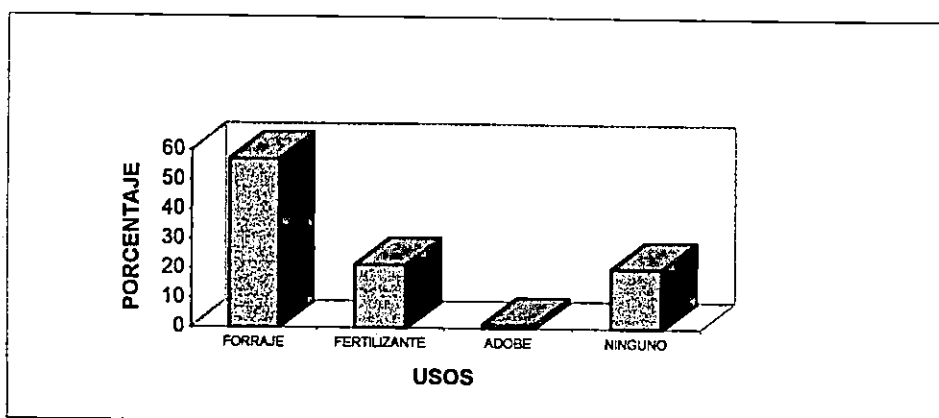


Figura 4.21 Porcentaje del Uso Actual que los Agricultores Encuestados le dan a los Residuos de Arroz en Toda la Muestra. (Datos Cuadro 4.19)

c.2 Usos Actuales de Residuos de Frijol

Para los usos actuales de los residuos de frijol (Cuadro 4.33 y Fig. 4.22), los usos más generalizados en la región. I y II le corresponde a su uso como fertilizante, con porcentajes de agricultores encuestados de 46.29 y 62.50% respectivamente; mientras que para las regiones III y IV el uso más general es el del forraje con 52.17% y 64.70%.

Cuadro 4.33. Porcentaje de Agricultores Encuestados Según el Uso Actual de los Residuos de Frijol por Región.

USOS	% RI	% RII	% RIII	% RIV
FORRAJE	37.04	35.0	52.17	64.70
FERTILIZANTE	46.29	62.50	47.83	35.3
NINGUNO	16.67	2.50	0	0

En toda la muestra para los usos de residuos de frijol, el 50% de los encuestados corresponde a su uso como fertilizante, y el forraje se encuentra en un segundo lugar con un 42.5%, mientras que los agricultores que no dan ningún uso son solamente el 7.5%.

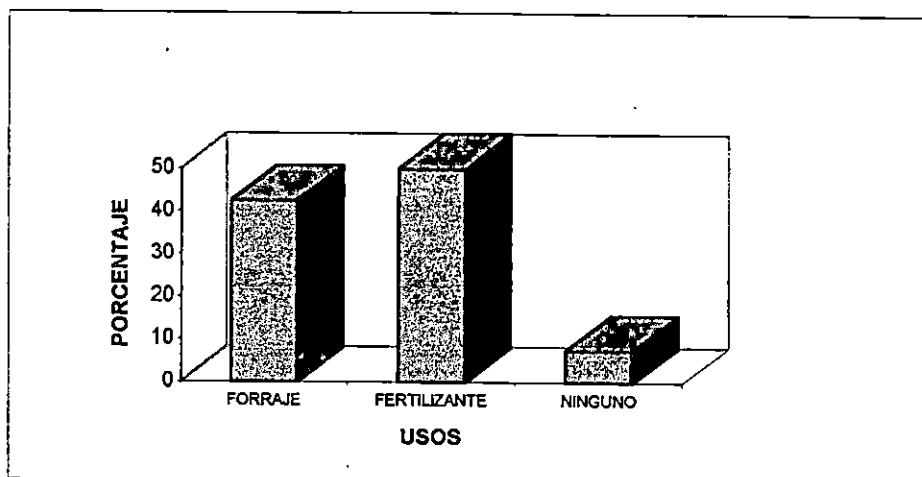


Figura 4.22 Porcentaje del Uso Actual que los Agricultores Encuestados le dan a los Residuos de Frijol en Toda la Muestra(Datos Cuadro 4.20).

c.3 Usos Actuales de Residuos de Sorgo

En las cuatro regiones encuestadas se tiene que la mayor parte de los agricultores encuestados destinan los residuos para uso de alimento para ganado (cuadro 4.34), las que van de 67.16, 92.85, 100 y 80.55% para las I, II, III y IV regiones respectivamente. Otro de los destinos que le dan es como abono, donde en las regiones I y IV se tienen porcentajes de 29.85% y 19.40% de agricultores que le dan ese uso. Esta información se confirma en la Fig. 4.23, donde se observa que de todos los usos para estos residuos, el que ocupa la primera posición en toda la muestra es como alimento para ganado, con un 79.5% de los agricultores, donde también presenta un considerable número de agricultores que lo usan como fertilizante (19.5%). Este es uno de los residuos con mayor aprovechamiento, pues solamente el 1% de los agricultores encuestados no dan ningún uso a este residuo.

Cuadro 4.34. Porcentaje de Agricultores Encuestados Según el Uso Actual que le dan a los Residuos de Sorgo por Región.

USOS	% RI	% RII	% RIII	% RIV
FORRAJE	67.16	92.85	100	80.55
FERTILIZANTE	29.85	7.15	0	19.40
NINGUNO	2.99	0	0	0

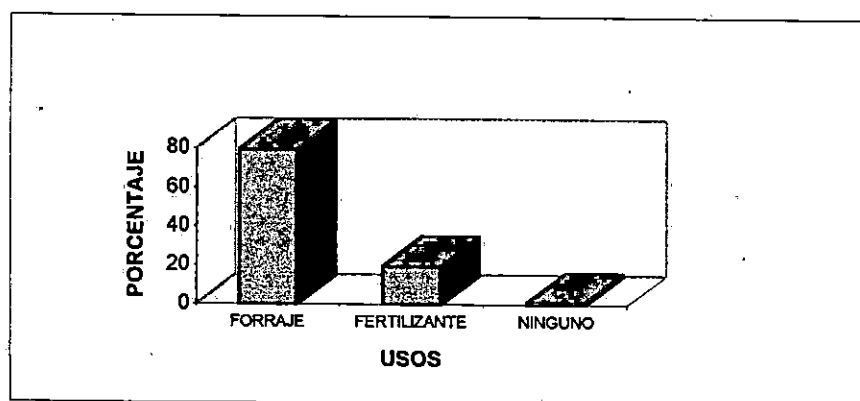


Figura 4.23 Porcentaje del Uso Actual que los Agricultores Encuestados le dan a los Residuos de Sorgo en Toda la Muestra (Datos de Cuadro 4.21).

Es importante hacer notar, de que a pesar que conocen diferentes usos para destinar los residuos, los agricultores encuestados; utilizan actualmente los usos más comunes, como lo es el forraje y el fertilizante,

d) Existencia de Residuos Sobrantes de los cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo.

El cuadro 4.35 presenta que la región III posee mayor cantidad de residuos sobrantes (65.08%), mientras que para las regiones I, II, y IV el porcentaje de agricultores son de 38.29%, 24.51% y 15.11%

respectivamente. La fig. 4.24 muestra que el 33.3% de los productores de arroz, frijol y sorgo encuestados tienen residuos sobrantes, mientras que los que utilizan estos residuos en su totalidad son 66.7%

Cuadro 4.35. Porcentaje de Agricultores con Existencia de Residuos Sobrantes por Región.

SOBRANTES	% RI	% RII	% RIII	% RIV
SI	38.29	24.51	65.08	15.11
NO	61.71	75.49	34.92	84.89

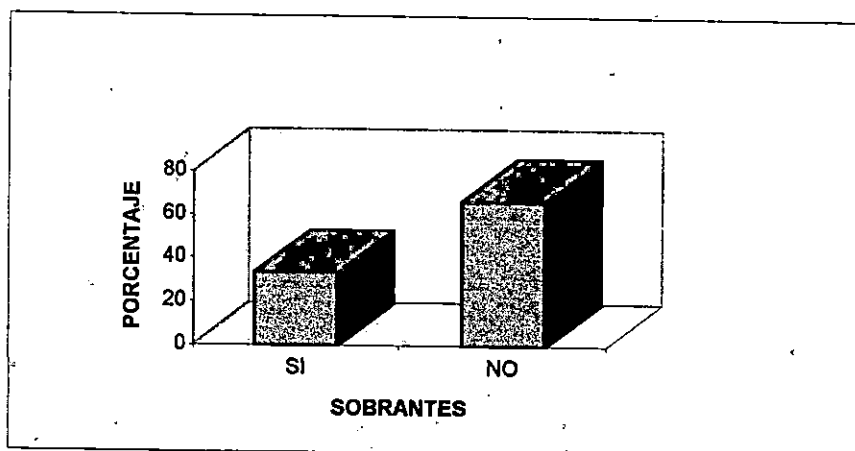


Figura 4.24. Porcentaje de Agricultores con Existencia de Residuos Sobrantes en Toda la Muestra.

En la figura 4.25, se presentan las cantidades de residuos generados y sobrantes en toda la muestra para cada uno de los cultivos en estudio ; teniendo para el cultivo del frijol la menor cantidad de residuos generados con 298.29 Ton, para el cultivo del arroz 213.1 Ton, mientras que el sorgo presenta la mayor cantidad de residuos generados con 2,152.05 Ton. Con respecto a los residuos sobrantes, se observa que el cultivo que presenta menor disponibilidad de estos es el frijol con 49.07 Ton, el sorgo con 184.99 Ton; y el arroz con 213.1 Ton es el cultivo que posee mayor cantidad de residuos sobrantes.

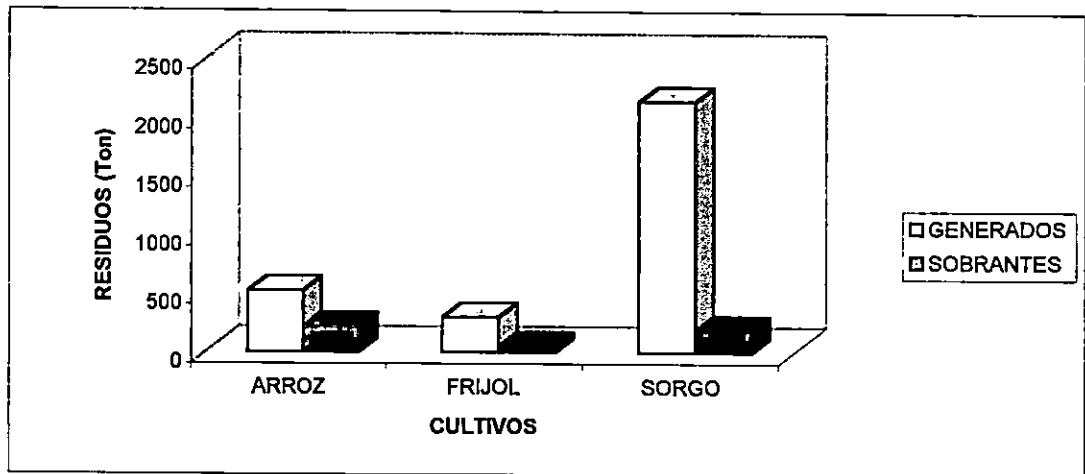


Figura 4.25. Cantidades de Residuos Generados y Sobrantes para los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo en Toda la Muestra.

e) Usos de Residuos Sobrantes de Arroz, Frijol y Sorgo.

En el cuadro 4.35 se puede observar que la región III ocupa el porcentaje más alto que regala los residuos con un 34% del total para esa región. También se puede observar que las únicas dos regiones en donde los agricultores venden los residuos son las regiones I y II con un 2.37% y un 18.75% del porcentaje total de agricultores para cada región respectiva.

Cuadro 4.36. Porcentaje de los Usos que los Agricultores Encuestados dan a los Sobrantes de Residuos de los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo por Región.

USOS	% RI	% RII	% RIII	% RIV
BOTA	66.65	71.05	48.0	62.5
QUEMA	16.70	23.68	18.0	12.5
REGALA	1.28	5.26	34.0	6.25
VENDE	2.37	0	0	18.75

En la figura 4.26 se observa que en toda la muestra el 61% de los agricultores prefiere botar los residuos a los que no se les da ningún uso;

el 18.5% prefiere quemarlos, el 17.8% los regala a otros agricultores para que los usen como forraje, o abono y un 2.7% los vende.

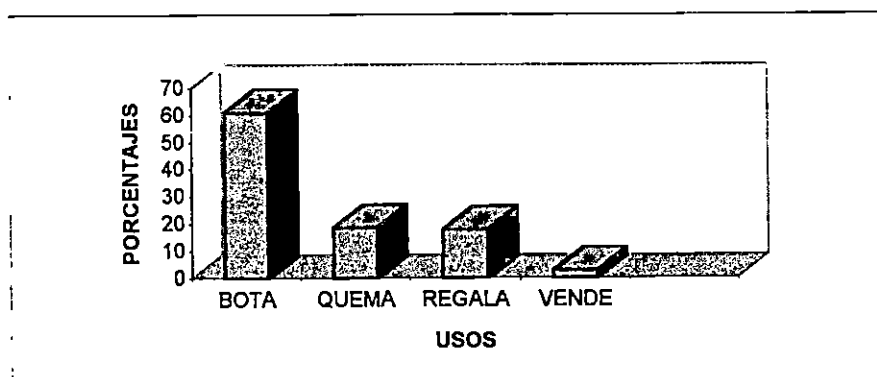


Figura 4.26. Porcentaje de los Usos que los Agricultores Encuestados Dan a los Sobrantes de los Residuos de los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo en Toda la Muestra.

f) Desventajas para los Agricultores al Destinar sus Residuos para Otros Fines.

En toda la muestra el utilizar los residuos con fines distintos que los actuales implica como principal desventaja para los agricultores, que sus costos en el alimento para ganado se les incrementaría, esto se puede observar en la figura 4.27 donde esta desventaja representa un 39.7%, la segunda desventaja con mayor porcentaje es la del incremento en el costo de fertilizante con un 21.1%, seguidamente de la pérdida de humedad en el suelo con un 19.7%; y las de leña al incrementar su costo y erosión que representan el 0.3% cada una. Es muy notable que el 18.9% de los agricultores en toda la muestra reportan que no tienen ninguna desventaja utilizándolos para otros fines.

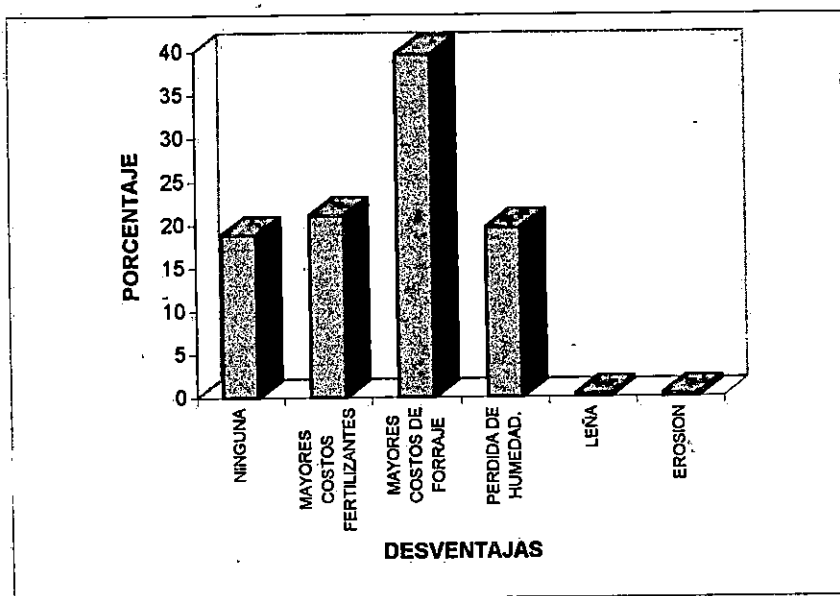


Figura 4.27. Porcentaje de las Desventajas para los Agricultores si usan los Residuos para Fines distintos a los Actuales en toda la Muestra.

En el cuadro 4.37, solamente la región III presenta la desventaja de mayores costos en leña con un 0.93% y solamente la región I presenta la desventaja de erosión con un 2.82% de los porcentaje de cada región.

Cuadro 4.37. Porcentaje de las Desventajas para los Agricultores si usan los Residuos para Fines Distintos a los Actuales por Región.

DESVENTAJAS	% RI	% RII	% RIII	% RIV
NINGUNA	14.79	26.4	23.4	6.72
MAYOR COSTOS FERTILIZACION	16.9	30.19	26.13	20.17
MAYOR COSTOS ALIMENTACION	33.8	32.07	28.82	60.5
PERDIDA DE HUMEDAD	31.69	11.32	20.72	12.6
MAYOR COSTO EN LEÑA	0	0	0.93	0
EROSION	2.82	0	0	0

g) Interés en Comercializar los Residuos de los cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo.

El cuadro 4.38 muestra que la región que posee agricultores con interés en comercializar sus residuos es la región III con un porcentaje de 76.67%; aunque las tres regiones restantes presentan porcentajes considerables con un 50% para la región IV, y porcentajes de 33.33% y 33.2% para las II y I regiones respectivamente. En la figura 4.28 se puede observar que más del 50% de los agricultores en toda la muestra sí están interesados en comercializar sus residuos, estos conforman el 65.6%.

Cuadro 4.38. Porcentaje de los Agricultores Interesados en Comercializar sus Residuos por cada Región.

INTERES	% RI	% RII	% RIII	% RIV
SI	33.2	33.33	76.67	50.0
NO	46.8	66.67	23.33	50.0

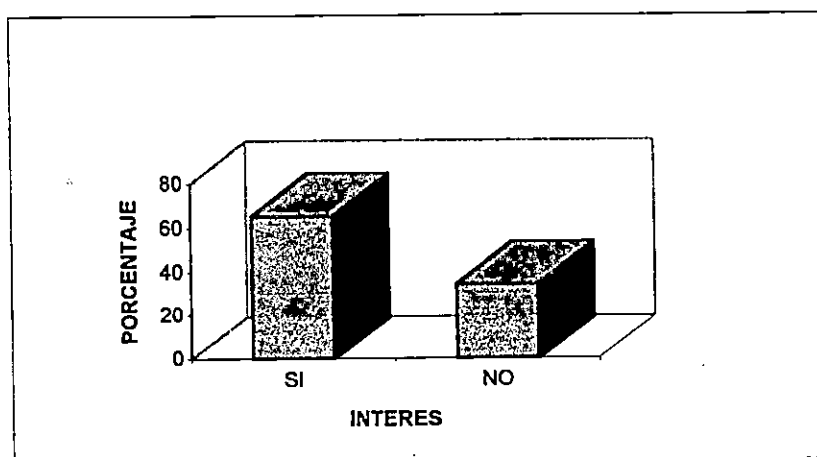


Figura 4.28. Porcentaje de los Agricultores Interesados en Comercializar sus Residuos en toda la Muestra.

Sección III. Aspectos Varios

a) Combustibles Utilizados por los Agricultores de Arroz, Frijol y Sorgo.

En la figura 4.29, se puede apreciar claramente que la leña sigue ocupando el primer lugar como combustible en las áreas rurales con un 55.8%, seguido del gas propano con un 37.2%, el carbón con un 2.8% y el kerosene con un 1.3%. También utilizan otros tipos de combustibles que ocupan un 2.9% del total utilizado en toda la muestra.

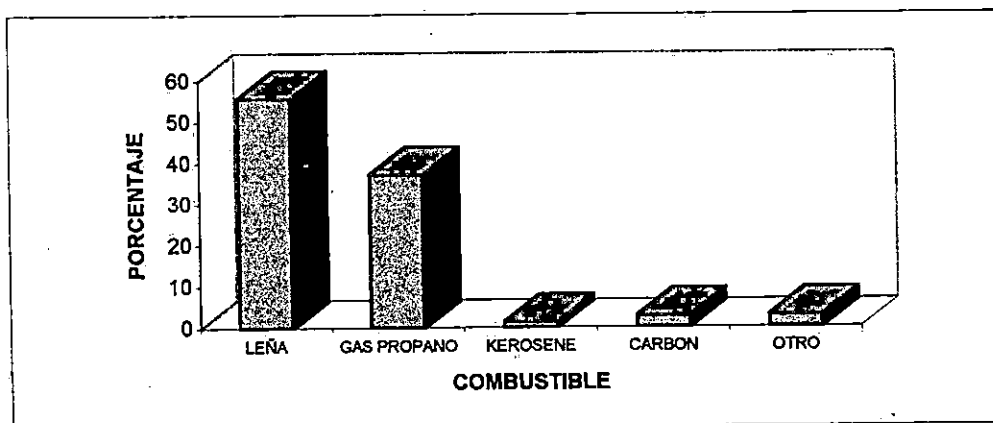


Figura 4.29. Porcentaje de Agricultores Encuestados Según los Principales Combustibles Utilizados en toda la Muestra.

b) Acceso a Servicio Eléctrico en las Zonas de Producción de Arroz, Frijol y Sorgo.

En la figura 4.30 se muestra que el 74.4% de la población total en las zonas de producción de arroz, frijol y sorgo cuentan con el servicio de energía eléctrica; mientras que el 25.6% no poseen dicho servicio.

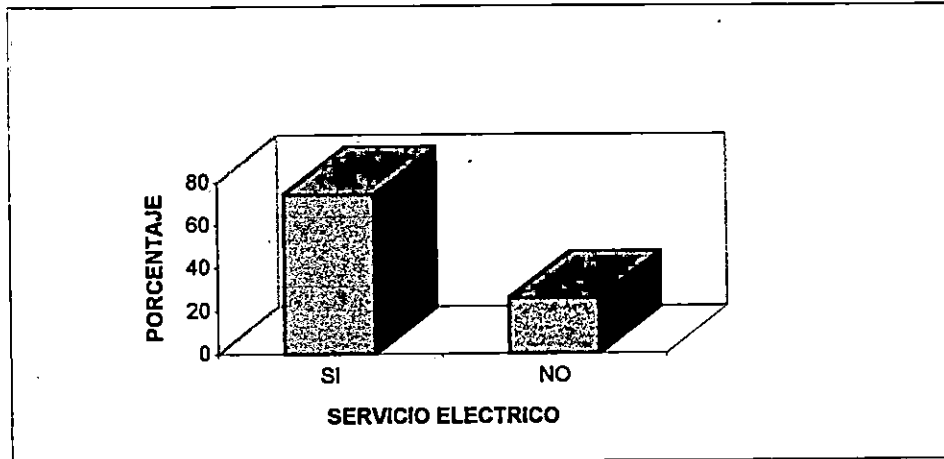


Figura 4.30. Porcentaje de las Zonas de Producción de Arroz, Frijol y Sorgo con Acceso al Servicio Eléctrico en la Muestra.

c) Acceso Vehicular en las Zonas de Producción de Arroz, Frijol y Sorgo.

La mayoría de las zonas de producción de arroz, frijol y sorgo (74.4%) en toda la muestra tienen acceso vehicular, siendo el 25.6% de las zonas de producción las que no cuentan con este acceso.

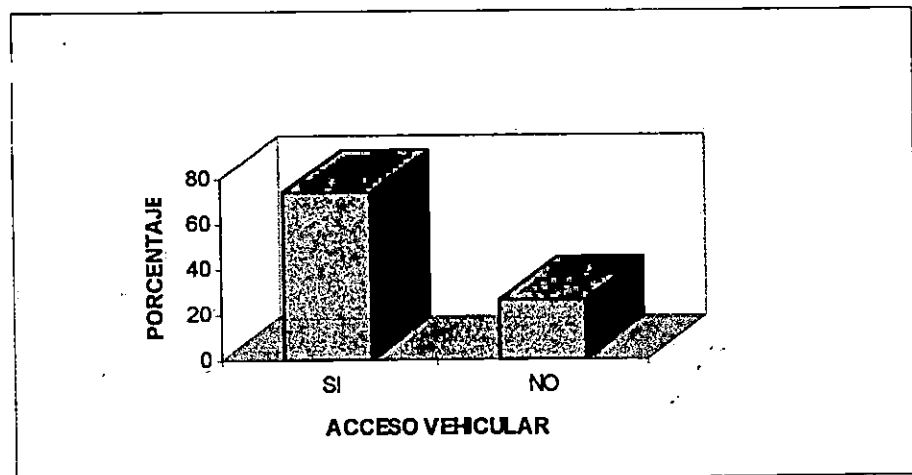


Figura 4.31. Porcentaje de las Zonas de Producción de Arroz, Frijol y Sorgo con Acceso Vehicular.

5.0 ANALISIS FISICOS, QUIMICOS Y FISICOQUIMICOS DE RESIDUOS DE LOS CULTIVOS DE ARROZ, FRIJOL Y SORGO.

Para llevar a cabo los análisis físicos, químicos y fisicoquímicos en los residuos de los cultivos de arroz, frijol y sorgo; con el fin de contar con información que permita estimar su potencial energético; fue necesario recolectar muestras representativas que aseguraran la confiabilidad de los resultados de los análisis; por lo que su recolección se realizó en puntos de mayor concentración de estos cultivos a nivel nacional; además de hacer un pretratamiento adecuado a las muestras para sus posteriores análisis.

Las pruebas físicas se realizaron en función de evaluar parámetros desconocidos de estos residuos que contribuirían posteriormente a la determinación de su disponibilidad y forma de almacenaje. La disponibilidad de estos residuos se puede conocer a través de los volúmenes de rastrojos generados, para lo cual se determinó las relaciones masa de residuos fresco y húmedo a rendimiento de producción del grano; mientras que para conocer características referentes a su almacenaje se realizaron pruebas de densificación en las que se evaluó la compresión máxima que puede hacerse a estos rastrojos.

Los análisis químicos se realizaron para conocer las características bromatológicas de los residuos; mientras que las pruebas fisicoquímicas se enfocaron específicamente a determinar el poder calorífico neto de los rastrojos.

5.1 Recolección de Muestras.

Uno de los parámetros más importantes en esta etapa es conocer el número de muestras a recolectar; y para conocerlo se determinó a partir de la población encuestada; que para este caso es el número de agricultores encuestados para cada cultivo; la ecuación 5.1 presenta los parámetros utilizados para evaluar el tamaño de muestra por este método.

$$n = \frac{z^2 \sigma^2 N}{(N-1)E^2 + z^2 \sigma^2} \quad (\text{ecuación 5.1})$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

z :variable de distribución acumulativa normal estándar

σ : desviación estándar

N : población total conocida

E : error

Para los tres cultivos (arroz, frijol y sorgo), la distribución acumulativa normal estándar (z) se leyó de una tabla de coeficientes de varianza para un 95% de confianza (anexo F, cuadro F.2), y su valor es de 1.96; mientras que los otros parámetros requeridos en la ecuación se determinaron específicamente para cada cultivo.

oficial de El Salvador , de asesoría por parte de técnicos del MAG; así como de resultados obtenidos en las encuestas.

a. Muestreo de Arroz

Al aplicar la ecuación 5.1 para el cultivo del arroz, se sabe a partir de los resultados proporcionados por las encuestas que la población total conocida (N) es de 82 agricultores, se aplicó un error(E) de 3 y la varianza (σ^2) correspondiente es de 21.235 (anexo F, cuadro F.3).

Al sustituir estos valores en la ecuación 9.1 se obtiene que para el arroz:

$$n = 8.25 \approx 9$$

De acuerdo al resultado anterior, en la recolección de muestras de rastrojos de cosecha de arroz, se visitaron 9 puntos representativos a nivel nacional, como se presentan en el cuadro 5.1:

Cuadro 5.1. Puntos de Muestreo para la Recolección de Rastrojos de Arroz en El Salvador.

Nº de muestra	Departamento	Municipio	Localidad
A1	Santa Ana	El Porvenir	San Cristóbal
A2	Ahuachapán	Ahuachapán	Los Magueyes
A3	La Libertad	Sacacoyo	Ateos
A4	Cuscatlan	Suchitoto	El Corozal
A5	Cabañas	Tejutepeque	San Francisco Chavarría
A6	San Vicente	Apastepeque	San Jacinto
A7	La Libertad	Ciudad Arce	La Joyita
A8	Usulután	San Dionisio	Puerto Parada
A9	La Paz	La Herradura	El Profiado

Al recolectar las muestras de este cultivo se tomaron las plantas en puntos diferentes de un arrozal de la zona, cortando la planta completa

desde la raíz; luego se procedió a pesarlas y a su identificación. Este procedimiento se hizo de igual forma para cada punto muestreado.

b. Muestreo de Frijol

Al aplicar la ecuación 5.1 para el caso del cultivo del frijol, se sabe a partir de los resultados proporcionados por las encuestas que la población total conocida (N) es de 155 agricultores, se aplicó un error (E) de 3 y la varianza (σ^2) correspondiente es de 23.236 (anexo F, cuadro F.4). Al sustituir estos valores en la ecuación 9.1 se obtiene que para el frijol se tiene que:

$$n = 9.38 \approx 10$$

Así, en la recolección de muestras de rastrojos de frijol, se visitaron 10 puntos representativos a nivel nacional, los que se muestran en el cuadro 5.2.

Cuadro 5.2. Puntos de Muestreo para la Recolección de Rastrojos de Frijol en El Salvador.

Nº de muestra	Departamento	Municipio	Localidad
F1	Santa Ana	El Refugio	El Rosario
F2	Sonsonate	Caluco	Agua Caliente
F3	La Libertad	Huizúcar	Tilapa
F4	San Salvador	Rosario de Mora	Palo Grande
F5	San Salvador	Santo Tomás	Chaltepe
F6	San Vicente	San Esteban Catarina	San Esteban
F7	San Vicente	Tecoluca	La Esperanza
F8	Morazán	Corinto	Corinto
F9	Usulután	Berlín	Berlín
F10	Cuscatlán	San Pedro Perulapán	El Rodeo

Al recolectar las muestras de este cultivo se tomaron grupos de plantas en puntos diferentes de un frijolar de la zona, cortando la planta completa

desde la raíz; luego se procedió a pesarlas y a su identificación. Este procedimiento se hizo de igual forma para cada punto muestreado.

c. Muestreo de Sorgo

Para el cultivo de sorgo, se sabe a partir de los resultados proporcionados por las encuestas que la población total conocida (N) es de 172 agricultores, se aplicó un error (E) de 4 y la varianza (σ^2) correspondiente es de 55.471 (anexo F, Cuadro F.5). Al sustituir estos valores en la ecuación 9.1 se obtiene que para el sorgo se tiene que:

$$n = 12.42 \approx 13$$

Por lo que en la recolección de rastrojos de sorgo, se visitaron 13 puntos a nivel nacional, los que se muestran en el cuadro 5.3.

Cuadro 5.3. Puntos de Muestreo para la Recolección de Rastrojos de Sorgo en El Salvador.

Nº de muestra	Departamento	Municipio	Localidad
S1	Cabañas	Sensuntepeque	Los Llanitos
S2	La Paz	Zacatecoluca	Piedra Grande
S3	Usulután	Jiquilisco	Los Limones
S4	Usulután	Usulután	El Cerrito
S5	San Miguel	Lolotique	El Palón
S6	Morazán	Lolotiquillo	Lolotiquillo
S7	Santa Ana	El Congo	La Cruz
S8	Sonsonate	Armenia	El Guajo
S9	Sonsonate	San Julian	Palo Verde
S10	San Salvador	El Paisnal	Las Ventanas
S11	Chalatenango	El Paraíso	Valle Nuevo
S12	Cuscatlán	Suchitoto	Aguacayo
S13	San Vicente	San Vicente	San Diego

Al recolectar las muestras de este cultivo se tomaron grupos de plantas en puntos diferentes de un cultivo de sorgo de la zona, cortando la planta completa desde la raíz; luego se procedió a pesarlas y a su identificación. Este procedimiento se hizo de igual forma para cada punto muestreado.

5.2 Preparación de Muestras para Análisis

Las muestras recolectadas en los cultivos de arroz, frijol y sorgo; recibieron el mismo manejo y tratamiento. Se les dió un período de almacenamiento en un espacio ventilado, seco y donde también recibían luz solar, para lograr por medio de esto disminuir su contenido de humedad y obtener con ello resultados confiables, ya que para la realización de los diferentes análisis, los rastrojos requieren una humedad menor del 20% (Berrios y Castro, 1997). Las muestras para los análisis, físicos, químicos y fisicoquímicos se prepararon, homogenizando todas las muestras recolectadas en los diferentes puntos a nivel nacional para cada cultivo por separado; posteriormente se procedió a un cuarteo del cual se obtuvieron 5 muestras finales, de las que se tomaron las cantidades necesarias para realizar las diferentes pruebas y análisis.

5.3 Análisis Físicos de Rastrojos de Arroz, Frijol y Sorgo.

Los análisis físicos desarrollados (Pruebas de Densificación y Razones peso), se realizaron con el objeto de conocer las cantidades masa de los residuos que se generan en promedio para los cultivos de arroz, frijol y sorgo; y para determinar que volumen de espacio ocupan los rastrojos en condiciones de almacenamiento; los cuales se detallan de la sección 5.3.1 a la 5.3.2 . Cada uno de los resultados de las prueba fue evaluado por el criterio Q (Miller, 1993) de rechazo o aceptación de datos; de la misma forma

para cada promedio se evaluó el intervalo de confianza respectivo(95% de confianza), utilizando el Método del Intervalo de Confianza para la Media de una Distribución Normal con Varianza Desconocida (Montgomery,1991) (Anexo F.3).

5.3.1 Cálculo de Razones Peso de Residuos.

Para el desarrollo de estos análisis, se utilizan dos tipos de básculas, (portabebé y granataria). El procedimiento se inicia pesando la planta completa en el lugar de recolección y toma de muestra. Posteriormente se pesan la raíz (arroz y sorgo) y el grano producido, luego las muestras se secan por un período de cuatro semanas, para determinar su peso seco. Finalmente se calculan las razones (peso de residuos peso de grano).

a) Razones Peso de los Residuos de Arroz.

Los resultados de esta prueba se presentan en el cuadro 5.4, en donde aparecen los valores medidos de peso inicial y final de los rastrojos de arroz (paja) y el peso de grano de arroz para cada muestra.

Cuadro 5.4. Resultados de la Evaluación Razón Peso de Paja de arroz por peso de grano de arroz.

N° de muestra	Peso de paja fresca (g)	Peso de paja seca (g) (7.57% de humedad)	Peso de Arroz (g)	Peso paja seca / peso de arroz
M1	1187.82	236.99	51.40	4.61
M2	745.25	164.07	54.60	3.00
M3	1182.40	302.44	129.36	2.34
M4	1328.98	420.67	188.44	2.23
M5	284.22	71.60	80.70	0.89
M6	979.15	382.90	352.68	1.09
M7	230.12	60.02	18.37	3.27
M8	240.20	98.95	58.66	1.55
M9	122.02	36.98	3.36	-

Promedio: 2.37 ± 1.04

El promedio global de razón peso de paja de arroz es 2.37 ± 1.04 , valor que se utiliza para determinar las cantidades de residuos de cultivo de arroz generados.

A partir de algunas de las muestras recolectadas se determina los porcentajes peso de las partes que componen la planta de arroz; la que se ha dividido en paja, granza, arroz, y raíz; valores que se presentan en el cuadro 5.5.

Cuadro 5.5. Porcentajes de la partes de la planta de Arroz

N° de muestra	% Paja	% Arroz	% Granza	% Raíz
M1	52.37	11.36	2.57	33.70
M2	46.30	15.41	2.23	36.06
M3	71.91	7.87	1.06	19.16
M7	85.44	6.82	1.35	6.39
M8	60.60	14.84	2.05	22.55
M9	78.26	2.15	0.29	19.30
promedios	65.81 ± 16.03	9.74 ± 5.36	1.59 ± 0.89	22.86 ± 11.4

Del cuadro 5.5 se observa que la mayor parte del peso de la planta del arroz, corresponde a su rastrojo, con el $65.81\% \pm 16.03$ para un nivel de confianza del 95%, que al compararlo con el valor del grano de arroz ($9.74\% \pm 5.36$), representa una diferencia considerable; confirmando los resultados presentados en el cuadro 5.4 donde por cada unidad peso de arroz se producen 2.37 unidades peso de paja de arroz.



b) Razones Peso de Residuos de Fríjol.

Los resultados para el caso del cultivo de fríjol, se reportan en el cuadro 5.6, donde el promedio global de la razón peso de rastrojo seco por peso del grano de fríjol es de 0.9430 ± 0.03 con un intervalo de confianza de 95%; obteniéndose por cada unidad peso de grano de fríjol producido 0.9430 unidades peso de rastrojo seco de fríjol.

Cuadro 5.6 Resultados de la Evaluación de las Razones Peso de Residuos de Fríjol por Peso de Grano de Fríjol.

N° de muestra	Peso de rastrojo fresco (g)	Peso de rastrojo seco (g) (3.45% de humedad)	Peso de fríjol (g)	Peso rastrojo seco / peso de fríjol
M1	602.40	138.50	133.60	1.0367
M2	618.28	213.20	286.70	0.7436
M3	1288.72	314.50	267.20	1.1770
M4	1410.85	317.20	244.30	1.2984
M5	484.67	208.80	307.20	0.6797
M6	648.28	270.00	370.10	0.7295
M7	1066.67	480.00	610.00	0.7869
M8	701.65	140.33	128.50	1.0920

Promedio: 0.943 ± 0.03

El Cuadro 5.7 presenta los resultados obtenidos para algunas de las muestras del cultivo de fríjol, a las que se les determinó el porcentaje peso de cada uno de sus componentes, donde el mayor porcentaje corresponde a los rastrojos (hojas, vainas y raíz); cuya sumatoria hace un valor de 57.83%.

Cuadro 5.7. Porcentajes de las Partes de la Planta de Frijol.

N° de muestra	% Vaina	% hojas y raíz	% Frijol
M1	21.50	50.90	27.6
M2	17.11	35.35	47.54
M3	15.23	45.83	38.94
M4	16.03	47.43	36.53
M5	17.42	33.42	49.16
M6	13.51	36.48	50.01
M7	15.5	37.21	47.29
M8	15.77	43.97	40.26
promedios	16.51 ± 1.96	41.32 ± 5.45	42.17 ± 6.49

c) Razones Peso de Residuos de Sorgo.

Para el cultivo del sorgo, el promedio global de razón peso de rastrojo de sorgo por peso del grano de sorgo corresponde a 0.91 ; este valor se obtiene del promedio de los valores de las muestras, como se muestra en el cuadro 5.8.

Cuadro 5.8. Resultados de la Evaluación Razón Peso de Rastrojo de Sorgo por Peso de Grano de Sorgo.

N° de muestra	Peso de rastrojo fresco (g)	Peso de rastrojo seco (g) (6.06% de humedad)	Peso de sorgo (g)	Peso rastrojo seco / peso de sorgo
M1	700.98	460.20	430.80	1.07
M2	904.97	460.80	452.50	1.02
M3	395.79	175.31	170.10	1.03
M4	594.24	260.80	170.10	1.53
M5	707.64	600.00	170.10	-
M6	991.61	370.73	549.3	0.67
M7	425.20	300.00	537.54	0.56
M8	1673.4	690.94	567.00	1.22
M9	327.89	150.36	124.60	1.21
M10	861.07	340.52	442.30	0.77
M11	1266.51	255.00	260.90	0.98
M12	808.225	145.47	238.20	0.61
M13	142.04	20.50	71.20	0.29

Promedio 0.91 ± 0.22

Algunas de las muestras recolectadas, se utilizaron para determinar los porcentajes de las partes de la planta de sorgo (Cuadro 5.9), en donde se observa que el mayor porcentaje lo representan los rastrojos de sorgo (63.81%), al igual que para el caso del arroz y el frijol.

Cuadro 5.9. Porcentajes de la Partes de la Planta de Sorgo.

Muestra	%Rastrojo	%Sorgo	%Raiz	%Panoja
M6	58.57	34.78	5.86	0.79
M7	-	51.81	7.21	0.91
M8	70.03	23.86	5.72	0.391
M10	62.46	32.58	3.98	0.98
M11	59.46	36.47	3.55	0.518
M12	7075	21.06	7.49	0.70
M13	61.59	31.47	5.75	1.19
promedio	63.81± 5.55	33.15 ± 9.22	5.65 ± 1.36	0.783 ± 0.25

5.3.2 Pruebas de Densificación

Estas pruebas se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador; para lo que se utilizó la máquina universal de compresión (prensa hidráulica) de marca Tinius Olsen, Testing Machine C.O. y modelo Super L; Cilindro con pistón de hierro negro (Anexo G, Figura G.7.a), y una balanza granataria.

Todas las pruebas se realizan por duplicado y se fija una masa de rastrojo, determinando(50 g), así como el volumen que dicha masa ocupa en el cilindro (volumen inicial). Posteriormente se aplica presión y se registran los cambios de volumen en la muestra hasta llegar a un volumen constante(Anexo G, Figura G.7.b)

a) Pruebas de Densificación para los Residuos de Arroz

En el cuadro 5.10 se presentan los resultados obtenidos de las pruebas de densificación para los rastrojos de arroz; en donde se observa que a medida que aumenta el valor de la fuerza aplicada, va disminuyendo el volumen de rastrojo y por lo tanto aumentando el valor de su densidad (Anexo G Fig. G.1.a). Para el caso del arroz, se observa que su rastrojo se puede reducir hasta un 96.6% de su volumen original, con una densidad de 0.2467 g/cm^3 , aplicando una fuerza de 3500 kgf para una masa de rastrojo de 50 g (Anexo G Fig. G1.b). Sin embargo, para fines de almacenaje, una aplicación de 300 Kgf es suficiente para reducir el volumen original en más del 80%, para una densidad de la masa comprimida de 0.0502 g/cm^3 .

Cuadro 5.10. Resultados de las Pruebas de Densificación en Muestras de Residuos de Arroz Para un Peso de Rastrojos de 50 g y un Área de Sección Transversal de 324.3 cm^2 .

Fuerza (Kgf)	Altura Promedio (cm)	Altura de Rastrojos (cm)	Volumen de Rastrojos (cm^3)	Densidad (g/cm^3)	% Reducción
0	0	18.5	5999.42	0.0083	0
300	15.43	3.07	995.601	0.0502	83.0
500	16.98	1.52	492.94	0.101	91.8
700	17.095	1.405	455.64	0.1097	92.
900	17.205	1.295	418.35	0.1195	93.0
1100	17.33	1.17	379.43	0.1318	93.6
1500	17.515	0.985	319.4	0.1565	94.6
2000	17.67	0.95	308.1	0.1623	94.8
2500	17.78	0.72	233.50	0.214	96.1
3000	17.825	0.675	218.9	0.288	96.4
3500	17.875	0.625	201.07	0.2467	96.6
4000	17.88	0.62	201.07	0.2487	96.6
4500	17.88	0.62	201.07	0.2487	96.6

b) Pruebas de Densificación para los Residuos de Frijol.

Para el caso del frijol (Cuadro 5.11), al igual que para el arroz el volumen de rastrojos disminuye al aumentar la fuerza aplicada; y el de la densidad va en aumento (Anexo G Fig. G.2.a) , para lo cual su volumen se puede reducir hasta un 96.8% del valor original aplicando una fuerza de 3500 kgf a una masa de rastrojo de 50 g con una densidad de 0.2613 g/cm³ (Anexo G Fig. G.2.b). Para fines de almacenaje, una aplicación de 300 Kgf es suficiente para reducir el volumen original en más del 90%, para una densidad de la masa comprimida de 0.0883 g/cm³.

Cuadro 5.11. Resultados de las Pruebas de Densificación en Muestras de Residuos de Frijol Para un Peso de Rastrojos de 50 g y un Área de Sección Transversal de 324.3 cm².

Fuerza (Kgf)	Altura Promedio (cm)	Altura de Rastrojos (cm)	Volumen de Rastrojos (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	% Reducción
0	0	18.5	5999.42	0.0083	0
300	16.755	1.745	565.9	0.0883	91.0
500	16.93	1.570	509.15	0.0982	91.5
700	17.14	1.360	441.05	0.1134	92.6
900	17.235	1.265	410.24	0.1218	93.1
1100	17.39	1.110	359.97	0.1389	94.0
1500	17.53	0.97	314.57	0.1589	94.7
2000	17.595	0.905	293.49	0.170	95.1
2500	17.865	0.635	205.93	0.2428	96.5
3000	17.87	0.630	204.31	0.2447	96.6
3500	17.91	0.590	191.34	0.2613	96.8
4000	17.91	0.590	191.34	0.2613	96.8

c) Pruebas de Densificación para los Residuos de Sorgo.

Los rastrojos del cultivo del sorgo, sus valores de volumen y densidad en relación con la fuerza aplicada, mantienen el mismo comportamiento que para el caso de los rastrojos de arroz y frijol (Anexo G Fig. G.3.a); sin

embargo el porcentaje de reducción máximo que pueden alcanzar es de 72.7% con una densidad de 0.0305 g/cm^3 (Anexo G Fig. G.3.b), situando a este rastrojo como el que menor reducción de volumen presenta a una mayor fuerza que para este caso supera en gran medida a las aplicadas en los otros rastrojos (Cuadro 5.12). Para fines de almacenamiento, al aplicarle una presión de 300kgf a una masa de 50 g de rastrojo, se reduce su volumen más del 50% con una densidad de 0.0177 g/cm^3 ; al aplicarle a dicha masa, 900kgf, se reduce su volumen hasta un 60% para una densidad comprimida de 0.0212 g/cm^3 ; hasta llegar a una reducción del 70% con 4000kgf y una densidad de 0.0289 g/cm^3 .

Cuadro 5.12. Resultados de las Pruebas de Densificación en Muestras de Residuos de Sorgo Para un Peso de Rastrojos de 50 g y un Área de Sección Transversal de 324.3 cm^2 .

Fuerza (Kgf)	Altura Promedio (cm)	Altura de Rastrojos (cm)	Volumen de Rastrojos (cm^3)	Densidad (g/cm^3)	% Reducción
0	0	18.5	5999.42	0.0083	0
300	9.81	8.69	2818.167	0.0177	52.3
500	10.44	8.06	2613.86	0.01913	56.2
700	10.91	7.66	248.14	0.02013	58.6
900	11.30	7.255	2353.5	0.0212	60.8
1100	11.53	6.97	2261.07	0.0221	62.3
1500	11.90	6.5	2108.6	0.0237	64.9
2000	12.28	6.15	1995.06	0.0251	66.7
2500	12.54	5.94	1926.94	0.02595	67.9
3000	12.75	5.735	1860.4	0.0268	69.0
3500	12.83	5.585	1811.77	0.0276	69.8
4000	12.93	5.325	1727.43	0.0289	71.2
5000	13.10	5.255	1704.72	0.0293	71.6
6000	13.31	5.13	1664.17	0.030	72.2
7000	13.405	5.08	1647.95	0.0303	72.5
8000	13.43	5.06	1641.46	0.0305	72.6
9000	13.46	5.045	1636.6	0.0305	72.7
10000	13.46	5.045	1636.6	0.0305	72.7

5.4 Análisis Físicoquímicos de Rastrojos de Arroz, Frijol y Sorgo

El resultado de los análisis físicoquímicos comprende la evaluación del poder calorífico de las muestras recolectadas arroz, frijol y sorgo; para la posterior estimación del potencial energético, que constituye el principal objetivo de esta investigación.

5.4.1 Pruebas Calorimétricas

La evaluación del poder calorífico, se realizará de manera experimental, con la utilización de una bomba calorimétrica; y cuyo principio de operación se presenta en el literal (a).

a) Poder Calorífico o Calor de Reacción:

El poder calorífico, es el calor transmitido de la cámara de combustión o de reacción a temperatura constante. En el caso de un proceso estable o de presión constante, concluimos, según la Primera Ley de la Termodinámica, que esto es igual al valor negativo de la entalpía de combustión. Por esta razón, esta transmisión de calor se designa como el poder calorífico a presión constante para los procesos de combustión.(VAN WAYLE 1994).

En el caso de un proceso a volumen constante, la transmisión de calor es igual al valor negativo de la energía interna de combustión. Esto, a veces, se designa como el poder calorífico a volumen constante en el caso de la combustión. (VAN WAYLE,1994).

Cuando se emplea el término poder calorífico, se usan a veces los adjetivos "superior" e "inferior". El poder calorífico superior, es el obtenido experimentalmente y se define como el calor desprendido en combustión

completa a presión constante y temperatura de 25°C, cuando toda el agua inicialmente presente en estado líquido en el combustible y que aparecen en los productos de combustión, esta en forma líquida a 25°C; el poder calorífico neto o inferior es definido como el calor desprendido en combustión completa, a presión constante y temperatura de 25°C, cuando toda el agua inicial presente en estado líquido en combustible y que aparece en los productos de combustión, esta en forma de vapor a 25°C. (VAN WAYLE.1994).

Las pruebas calorimétricas para determinar el poder calorífico superior, se realizaron en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química (Planta Piloto), utilizándose para este caso una bomba calorimétrica del tipo Parr 1314(Anexo G, Fig G.8.a y G.8.b), balanza semianalítica y Prensa Hidráulica con manómetro (Anexo G, Fig G.9); las marchas de análisis se muestran en el Anexo G.2.

Para la evaluación del poder calorífico se utilizan una serie de ecuaciones que se complementan con los datos de temperatura versus tiempo obtenidos experimentalmente; con los cuales se genera una gráfica ($T^{\circ}\text{vrs } t$) a partir de la cual se obtienen lecturas específicas de interés para los cálculos del poder calorífico superior.

A partir del gráfico elaborado con los resultados experimentales se pueden leer los siguientes valores:

- To: temperatura en grados centígrados, tomada en el minuto cero
- Ta: temperatura en grados centígrados, tomada en el quinto minuto, justo en el momento de ignición o tiempo de encendido

- Tb: temperatura en grados centígrados ,que comprende el 60% de la temperatura de subida entre Ta y Tc (leído en el gráfico de tiempo 0vrs temperatura)
- Tc: temperatura en grados centígrados, en la cual se inicia un período constante
- T18: temperatura en grados centígrados ,a los 18 minutos
- a: tiempo de encendido
- b: tiempo cuando la temperatura ha alcanzado un 60% de la temperatura de subida
- c: tiempo en el cual el cambio de temperatura es constante

También a partir de las pruebas realizadas se conocen los valores de las siguientes variables:

- Wpp : peso en gramos del precipitado en forma de sulfato de bario para la determinación de azufre
- C1: volumen en mililitros de solución de carbonato de sodio a 0.0709 N
- C3: longitud de alambre fusible de níquel y cromo no consumido en la combustión en centímetros
- M: peso de la muestra en gramos
- θ: tiempo en minutos desde Tc hasta T18

Conociendo estos valores se hace uso de las ecuaciones

Cálculo de la temperatura de subida

$$r1 = (Ta - To) / 5 \quad (\text{Ecuación 5.2})$$

$$r2 = (T18 - Tc) / \theta \quad (\text{Ecuación 5.3})$$

$$T = Tc - Ta - r1 (b - a) - r2 (c - b) \quad (\text{Ecuación 5.4})$$

Calculo del porcentaje de azufre

$$\% \text{ Azufre} = C2 = \frac{W_{\text{BaSO}_4} * 13.743}{W_{\text{muestra}}} \quad (\text{Ecuación 5.5})$$

Correcciones termoquímicas

E1: corrección en calorías para el calor de formación de ácido nítrico (HNO_3) = C1 si un álcali de 0.0709 N, fue usado en la titulación = mililitros de solución alcalina gastada.

$$E1 = C1 \quad (\text{Ecuación 5.6})$$

E2 = corrección en calorías para el calor de formación de ácido sulfúrico (H_2SO_4)

$$E2 = 13.7 * C2 * W_{pp} \quad (\text{Ecuación 5.7})$$

E3: corrección en calorías para el calor de combustión del alambre fusible cuando se usa alambre fusible de níquel y cromo Parr 45C10

$$E3 = 2.3 * C3 \quad (\text{Ecuación 5.8})$$

Calculo del calor total de combustión

$$H_g = (T_w * T - E1 - E2 - E3) / W \quad (\text{Ecuación 5.9})$$

donde:

H_g: calor total de combustión en calorías por gramo

T_w: constante de la bomba determinada en la estandarización (2437.85 calorías/°C)

Para una mayor comprensión de las lecturas del gráfico (T° vrs t) y de la utilización de las ecuaciones 9.2 a 9.9 se presenta a continuación un ejemplo de cálculo detallado de la evaluación del poder calorífico superior de la muestra 1 del frijol.

Valores medidos directamente u obtenidos a partir de la figura 5.2 correspondiente a esta muestra y construido a partir de los resultados experimentales (Cuadro 5.13).

Cuadro. 5.13. Valores Obtenidos del Gráfico de Tiempo vrs temperatura para la muestra 1 de Frijol

Peso muestra	Wpp	To	Ta	Tb	Tc	T18	Tiempo θ	a	b	c	Alambre (L)
0.674	0.008	23.6	23.59	24.27	24.72	24.74	10	5	6.23	9.5	2.1

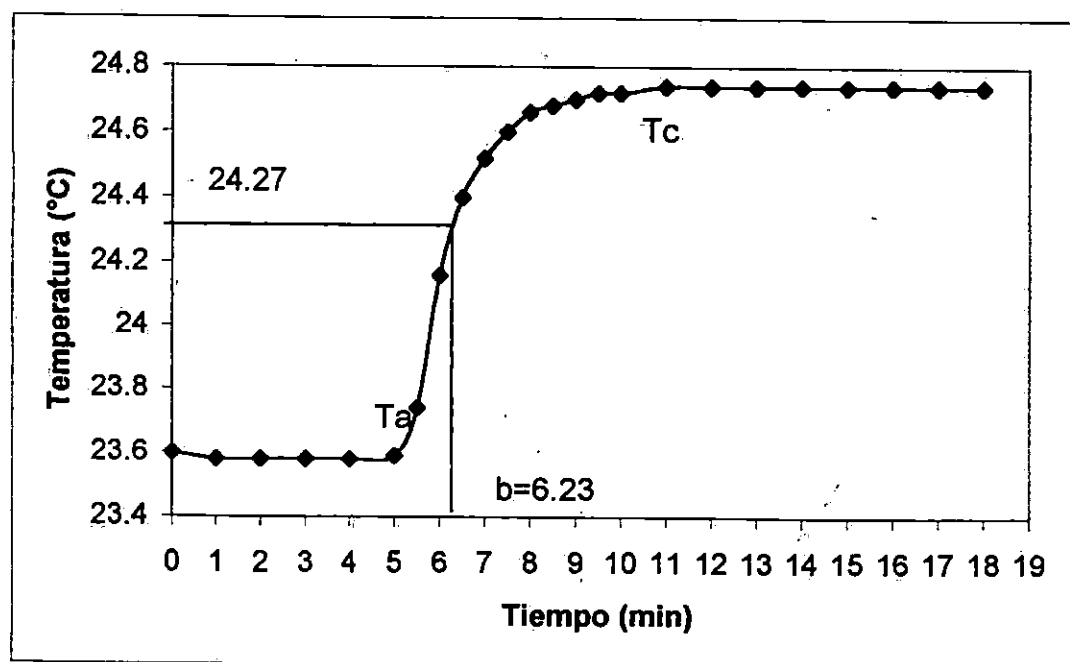


Figura 5.1 Gráfica de Tiempo vrs Temperatura para la Muestra 1 de Frijol

Al sustituir estos valores en las ecuaciones correspondientes, se obtiene que:

Temperatura de subida

$$r1 = (23.59 - 23.6)/5 = -0.0020$$

$$r2 = (24.74-24.72)/10 = 0.0020$$

$$T = 24.72- 23.59 - (-0.0020 *(6.23-5)) - 0.0020 *(9.5-6.23) = 1.13$$

Porcentaje de azufre

$$C2 = \frac{0.008 * 13.743}{0.674} = 0.16$$

Correcciones termoquímicas

$$E1 = C1 = 0.4 \text{ ml}$$

$$E2 = 13.7 * 0.16 * 0.674 = 1.50$$

$$E3 = 2.3 * 7.9 = 18.17$$

Calor total de combustión

$$Hg = \frac{2437.85 * 1.13 - 0.4 - 1.5062 - 18.17}{0.674} = 4043 \text{ Cal/}^\circ\text{C}$$

Cuadro 5.14 Resumen de resultados para muestra 1 de frijol.

C1	C2	C3	E 1	E 2	E3	r1	r 2	T	Hg
0.4	0.16	7.9	0.4	1.5062	18.17	-0.0020	0.0020	1.13	4043

5.4.2 Cálculo del Poder Calorífico para las muestras de Arroz, Frijol y Sorgo

Todos los resultados del cálculo de poder calorífico para las muestras de arroz, frijol y sorgo se realizaron como el ejemplo mostrado en la sección 5.4.1 y se presentan en los cuadros 5.15 a cuadro 5.17

a) Cálculo del Poder Calorífico del Arroz

De acuerdo al cuadro 5.15, el poder calorífico promedio para el cultivo del arroz a un porcentaje de humedad de 7.57%, es de $2,817.2 \pm 787.2$ kcal/kg (con un intervalo de confianza del 95%), las gráficas correspondientes a este cuadro se presentan en el Anexo G, Fig. G.4.

Cuadro 5.15a Datos de Laboratorio para la Determinación del Poder Calorífico de los Rastrojos de Arroz (7.57% de Humedad) Utilizando un Calorímetro.

Peso muestra	Wpp	To	Ta	Tb	Tc	T18	Tiempo	a	b	c	Alambre
0.565	0.096	26.5	26.6	26.948	27.18	27.18	7	5	6.47	12	0.5
0.597	0.081	27	27.07	27.574	27.91	27.91	7	5	6.8	12	0.8
0.44	0.068	26.84	26.84	27.212	27.46	27.46	11	5	6.3	9	1
0.397	0.073	26.44	26.54	26.876	27.1	27.1	10	5	6.3	9.5	0
0.608	0.089	26.28	26.62	26.956	27.18	27.18	11	5	5.8	9	2.5

Cuadro 5.15b. Valores Calculados a partir de los Datos de Laboratorio para la Determinación del Poder Calorífico de los Rastrojos de Arroz (7.57% de Humedad)

C1	C2	C3	E1	E2	E3	R1	r2	T	Hg
0.2	2.34	9.5	0.2	18.07479	21.85	0.020	0.000	0.6	2305
0.3	1.86	9.2	0.3	15.25061	21.16	0.014	0.000	0.8	3266
0.3	2.12	9	0.3	12.80298	20.7	0.000	0.000	0.6	3358
0.25	2.53	10	0.25	13.74437	23	0.020	0.000	0.5	3186
0.3	2.01	7.5	0.3	16.75684	17.25	0.068	0.000	0.5	1971

Promedio 2,817.2kcal/kg

Se observaron residuos (cristales blancos de forma esférica) en la ceniza de los rastrojos de arroz en las pruebas en la bomba calorimétrica. Los porcentajes peso de partículas observadas en las muestras analizadas se presentan en el cuadro 5.15. c; en donde se observa que por cada 100 unidades peso de paja de arroz, se encuentra un promedio de 15.81 unidades peso de estos residuos.

Cuadro 5.15.c. Porcentaje Peso de los Residuos Encontrados en Cinco Muestras de Rastrojos de Arroz, después de sometidos a Pruebas Calorimétricas de Combustión.

Muestras	% p/p
1	17.00
2	13.57
3	15.45
4	18.39
5	14.64
Promedio	15.81

Como se desconocía la composición de los residuos encontrados, se optó por hacerle un análisis de sílice a una muestra de rastrojo de arroz; debido a que bibliográficamente se reporta que la granza de arroz posee un alto contenido de este material; y la presencia del mismo genera incrustaciones en ciertos equipos al ser utilizado como energético. Los resultados de estos análisis se presentarán en la sección 5.5.

b) Cálculo del Poder Calorífico del Frijol

De acuerdo al cuadro 5.16, el poder calorífico promedio para el rastrojo del frijol, a un porcentaje de humedad del 3.45%, es de $4,122.8 \pm 85.8$ kcal/kg (intervalo de confianza de 95%), las gráficas correspondientes a este cuadro se presentan en el Anexo G, Figura G.5.

Cuadro 5.16.a Datos de Laboratorio para la determinación del Poder Calorífico del Rastrojo de Frijol (3.45% de Humedad) Utilizando un Calorímetro.

Peso muestra	Wpp	To	Ta	Tb	Tc	T18	Tiempo	a	b	c	Alambre
0.674	0.008	23.6	23.59	24.27	24.72	24.74	10	5	6.23	9.5	2.1
0.549	0.009	24.94	25.04	25.62	26	26	9	5	6.3	10	3
0.524	0.007	25.4	25.5	26.1	26.48	26.48	9	5	6.24	10	1
0.589	0.008	26.6	26.76	27.39	27.8	27.81	8	5	6.18	11	1.2
0.641	0.011	27.34	27.44	28.12	28.57	28.58	8	5	6.33	11	2.7

Cuadro 5.16.b Valores Calculados a partir de los Datos de Laboratorio para la determinación del Poder Calorífico del Rastrojo de Frijol (3.45% de Humedad).

C1	C2	C3	E 1	e 2	e3	r 1	r 2	T	Hg
0.4	0.16	7.9	0.4	1.5062	18.17	-0.0020	0.0020	1.13	4043
0.3	0.23	7	0.3	1.6945	16.1	0.0200	0.0000	0.93	4114
0.3	0.18	9	0.3	1.318	20.7	0.0260	0.0000	0.92	4227
0.2	0.19	8.8	0.2	1.5062	20.24	0.0320	0.0012	1	4086
0.4	0.24	7.3	0.4	2.0711	16.79	0.0200	0.0012	1.1	4144

Promedio 4,122.8 kcal/kg

c) Cálculo del Poder Calorífico del Sorgo

De acuerdo al cuadro 5.17, el poder calorífico promedio para el rastrojo del sorgo, con un porcentaje de humedad del 6.06%, es de 4,084.4 ± 480.04 kcal/kg (con un intervalo de confianza de 95%), las gráficas correspondientes a este cuadro se presentan en el Anexo G, Figura G.6

Cuadro 5.17.a Datos de Laboratorio para la determinación del Poder Calorífico de Rastrojo de Sorgo (6.06% de Humedad) Utilizando un Calorímetro.

Peso muestra	Wpp	To	Ta	Tb	Tc	T18	Tiempo	a	B	c	Alambre
0.61	0.007	23.4	23.4	24.02	24.44	24.46	7	5	6.35	12	1.1
0.435	0.003	24.66	24.74	25.18	25.48	25.48	4	5	6.44	15	1.1
0.409	0.004	26.32	26.3	26.72	27	27.2	9	5	6.33	10	4.3
0.398	0.003	27.9	28	28.41	28.68	28.67	8	5	6.32	11	2.2
0.441	0.004	27.7	27.28	27.74	28.04	28.05	7	5	6.33	12	1.6

Cuadro 5.17.b Valores Calculados a partir de los Datos de Laboratorio para la determinación del Poder Calorífico del Sorgo (6.06% de Humedad).

C1	C2	C3	e 1	e 2	e3	r 1	r 2	T	Hg
1.4	0.16	8.9	1.4	1.318	20.47	0.000	0.003	1.02	4054
0.6	0.09	8.9	0.6	0.5648	20.47	0.016	0.000	0.72	3968
0.7	0.13	5.7	0.7	0.7531	13.11	-0.004	0.022	0.62	3682
0.7	0.10	7.8	0.7	0.5648	17.94	0.020	-0.001	0.66	3991
0.7	0.12	8.4	0.7	0.7531	19.32	-0.084	0.001	0.86	4727

Promedio 4,084.4 kcal/kg

5.5 Análisis Químicos de Residuos de los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo Recolectados.

Se realizó análisis químico proximal a las muestras sometidas a secado al ambiente por cuatro semanas, para rastrojos de arroz, frijol y sorgo, las que fueron desarrolladas por el Laboratorio de Análisis de Suelos del Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Estos resultados se presentan en el cuadro 5.18.

Cuadro 5.18 Resultados de Análisis Proximal para los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo en las Muestras Puestas a Secar.

Rastrojo	Humedad %	Ceniza %	Extracto Etéreo %	Proteínas %	Fibra Cruda %	Carbohidratos %	Fósforo %	Calcio %	Si O ₂ %
Arroz	7.57	18.02	4.12	6.02	26.42	45.24	0.08	0.060	12.57
Frijol	3.45	7.5	1.09	9.12	43.23	39.06	0.63	0.92	*
Sorgo	6.06	10.18	-	4.97	35.13	48.36	-	.	*

Fuente: Lab. Departamento Química Agrícola. UES

*No se analizó

En el análisis proximal de las muestras de rastrojos de arroz, frijol y sorgo, el porcentaje de humedad es del 7.57% para el arroz, 3.45% para el frijol y 6.06% para el sorgo. Asimismo el rastrojo de arroz es el que presentó el

mayor porcentaje de cenizas (18.02%), y el frijol, el menor porcentaje de éstas (7.50%).

Para los rastrojos de arroz, el porcentaje de fibra obtenido (26.42%) es inferior al reportado bibliográficamente (33.5%). Los rastrojos de frijol reportan un 43.23% de fibra cruda, levemente superior al reportado bibliográficamente (40.1%); en el caso de los rastrojos de sorgo el porcentaje de fibra cruda obtenido (35.13%) es también superior al reportado bibliográficamente (31.3%).

El mayor porcentaje de fibra cruda lo presentó la muestra de rastrojos de frijol (43.23%), seguido por la de sorgo (35.13%). El rastrojo de arroz tiene el más bajo porcentaje de fibra cruda (26.42%).

Los análisis también indican los altos porcentajes de proteínas (9.12%), fósforo (0.63%) y calcio (0.92%) que posee en comparación con los de arroz y sorgo.

En el caso de los rastrojos de arroz; que presentaron residuos en su proceso de combustión (Sección 5.4.2 literal (a)); se tiene que el análisis de sílice realizado en estos rastrojos es de 12.57% (cuadro 5.18), que al compararlo con el porcentaje peso promedio de los residuos de combustión del cuadro 5.15.c (15.8%), se observa que son valores muy cercanos; y que estos residuos podrían en su mayor parte estar compuestos de sílice. Como se menciona en la literatura, el alto contenido de sílice en los rastrojos de arroz hace que no sea recomendable utilizarlo como fuente energética en equipos de intercambio de calor, debido a las incrustaciones que generaría.

6.0 ESTIMACION DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS RESIDUOS DE ARROZ, FRIJOL Y SORGO EN EL SALVADOR.

El principal objetivo de esta investigación es conocer el potencial energético de los residuos agrícolas en estudio; lo que se determinará en este caso únicamente a partir del poder calorífico superior, debido a que no se cuenta con la información necesaria para evaluar el poder calorífico neto (los resultados obtenidos por Berríos y Castro (1997); indican que la diferencia entre estos poderes caloríficos es un porcentaje pequeño de 4-5%). También es importante por ello utilizar la información recolectada en las encuestas respecto a la opinión de los agricultores y la disponibilidad de los residuos que generan.

6.1 Estimación de la Cantidad de Residuos Generados por los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo en El Salvador.

Para determinar el potencial energético que ofrecen estos residuos es necesario conocer su poder calorífico y la cantidad que de ellos está disponible.

La evaluación de la cantidad de Residuos Generados por estos cultivos, se pueden conocer a partir de la cantidad de manzanas de tierra que se cultivan(Cuadro 2.1), de los rendimientos por manzana(Cuadro 2.1) y de la razón peso de cada uno de los cultivos(Cuadros 5.4, 5.6 y 5.8) En base a estos valores se ha generado la ecuación 6.1, a partir de la cual se puede determinar la cantidad de residuos generados para cada uno de los cultivos en estudio.

$$\text{CRG} = \text{Rp} * \text{R} * \text{S} * 0.05 \quad (\text{Ecuación 6.1})$$

Donde:

CRG : Cantidad de Residuos Generados (TC)

Rp : Razón Peso Promedio de Residuos (Cuadros 5.4, 5.6, y 5.8)

R : Rendimiento por año del cultivo en cuestión (qq/Mz) (Cuadro 2.1)

S : Superficie sembrada por año (Mz) (Cuadro 2.1)

Ejemplo de Cálculo

Para el año de 1994/95, el rendimiento promedio de arroz fue de 66.0 qq/Mz , y la superficie sembrada fue de 21,300 Mz; la razón peso correspondiente a este cultivo es de 2.37 (al 7.57% de humedad), ver cuadro 5.4. Conociendo estos valores y aplicando la ecuación 6.1 se obtiene la cantidad de residuos generados de arroz para 1994/95

$$\text{CRG} = 2.37 * 66.0 \text{ (qq/Mz)} * 21,300 \text{ Mz} * 0.05 \text{ (TC/qq)}$$

$$\text{CRG} = 166,587.3$$

a) Estimación de la Cantidad de Residuos Generados en el Cultivo de Arroz

Para el cálculo de las cantidades de residuos generados, se utilizará información proporcionada por la MAG-DGEA, sobre rendimientos de arroz por manzana de tierra cultivada, y la superficie en manzanas de tierra cultivada por los agricultores de arroz (Cuadro 6.1). Para los cálculos se utilizará el dato experimental promedio de las razones peso presentadas en el cuadro 5.4, y luego se aplicará la ecuación 6.1, para obtener el cuadro 6.2.

Cuadro 6.1 Retrospectiva, Superficie, Producción y Rendimiento de Producción para el Arroz. 1994/2001.

AÑO	SUPERFICIE (Mz)	PRODUCCIÓN (qq)	RENDIMIENTO (qq/Mz)
1994/95	21,300	1,405,200	66.0
1995/96	13,700	1,111,000	81.1
1996/97	15,300	1,202,000	78.6
1997/98	21,244	1,435,972	67.6
1998/99	14,000	1,278,600	91.3
1999/00	15,600	1,247,050	79.9
2000/01	15,700	1,256,000	80.0

MAG, DGA (1999).

Cuadro 6.2 Estimación de Residuos Generados del Cultivo de Arroz en El Salvador (1994-2001).

AÑO	RESIDUOS GENERADOS (Ton)
1994/95	166,587.3
1995/96	131,661.8
1996/97	142,505.7
1997/98	170,177.2
1998/99	151,466.7
1999/00	147,703.1
2000/01	148,836.0

De acuerdo al cuadro 6.2, se observa que la cantidad de estos residuos presenta pequeñas variaciones, por lo que puede decirse basándose en la observación de los datos, que las estimaciones de las cantidades generadas no han variado considerablemente en los últimos años.

b) Estimación de la Cantidad de Residuos Generados en el Cultivo de Frijol

El cuadro 6.3 presenta los valores utilizados para evaluar la cantidad de residuos generados (Cuadro 6.4), utilizando además el valor de la razón

peso para el frijol (0.943) evaluado en la sección 5.3.1, y sustituyendo en la ecuación 6.1.

Cuadro 6.3 Retrospectiva, Superficie, Producción y Rendimiento de Producción para el Frijol. 1994/2001.

AÑO	SUPERFICIE (Mz)	PRODUCCIÓN (qq)	RENDIMIENTO (qq/Mz)
1994/95	106,100	1,334,300	12.6
1995/96	86,600	1,111,700	12.8
1996/97	96,700	1,284,900	13.3
1997/98	118,550	1,467,560	12.4
1998/99	110,000	1,481,900	13.5
1999/00	106,300	1,445,300	13.6
2000/01	110,000	1,485,000	13.5

MAG, DGA (1999).

Cuadro 6.4 Estimación de Residuos Generados del Cultivo de Frijol en El Salvador (1994-2001).

AÑO	RESIDUOS GENERADOS (Ton)
1994/95	62,832.4
1995/96	52,098.6
1996/97	60,447.2
1997/98	69,090.9
1998/99	69,795.0
1999/00	67,946.9
2000/01	69,795.0

La cantidad generada de residuos del cultivo de frijol es mucho menor que la generada por el cultivo del arroz; sin embargo estas cantidades presentan leves variaciones en los últimos 4 años.

c) Estimación de la Cantidad de Residuos Generados en el Cultivo de Sorgo

El cuadro 6.5 presenta los valores utilizados para evaluar la cantidad de residuos generados (Cuadro 6.6), utilizando además el valor de la razón

peso para el sorgo (1.11) evaluado en la sección 5.3.1, y sustituyendo en la ecuación 6.1.

Cuadro 6.5 Retrospectiva, Superficie, Producción y Rendimiento de Producción para el Sorgo. 1994/2001.

AÑO	SUPERFICIE (Mz)	PRODUCCIÓN (qq)	RENDIMIENTO (qq/Mz)
1994/95	173,800	3,956,400	22.8
1995/96	191,800	4,369,400	22.8
1996/97	170,600	3,957,300	23.2
1997/98	177,725	4,340,827	24.4
1998/99	156,700	3,983,100	25.5
1999/00	151,950	3,301,600	21.7
2000/01	160,000	3,200,000	20

MAG, DGA (1999).

Cuadro 6.6 Estimación de Residuos Generados del Cultivo de Sorgo en El Salvador (1994-2001).

AÑO	RESIDUOS GENERADOS (Ton)
1994/95	180,300.1
1995/96	198,973.3
1996/97	180,085.4
1997/98	197,310.3
1998/99	181,811.2
1999/00	150,027.8
2000/01	145,600.0

Para el cultivo de sorgo se observa que la cantidad de residuos generados es mayor a los generados por los cultivos de arroz y frijol (Cuadros 6.2 y 6.4); presentando pequeñas variaciones de 1994 a 1999; la mayor variación para este cultivo se observa en las proyecciones de los períodos 1999/00 y 2000/01.

6.2 Estimación de los Residuos Disponibles de Arroz, Frijol y Sorgo para su Utilización como Energéticos en El Salvador.

Para la evaluación de la oferta energética de los residuos en estudio, es necesario hacer uso de los resultados de mayor importancia de la encuesta realizada a los agricultores de los cultivos de arroz, frijol y sorgo; relacionándolos con la disponibilidad de los residuos que se generan, en términos de que estos sean accesibles de adquirir en su comercialización, sin que esto represente afectar los diferentes usos que tienen.

Por recomendación de (Torres Rivera, 2000); para tener una estimación de la cantidad de residuos disponibles se puede utilizar el "Cálculo de la Proporción Total de Residuos Disponibles para cada tipo de Cultivo", esta relación se presenta en la ecuación 6.2 (Pérez, 2000).

$$P = \sum (N_h / N) * P_h \quad (\text{Ecuación 6.2})$$

$$P_h = (\text{Residuos Sobrantes por Región}) / (\text{Residuos Totales por Región})$$

Donde:

N_h : número de segmentos por Región (I, II, III, IV)

N : número de segmentos totales (31,610)

P_h : proporción de residuos disponibles por Región

Con esta información se puede establecer la relación que permitirá conocer la cantidad de residuos disponibles; y que se presenta en la ecuación 6.3

$$CRD = P * CRG \quad (\text{Ecuación 6.3})$$

Donde:

CRD : Cantidad de Residuos Disponibles (Ton)

P : Proporción de Residuos Sobrantes para cada cultivo

CRG : Cantidad de Residuos Generados (Ton)

Ejemplo de Cálculo:

Para el caso del cultivo de arroz; la proporción de residuos disponibles se obtiene a partir de datos de residuos sobrantes y totales proporcionados por las encuestas (Cuadro 4.22a), cuya sumatoria de valores se encuentran tabulados en cuadro 6.7; mientras que los números de segmentos por Región (Nh) se presentan en el cuadro D.3 del Anexo D. Con esta información al aplicar la ecuación 6.2 se obtiene que:

$$P_{\text{arroz}} = (Nh1/N) * P1 + (Nh2/N) * P2 + (Nh3/N) * P3 + (Nh4/N) * P4$$

Cuadro 6.7 Proporciones de Residuos Disponibles y Totales en Ton para los cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo a partir de los Resultados de las Encuestas (Residuos Sobrantes/ Residuos Totales).

	REGION I	REGION II	REGION III	REGION IV
ARROZ	70.40/153.45	84.87/188.3	50.15/133.4	7.68/51.15
FRIJOL	15.63/85.48	19.12/93.69	6.63/35.55	7.69/83.57
SORGO	70.13/500.25	45.03/453.5	7.08/53.2	62.75/1145.1

$$Nh1/ N = 7148 /31610 = 0.2261$$

$$Nh2 /N = 7717 /31610 = 0.2441$$

$$Nh3 /N = 5811/31610 = 0.1838$$

$$Nh4 / N = 10934 /31610 = 0.3459$$

$$P_{\text{arroz}} = (0.2261 * 0.4587) + (0.2441 * 0.4507) + (0.1838 * 0.3759) + (0.3459 * 0.1502)$$

$$P_{\text{arroz}} = 0.3348 \text{ [residuos sobrantes de arroz/ residuos totales de arroz]}$$

Para la evaluación de los residuos disponibles se utiliza la ecuación 6.3, donde la cantidad de residuos generados (CRG) se obtiene del cuadro 6.2, y que para el año 1994/95 corresponde a 166.587.3 Ton; sustituyendo estos valores se obtiene que:

$$\text{CRD}_{94/95} = 0.3348 * 166,587.3 \text{ Ton}$$

$$\text{CRD}_{94/95} = 55,773.57 \text{ Ton}$$

a) Cultivo de Arroz

Los resultados, de los residuos disponibles para este cultivo se presentan en el cuadro 6.8; en donde se sustituyeron en la ecuación 6.3 a partir de los valores obtenidos de la ecuación 6.2, y la proporción correspondiente al arroz es de 0.3348 .

Cuadro 6.8 Residuos Disponibles Estimados del Cultivo de Arroz en El Salvador (1994-2001).

AÑO	RESIDUOS DISPONIBLES (Ton)
1994/95	55,773.43
1995/96	44,080.37
1996/97	47,710.92
1997/98	56,975.32
1998/99	50,711.05
1999/00	49,451.01
2000/01	49,830.29

b) Cultivo de Frijol

Los resultados, de los residuos disponibles para este cultivo se presentan en el cuadro 6.9; en donde se sustituyeron en la ecuación 6.2 y 6.3 los valores del cuadro 6.7, y la proporción correspondiente al frijol es de 0.1573 [residuos sobrantes de frijol/ residuos totales de frijol].

Cuadro 6.9 Residuos Disponibles Estimados del Cultivo de Frijol en El Salvador (1994-2001).

AÑO	RESIDUOS DISPONIBLES (Ton)
1994/95	9,883.53
1995/96	8,195.10
1996/97	9,508.34
1997/98	10,868.01
1998/99	10,978.75
1999/00	10,688.06
2000/01	10,978.75

c) Cultivo de Sorgo

De la misma manera que para el arroz y el frijol, se utilizó la ecuación 6.2, para el cultivo del sorgo, en donde se utilizó la proporción respectiva de 0.0993[residuos sobrantes de sorgo/ residuos totales de sorgo] de residuos sobrantes y la cantidad de residuos totales generados presentada en el cuadro 6.10.

Cuadro 6.10 Residuos Disponibles Estimados del Cultivo de Sorgo en El Salvador (1994-2001).

AÑO	RESIDUOS DISPONIBLES (Ton)
1994/95	17,903.80
1995/96	19,758.05
1996/97	17,882.48
1997/98	19,592.91
1998/99	18,053.85
1999/00	14,897.76
2000/01	14,458.08

6.3 Estimación de la Oferta Energética de los Residuos de Arroz, Frijol y Sorgo en El Salvador.

Para estimar el potencial energético de los residuos de arroz, frijol y sorgo, es necesario hacer uso de la cantidad de residuos evaluados en la sección 6.2, así como de los diferentes poderes caloríficos evaluados experimentalmente y presentados en la sección 5.4.2. Las ecuaciones utilizadas son la 6.3 y la 6.4.

$$PE = CRD * PC * 909.09 \text{ (Kcal)} \quad \text{Ecuación 6.3}$$

$$PET = PEa + PEf + PEs \text{ (Kcal)} \quad \text{Ecuación 6.4}$$

Donde:

- PE : *Potencial Energético (arroz, frijol o sorgo)*
- CRD : *Cantidad de Residuos Disponibles*
- PC : *Poder Calorífico Evaluado (arroz, frijol o sorgo)*
- 909.09: *Factor de conversión de Kg a Ton*
- PET : *Potencial Energético Total*
- PEa: *Potencial Energético del Arroz*
- PEf: *Potencial Energético del Frijol*
- PEs: *Potencial Energético del Sorgo*

De la Sección 5.4.1, se tiene que los poderes caloríficos promedios para el arroz, frijol y sorgo son 2,817.2, 4,122.8 y 4,084.4 kcal/kg respectivamente; al sustituir estos y los valores obtenidos en los cuadros 6.7, 6.8 y 6.9; se obtiene el cuadro 6.11

Cuadro 6.11 Potencial Energético Evaluado en este Estudio para los Residuos Disponibles de los Cultivos de Arroz, Frijol y Sorgo en El Salvador (Tcal), Período 1994-2001.

AÑO	Potencial Energético de los Residuos Disponibles de Arroz	Potencial Energético de los Residuos Disponibles de Frijol (Tcal)	Potencial Energético de los Residuos Disponibles de Sorgo (Tcal)	Potencial Energético Total de los Residuos Disponibles (Tcal)
1994/95	142.84	37.04	66.48	246.36
1995/96	112.89	30.71	73.36	216.97
1996/97	122.19	35.64	66.40	224.23
1997/98	145.92	40.73	72.75	259.40
1998/99	129.88	41.15	67.03	238.06
1999/00	126.65	40.06	55.32	222.02
2000/01	127.62	41.15	53.68	222.45

Tcal = 10^9 Kcal

El cuadro 6.11 muestra que el mayor potencial energético disponible corresponde a los residuos del cultivo de arroz debido a que existe una mayor proporción de residuos no utilizados (0.3348); en cambio para el cultivo del sorgo, a pesar de que el valor de su poder calorífico es superior al del arroz, la proporción de residuos disponibles corresponde solamente al 0.0993.

6.4 Comparación del Poder Calorífico de los Rastrojos de Arroz, Frijol y Sorgo; con otros Residuos Vegetales.

El cuadro 6.12 presenta la comparación entre los poderes caloríficos de los rastrojos agrícolas evaluados en la investigación realizada por Berríos y Castro (1997), lo que permite establecer un parámetro del potencial uso de los rastrojos como fuente energética, proporcionando un valor agregado al rastrojo que hasta el momento no tiene, por lo que es desechado.

**Cuadro 6.12 Poderes Caloríficos de Residuos Agrícolas
Y Agroindustriales de Cultivos Tradicionales
En El Salvador.**

Residuo Vegetal	Poder Calorífico (kcal/kg)	Porcentaje de Humedad
Maíz	3,721.57	10.67
Caña de Azúcar	3,668.58	12.25
Arroz	2,817.20	7.57
Frijol	4,122.80	3.45
Sorgo	4,084.40	6.06
Bagazo de Caña	4,050.00	12.00
Cascarilla de Café	4,200.00	—
Leña	4,106 – 4,562	—

De acuerdo a los resultados que se observan en el cuadro 6.11, el mayor valor reportado del poder calorífico corresponde al rastrojo de frijol, que es ligeramente mayor que el de sorgo; mientras que ambos poderes caloríficos superan a los valores de los rastrojos de maíz y caña de azúcar; siendo el rastrojo de arroz, el que presenta el menor valor.

De acuerdo a los resultados de estas comparaciones, sería importante considerar a los rastrojos de arroz, frijol y sorgo como alternativas reales de recursos energéticos.

7.0 OBSERVACIONES

1. La ubicación geográfica de los cultivos de arroz, frijol y sorgo, se realizó auxiliándose de los mapas de distribución de superficie sembrada y producción (Anexo B), elaborado por la Dirección General de Economía Agropecuaria (DGEA) del MAG, y es donde aparecen las zonas del país en que se cultivan el arroz, frijol y sorgo.
2. Para la etapa consistente en pasar encuestas se utilizó el "Muestreo Aleatorio Estratificado"; en base al criterio de su ubicación geográfica dentro de la división territorial realizada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, que divide al país en cuatro regiones: occidental, central paracentral y oriental (Anexo D, Cuadro D.1) en el cual se involucra a todo el territorio nacional.
3. Los puntos de recolección de muestras fueron seleccionados en base a los resultados de las encuestas según las cantidades de residuos generados en cada región para cada cultivo, y a los mapas de distribución de superficie sembrada proporcionados por el MAG.
4. La recolección de muestras en una determinada área de cultivo se hizo tomando plantas al azar de diferentes zonas en el sembradío, para tener así una muestra más representativa.
5. Debido a que la diversidad de especies de los cultivos de arroz, frijol y sorgo que existen; en la recolección de datos estas especies se incluyen en grupos generales recomendados por especialistas de MAG, que fueron para el arroz: mejorada, americano, segregada; para el frijol: rojo y negro; y para el sorgo: nacional e híbrido.

6. La recolección de muestras para los cultivos de arroz, frijol y sorgo se efectuó primordialmente en base a la ubicación geográfica; dejándose la variedad como un aspecto secundario determinado al azar.
7. Para cada uno de los cultivos en estudio las muestras recolectadas se homogenizaron y cuartearon, tomándose una submuestra, a la cual se le realizaron los análisis correspondientes.
8. En las pruebas calorimétricas realizadas a las muestras de rastrojos de arroz se presentaron residuos con un aspecto blanquecino y de forma esférica como resultado de la combustión, los que podrían ser residuos de Sílice.
9. Debido a la falta de recursos económicos, solo fue posible efectuar el cálculo del poder calorífico superior de los residuos de arroz, frijol y sorgo.

8.0 CONCLUSIONES

1. La encuesta realizada indica que los principales usos que los agricultores dan a los rastrojos de arroz son para forraje un 57.1%, fertilizante 21.4%, y adobe 1.2% ; para el frijol el forraje lo usan en un 42.5%, y como fertilizante un 50%; mientras que para el sorgo, como forraje un 79.5%, y como fertilizante un 19.5%.
2. De acuerdo a los resultados de la encuesta realizada se tiene que el 65.6% de los agricultores están interesados en comercializar sus residuos lo cual constituye un porcentaje significativo a tomar en cuenta para su posible utilización como alternativa energética.
3. Los principales usos que tienen los residuos de arroz, frijol y sorgo son como forraje para ganado y como fertilizante; sin embargo, existe cierto porcentaje de estos residuos que no es utilizado por los agricultores; teniendo que el 20.5% de los agricultores no dan ningún uso a los residuos de arroz; para el frijol el 7.5% no los utilizan; mientras que para el sorgo el 1% de estos agricultores no les dan ningún uso.
4. El poder calorífico superior promedio obtenido con las pruebas realizadas en la bomba calorimétrica es para los rastrojos de arroz de 2,817.2 Kcal/Kg (con una humedad de 7.57%); para el frijol de 4,122.8 Kcal/Kg (con humedad de 3.43%); y para el sorgo de 4,084.4 Kcal/Kg (con una humedad de 6.06%).

5. Los parámetros físicos son básicos para determinar el espacio que podrían ocupar estos residuos en condiciones controladas de presión, que facilitarían su manejo y almacenaje; en relación a estos parámetros, en los residuos del cultivo de arroz (7.57% de humedad) se logra una disminución del volumen del 83.3 al 96.6% al aplicar presiones que van de 300 a 3500Kgf; con lo que se obtienen densidades de masa 0.0502 a 0.2487 g/cm³ respectivamente. Para el rastrojo del frijol (3.43% de humedad), la disminución del volumen va del 91.0 al 96.8% con una presión de 300 a 3500Kgf; obteniendo densidades comprimidas de 0.0883 a 0.2613 g/cm³ respectivamente; y para los residuos de sorgo (6.06% de humedad), esta disminución es del 52.3 al 72.1% con un intervalo de presión de 300 a 9000 Kgf, obteniendo densidades de 0.0177 a 0.0305 g/cm³.

6. La caracterización de los residuos de arroz, frijol y sorgo; requirió también de la evaluación de las razones peso, que es un valor importante en la determinación de la cantidad de residuos generados por estos cultivos; y que para el rastrojo de arroz (7.57% de humedad) es de 2.37 peso paja seca/peso de arroz ; para el rastrojo de frijol (3.45% de humedad) es de 0.943 peso rastrojo seco/peso de frijol; y para el rastrojo de sorgo (6.06% de humedad) es de 0.91 peso rastrojo seco/peso de sorgo.

7. De acuerdo con los parámetros físicos obtenidos y los resultados de las encuestas, las cantidades de residuos generados de los cultivos de arroz, frijol y sorgo en promedio para el período 1994-2001 se estiman en 151,276.82 Ton para residuos de arroz; 64,572.28 Ton para el frijol y 176,301.16 Ton para el rastrojo de sorgo; de los cuales se estimó que se encuentran disponibles ó no se les dá ningún uso

a 50,647.48 Ton de residuos de arroz ,10,157.22 Ton de residuos de frijol, y 17,506.71 Ton de residuos de sorgo, lo que genera un potencial energético de 103.34 Tcal, al utilizar estos residuos como combustibles de uso directo.

8. El análisis de las cenizas de los rastrojos de arroz, reporta un 12.51% de sílice; análisis que se realizó al observar que las pruebas calorimétricas de combustión de rastrojos de arroz dejaba un residuo sólido blanquecino, promediando un 15.81% peso para 5 muestras. Bibliográficamente se sabe que la granza de arroz tiene un alto contenido de sílice, lo que hace estos rastrojos inadecuados para su uso como combustible en equipos de intercambio de calor, como calderas; debido a que ocasionan incrustaciones, reduciendo de esta manera la eficiencia del equipo.

9. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios de combustión de los rastrojos de Arroz, Frijol y Sorgo, en condiciones diferentes de operación a las experimentalmente realizadas en este estudio, con el objeto de verificar su potencial uso como combustible en áreas diversas .
2. Se recomienda realizar un estudio para evaluar el poder calorífico inferior de los rastrojos de arroz, frijol y sorgo; para obtener el poder calorífico neto de los tres tipos de residuos y así compararlos con los de otros materiales reportados bibliográficamente.
3. Es recomendable realizar otros análisis químicos a los rastrojos de arroz para confirmar que las sustancias que conforman los residuos encontrados como resultado de su combustión, son básicamente sílice.
4. Es importante realizar un estudio de prefactibilidad técnico-económica que complemente esta investigación, en el que se consideren aspectos como formas de manejo y transporte, precio de compra-venta, transformaciones para facilitar su uso, destinatarios del producto, y otros factores que se involucren directamente con la comercialización de los rastrojos de arroz, frijol y sorgo.

10. REFERENCIAS

1. **Banco Central de Reserva (BCR) , Revista Trimestral (Enero-Marzo 1999).**
2. **Berrios G., y Castro Fuentes M. (1997) "Evaluación del Potencial Energético de los Residuos Agrícolas Vegetales En El Salvador Parte I: Residuos de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) y Maíz (*Zea Mays*)". Trabajo de Graduación para optar por el título de Ingeniero Químico. Universidad de El Salvador.**
3. **Campos, A. (1980) "El Problema de la Energía Eléctrica en El Salvador". Trabajo de Graduación para obtener el título de Licenciado en Economía. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA).**
4. **Campos, J. (1985). "Determinación del Poder Calorífico de Algunos Tipos de Leña Usada en El Salvador". Trabajo de Graduación para obtener el título de Ingeniero Mecánico, Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas" (UCA).**
5. **Chanchán Nuñez, J.R. (1996). "Marco Muestral Informe Final y Actualización". Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)**
6. **CEL (1997), "Boletín de Estadística Eléctrica No 28". Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa, San Salvador, El Salvador.**
7. **CEL (1996) "Balance Energético Nacional". Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa, San Salvador, El Salvador.**

8. CEL (1998) "**Boletín Informativo**". Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa, San Salvador, El Salvador.
9. CENTA (Nov. 1995). "**Cultivo de Arroz**". Guía Técnica. Programa de Granos Básicos. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria. San Salvador, El Salvador.
10. CENTA (Nov. 1995). "**Cultivo de Frijol**". Guía Técnica. Programa de Granos Básicos. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria. San Salvador, El Salvador.
11. CENTA (Nov. 1995). "**Cultivo de Sorgo**". Guía Técnica. Programa de Granos Básicos. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria. San Salvador, El Salvador.
12. COMZAFRAS (1999), "**Guía Técnica**". Comisión Salvadoreña para el Desarrollo Azucarero. San Salvador, El Salvador.
13. CSC (1999), Folleto Informativo. Consejo Salvadoreño del Café.
14. Escobar, E. Morillo de; (1999), Entrevista; Escuela de Física, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Universidad de El Salvador.
15. Gutiérrez, R. (1994-1995) Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). "**Anuario de Estadística Agropecuaria**". San Salvador. El Salvador. Edición 34.
16. MAG, (1998-1999). "**Encuestas de Propósitos Múltiples**". Dirección General de Economía Agropecuaria, Ministerio de Agricultura y Ganadería. San Salvador, El Salvador.

17. MAG (Sept. 1982) **"Guía Teórica de Granos Básicos"**. Dirección de Desarrollo Empresarial. Departamento de Producción Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San Salvador, El Salvador.
18. MAG (Jun. 1993). **"Política Agrícola"**. Unidad de Análisis de Política Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San Salvador, El Salvador.
19. Márquez, F. (1999), Entrevista Personal. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San Salvador, El Salvador.
20. Mayorga B., (1989) **"La Crisis Energética y su Relación con el Desarrollo Futuro de El Salvador"**. Trabajo de Graduación para optar al título de Ingeniero Eléctricista. UES.
21. MINED, 1995. **"Historia Natural y Ecológica de El Salvador"**. Tomo II. Primera Edición. Ministerio de Educación. San Salvador. El Salvador.
22. Miller, L. 1993. **"Estadística para Química Analítica"** , 2da Edición, Addison- Wesley Iberoamericana. Estados Unidos.
23. Molina, J. (1995). **"Evaluación de la Eficiencia del Programa Q-2000 en el Rendimiento de Arroz (*Oriza Sativa*)"**. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San Salvador, El Salvador.
24. Montgomery, D. 1991. **"Control Estadístico de la Calidad"**. Grupo Editorial Iberoamérica. México.

25. Morrison, F. (1979). **"Compendio de Alimentación del Ganado"**. .
Composición Media y Promedio de Principios Nutritivos Digestibles.
México.
26. NotiCel (1997), Revista Informativa de Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica
del Río Lempa, San Salvador, El Salvador.
27. Nuila Nuila, L. (1979). **« Evaluación de la Pureza Genética de la
Variedad de Sorgo Centa S-1 Cristalino en Diferentes Medios
Ambientes"**. Trabajo de Graduación para optar al título de Ingeniero
Agrónomo. Universidad de El Salvador. UES.
28. Ospina, H. (1980), **"Morfología de la Planta de Frijol Común
(*Phaseolus vulgaris*)"**. Calí, Colombia. CIAT.
29. Parsons, D. (1987). **"Arroz"**. Editorial Triller. Primera Edición. México.
30. Paul, L. (1990). **"Agronomía del Sorgo"**. ICRISAT-CENTA. Primera
Edición.
31. Pérez, C. (2000), **"Técnica de Muestreo Estadístico"**, Editorial Alfa-
Omega, Primera Edición, México.
32. Platero, O. (1975). **"Análisis de Rendimiento de Grano y Económico
de la Asociación de Maíz y Frijol en la Región Este del Valle de
México"** Chapingo, México. ENA.
33. Quinteros, J.E. (1980) **"Marco Muestral por Probabilidad de Area en El
Salvador"**. San Salvador, El Salvador.

33. Quinteros, J.E. (1980) **"Marco Muestral por Probabilidad de Area en El Salvador"**. San Salvador, El Salvador.
34. Quiñónez Avila, M. (1995-1996) Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). **"Anuario de Estadística Agropecuaria"**. San Salvador. El Salvador. Edición 35.
35. Quiñónez Avila, M. (1996-1997) Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). **"Anuario de Estadística Agropecuaria"**. San Salvador. El Salvador. Edición 36.
36. Tapia Varquero, H. (1988). **"Manejo Integrado de la Producción de Frijol Basado en la Labranza Cero"**. Managua, Nicaragua.
37. Topolanski, E. (1975). **"El Arroz, su Cultivo y Producción"**. Editorial Hemisferio Sur. Argentina.
38. Torres Rivera, T. (2000), Consultora en el Área de Estadística y Profesora de la Escuela de Ingeniería Química. UES.
39. Urrutia Loucel, S. (1997-1998) Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). **"Anuario de Estadística Agropecuaria"**. San Salvador. El Salvador. Edición 35.
40. Van Wayle Sommtang (1994). **"Fundamentos de Termodinámica"**. Editorial LIMUSA. México.

ANEXOS

ANEXO A

RECURSOS ENERGETICOS DE EL SALVADOR

**Anexo A.1. EMPRESAS GENERADORAS Y DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA
ELÉCTRICA A DICIEMBRE DE 1998 EN EL SALVADOR.**

Generadoras

CECSA:	Compañía Eléctrica Cucumacayán S. A.
CEL:	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa
CESSA :	Cemento de El Salvador S. A. de C. V.
HSDMCo:	Hidroeléctrica Sociedad de Matheu y Cía. de C. V.
NPC:	Nejapa Power Company, LLC.
SHS:	Sociedad Hidroeléctrica Sensunapán S.A. de C. V.

Distribuidoras

CAESS :	Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador S.A. de C. V.
CLESA :	Compañía de Luz Eléctrica de Santa Ana S.A. de C.V.
DEL SUR:	Distribuidora de Electricidad del Sur S.A. de C.V.
DEUSEM:	Distribuidora Eléctrica de Usulután, Sociedad de Economía Mixta.
EEO:	Empresa Eléctrica de Oriente S.A. de C.V.
HSDMCo :	Hidroeléctrica Sociedad de Matheu y Cía. de C. V.

Cuadro A.1. EVOLUCION HISTÓRICA DE LA CAPACIDAD INSTALADA DEL SISTEMA CEL (MW) EN EL SALVADOR (1954-1999).

AÑOS	HIDROELECTRICA				GEOTERMICA		TERMoeLECTRICA						TOTAL
	H1	H2	H3	H4	G1	G2	TE1	TE2	TE3	TE4	TE5	TE6	MW
1954-1956			30.0										30.0
1957-1960			45.0										45.0
1961-1962			60.0										60.0
1963-1964	15.0		60.0										75.0
1965	15.0		60.0					6.6					81.6
1966-1967	15.0		81.4				30.0	6.6					133.0
1968-1970	15.0		81.4				63.0	6.6					166.0
1971	15.0		81.4				63.0	6.6					166.0
1972	15.0		81.4				63.0	6.6	33.0				199.0
1973-1974	15.0		81.4				63.0	6.6	53.9				219.9
1975	15.0		81.4		30.0		63.0	6.6	53.9				249.9
1976	15.0		81.4		60.0		63.0	6.6	53.9				279.9
1977-1979	15.0	135.0	81.4		60.0		63.0	6.6	53.9				414.9
1980	15.0	135.0	81.4		95.0		63.0	6.6	53.9				449.9
1981-1982	15.0	135.0	81.4		95.0		63.0	6.6	53.9				449.9
1983	15.0	135.0	81.4	78.3	95.0		63.0	6.6	53.9				528.2
1984-1985	15.0	135.0	81.4	156.6	95.0		63.0	6.6	53.9	25.3			631.8
1986	15.0	135.0	81.4	156.6	95.0		63.0	6.6	53.9	25.3	18.6		650.4
1987-1991	15.0	135.0	81.4	156.6	95.0		63.0	6.6	53.9	25.3	18.6		650.4
1992	15.0	135.0	81.4	156.6	95.0	10.0	63.0	37.5	53.9	31.9	18.6		697.9
1993-1994	15.0	135.0	81.4	156.6	95.0	10.0	63.0	157.1	53.9	31.9	18.6		817.5
1995	15.0	135.0	81.4	156.6	95.0	10.0	63.0	157.1	53.9	31.9	18.6	91.0	908.5
1996-1998	15.0	135.0	81.4	156.6	95.0	10.0	63.0	157.1	53.9	31.9		144.5	943.4
1999	15.0	135.0	81.4	156.6	95.0	55.0	63.0	157.1	53.9	31.9		144.5	988.4

NOTA: A PARTIR DE 1996 SE RETIRO DE OPERACION LA CENTRAL MIRALVALLE

}FUENTE: BOLETIN DE ESTADISTICAS ELECTRICA Nº 29- CEL

Continuación Cuadro A.1.

SIMBOLOGIA UTILIZADA EN EL CUADRO A.1:

CENTRALES HIDROELECTRICAS

H1 : GUAJOYO
H2 : CERRON GRANDE
H3: 5 DE NOVIEMBRE
H4 : 15 DE SEPTIEMBRE

CENTRALES GEOTERMICAS

G1: AHUACHAPAN
G2: BERLIN

CENTRALES TERMoeLECTRICAS

TE1: ACAJUTLA BUNKER
TE2: ACAJUTLA GAS
TE3: SOYAPANGO GAS
TE4: SAN MIGUEL GAS
TE5: MIRALVALLE MOTORES
TE6: NEJAPA POWER

**Cuadro A.2. CAPACIDAD INSTALADA Y PRODUCCION DE GENERADORES MINORISTAS PARA EL
SALVADOR. 1998.**

CENTRAL	CAPACIDAD INSTALADA (kw)	GENERACION COMERCIALIZADA (MWh)	COMENTARIOS
TERMOELECTRICAS	34,400	-	
Cemento de El Salvador S.A. de C. V. (CESSA)	19200	-	Autoproduccion
Ingenio Central Izalco	7,000	-	Autoproduccion
Ingenio La Cabaña	3,300	-	Autoproduccion
Ingenio San Francisco	3,300	-	Autoproduccion
Ingenio Central Azucarera Jiboa	1,600	-	Autoproduccion
HIDROELECTRICAS	13,008	32,509	
Compañía Eléctrica Cucumacayán S.A. de C.V (CECSA)	9,308	29,200	
Central Río Sucio	2,500	9,300	En servicio
Central Cucumacayán	2,256	11,100	En servicio
Central Milingo	800	2,600	En servicio
Central San Luis II	744	-	En rehabilitación
Central San Luis Y	648	-	En rehabilitación
Central Bululú	680	2,200	En servicio
Central Atehuesías	600	2,000	En servicio
Central Cutumay Camones	400	1,000	En servicio
Central San Esteban	310	-	Fuera de servicio
Central El Chorrerón	220	-	Fuera de servicio
Central Sonsonalte	150	900	En servicio
Central Acahuapa	120	-	Fuera de servicio
Central Zapuyo	60	-	Fuera de servicio
Sociedad Hidroeléctrica SENSUNAPAN S.A DE C.V	3,000		
Central Nahuizalco	3,000	No disponible	En servicio
Empresa Hidroeléctrica Sociedad de Matheu y Compañía	700	3,409	
Central De Matheu	700	3,409	En servicio
TOTAL	47,408	32,509	

FUENTE: SIGET. 1998.

ANEXO B

**MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN Y
CALENDARIO DE SIEMBRA Y COSECHA
DE ARROZ, FRIJOL Y SORGO EN EL SALVADOR.**

Cuadro B.1.

Calendario de Siembra de Arroz, Frijol y Sorgo en El Salvador.

PRODUCTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	% PRODUCTO
ARROZ		P2			P1 H2	P1*				H1*	H1		= 90%
FRIJOL			H3		P1		H1	H1 P2c		H2*		P3	= 15% = 82% = 3%
SORGO	H12					P1	P1	P2c				H12	= 100%

Notas: P1,2,3: primera, segunda o tercera siembra.

H1,2,3: primera, segunda o tercera cosecha.

* definitivamente la mayor siembra o cosecha.

C sembrío asociado con maíz.

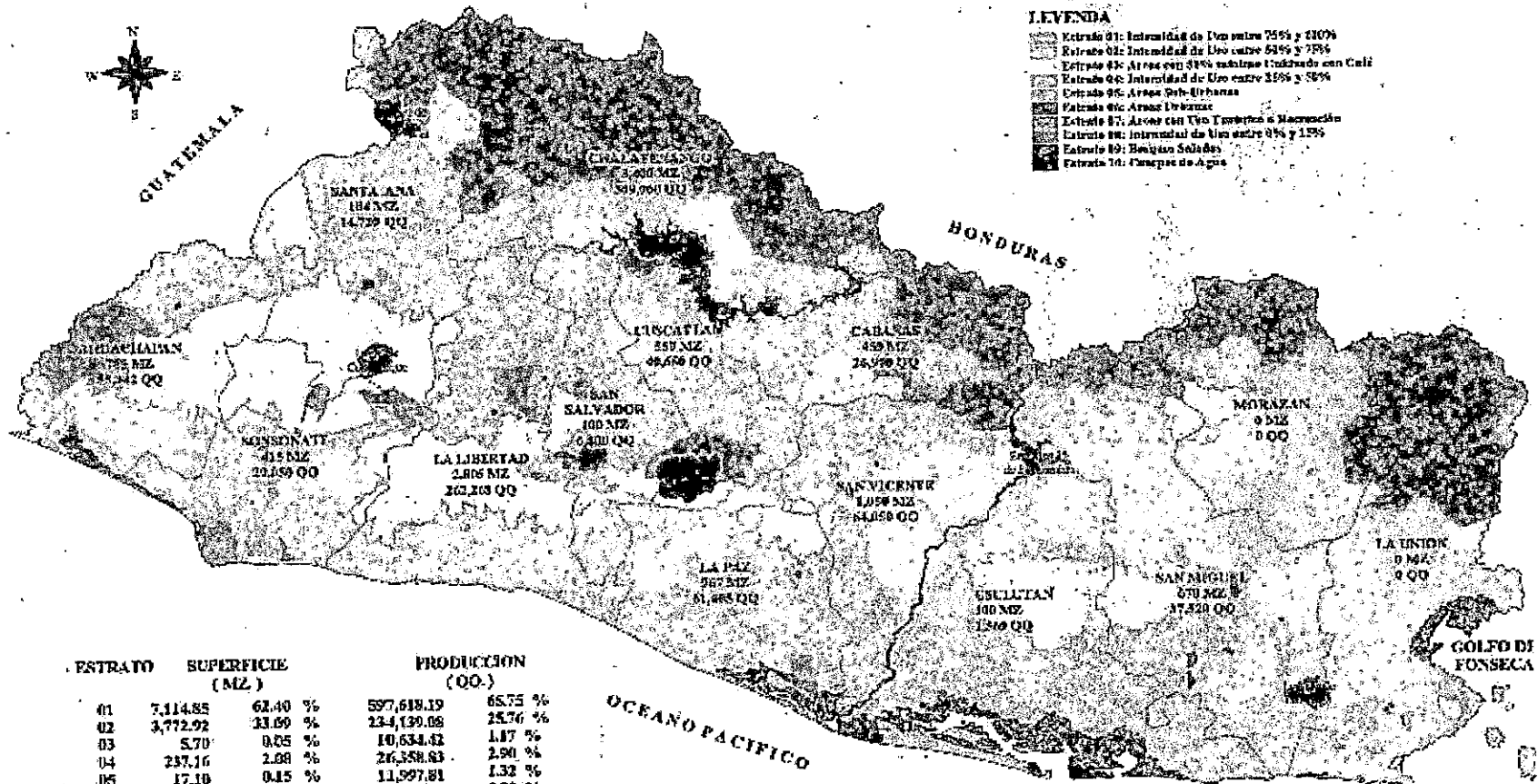
Fuente: Registros de siembra y cosecha del DGEA.

DISTRIBUCION DE SUPERFICIE SEMBRADA Y PRODUCCION DE ARROZ CICLO AGRICOLA 1998/1999 EL SALVADOR



LEYENDA

- Estrato 01: Intensidad de Uso entre 75% y 100%
- Estrato 02: Intensidad de Uso entre 50% y 75%
- Estrato 03: Areas con 30% cubiertas (cultivos con Café)
- Estrato 04: Intensidad de Uso entre 25% y 50%
- Estrato 05: Areas (Sot-Arboras)
- Estrato 06: Areas (Dormas)
- Estrato 07: Areas con Uso Temporales o Macrociclos
- Estrato 08: Intensidad de Uso entre 0% y 10%
- Estrato 09: Bosques Secos
- Estrato 10: Campesinos de Agua



ESTRATO	SUPERFICIE (MZ)		PRODUCCION (QQ)	
01	7,114.85	62.40 %	597,618.19	65.75 %
02	3,772.92	33.69 %	234,139.08	25.76 %
03	5.70	0.05 %	10,634.42	1.17 %
04	237.16	2.08 %	26,358.83	2.90 %
05	17.10	0.15 %	11,997.81	1.32 %
06	0.00	0.00 %	0.00	0.00 %
07	0.00	0.00 %	0.00	0.00 %
08	284.26	2.23 %	28,176.68	3.10 %
09	0.00	0.00 %	0.00	0.00 %
10	0.00	0.00 %	0.00	0.00 %
TOTAL	11,482.00 MZ		908,925.00 QQ	

BASE DE INFORMACION

La información para la elaboración del presente mapa fue obtenida de las Encuestas realizadas por la División de Estadísticas Agropecuarias de la DGEA y solo incluye la 1a. cosecha.

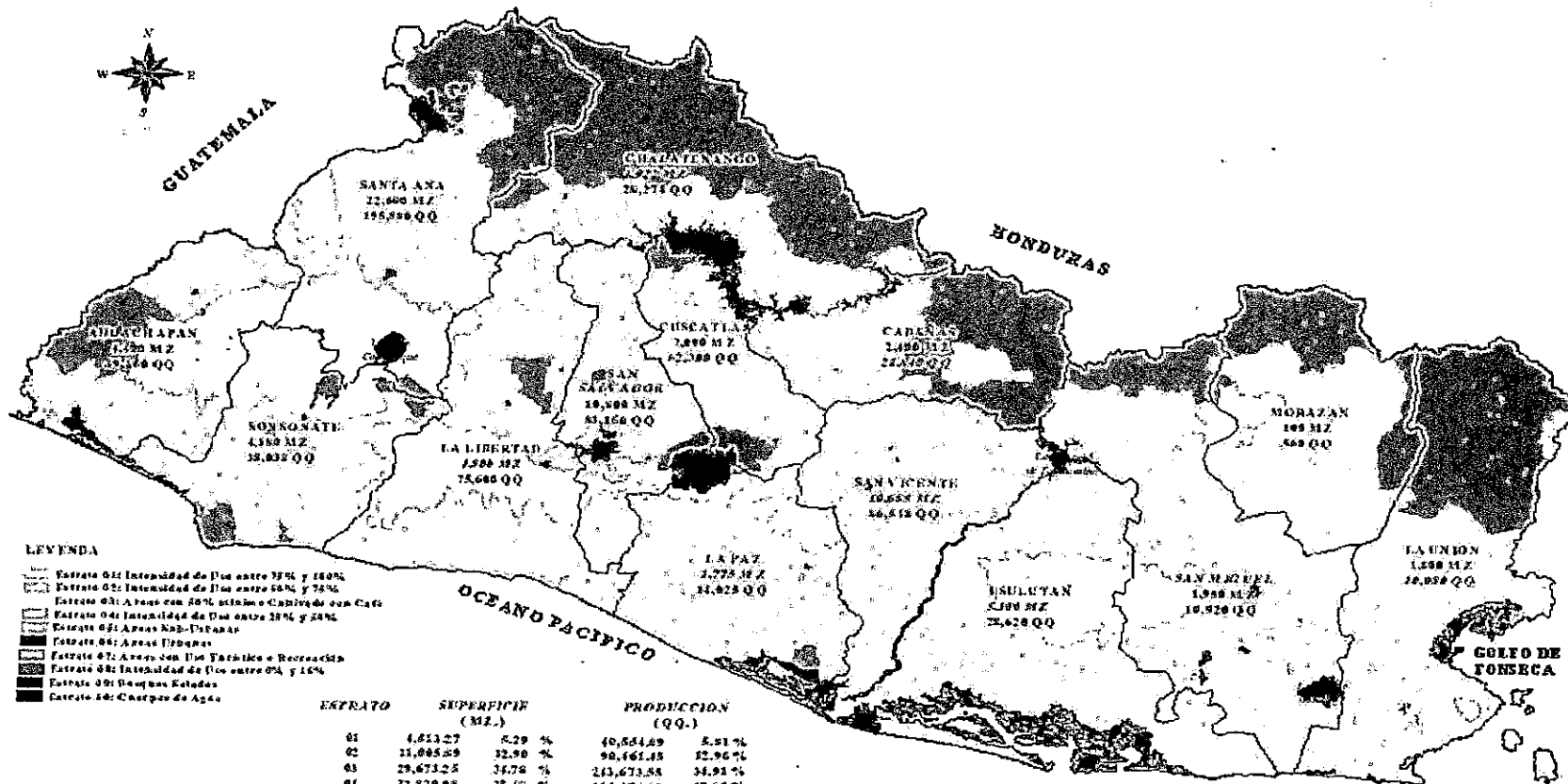
ESCALA 1:1,000,000



DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA AGRICOLA
DIVISION DE INFORMACION GEOGRAFICA
AGOSTO 1999

Figura B.2.

**DISTRIBUCION DE SUPERFICIE SEMBRADA Y PRODUCCION DE FRIJOL
CICLO AGRICOLA 1997/1998
EL SALVADOR**



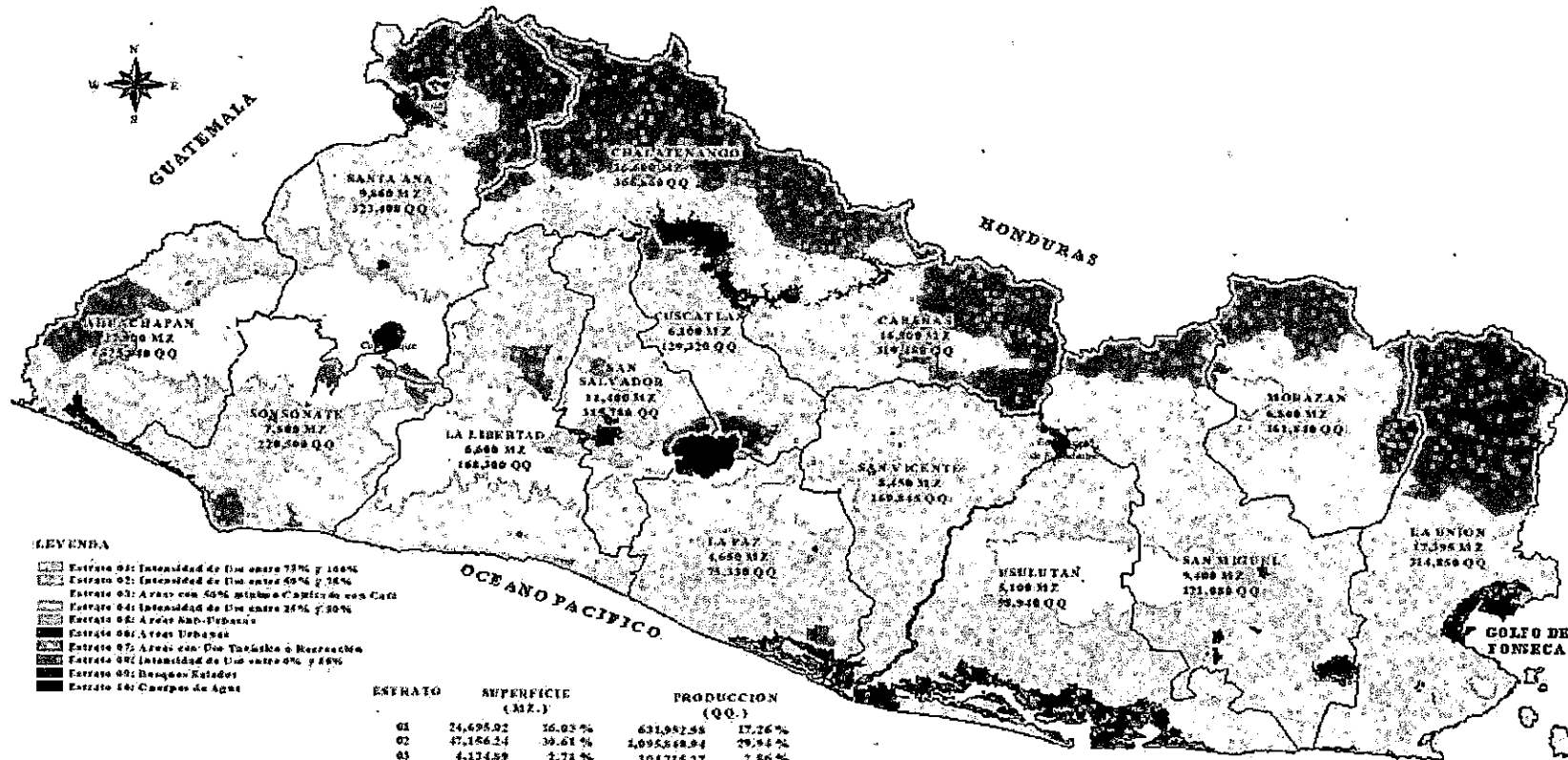
EXTRATO	SUPERFICIE (M ²)	PRODUCCION (QQ.)
01	4,813.27	5.29 %
02	11,604.20	12.98 %
03	29,673.25	34.76 %
04	37,529.88	44.42 %
05	127.98	0.15 %
06	0.00	0.00 %
07	0.00	0.00 %
08	7,166.62	8.48 %
09	0.00	0.00 %
10	0.00	0.00 %
TOTAL	85,317.06 M²	695,068.69 QQ.

BASE DE INFORMACION:
La información para la elaboración del presente mapa fue obtenida de las Encuestas realizadas por la División de Estadísticas Agropecuarias de la DGEA y solo incluye la 1a. y 2a. cosecha.

Escala 1:15,000,000
0 10 20 30 Kilómetros
**DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA AGROPECUARIA
DIVISION DE INFORMACION GEOGRAFICA
ABRIL 1999**

Figura B.3

**DISTRIBUCION DE SUPERFICIE SEMBRADA Y PRODUCCION DE MAICILLO
CICLO AGRICOLA 1998/1999
EL SALVADOR**



LEYENDA

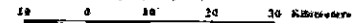
- Estrato 01: Intensidad de Uso entre 75% y 100%
- Estrato 02: Intensidad de Uso entre 50% y 74%
- Estrato 03: Areas con 50% minimo de Cobertura con Caca
- Estrato 04: Intensidad de Uso entre 25% y 50%
- Estrato 05: Areas Amb-Perdidas
- Estrato 06: Areas Urbanas
- Estrato 07: Areas con Uso Tradicional Resaca
- Estrato 08: Intensidad de Uso entre 0% y 24%
- Estrato 09: Bosques-Resaca
- Estrato 10: Cuerpos de Agua

ESTRATO	SUPERFICIE (M2.)		PRODUCCION (QQ.)	
01	24,695.02	36.02 %	631,952.58	17.26 %
02	47,186.24	39.61 %	1,095,548.94	29.94 %
03	4,134.59	2.71 %	10,4715.27	2.86 %
04	46,339.74	38.08 %	1,087,793.92	29.72 %
05	616.22	0.30 %	19,165.28	0.53 %
06	0.00	0.00 %	0.00	0.00 %
07	0.00	0.00 %	0.00	0.00 %
08	31,072.89	26.27 %	721,640.62	19.72 %
09	0.00	0.00 %	0.00	0.00 %
10	0.00	0.00 %	0.00	0.00 %
TOTAL	154,088.00 M2.		3,661,573.00 QQ.	

BASE DE INFORMACION:

La información para la elaboración del presente mapa fue obtenida de las Encuestas realizadas por la División de Estadísticas Agropecuarias de la BGRA y solo incluye la 1a. y 2a. cosecha.

Escala 1:1,000,000



DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA AGROPECUARIA
DIVISION DE INFORMACION GEOGRAFICA
ABRIL 1999

ANEXO C

**INFORMACION BOTANICA DE LOS CULTIVOS DE ARROZ, FRIJOL Y
SORGO.**

FIGURA C.1 PARTES DE LA PLANTA DEL ARROZ

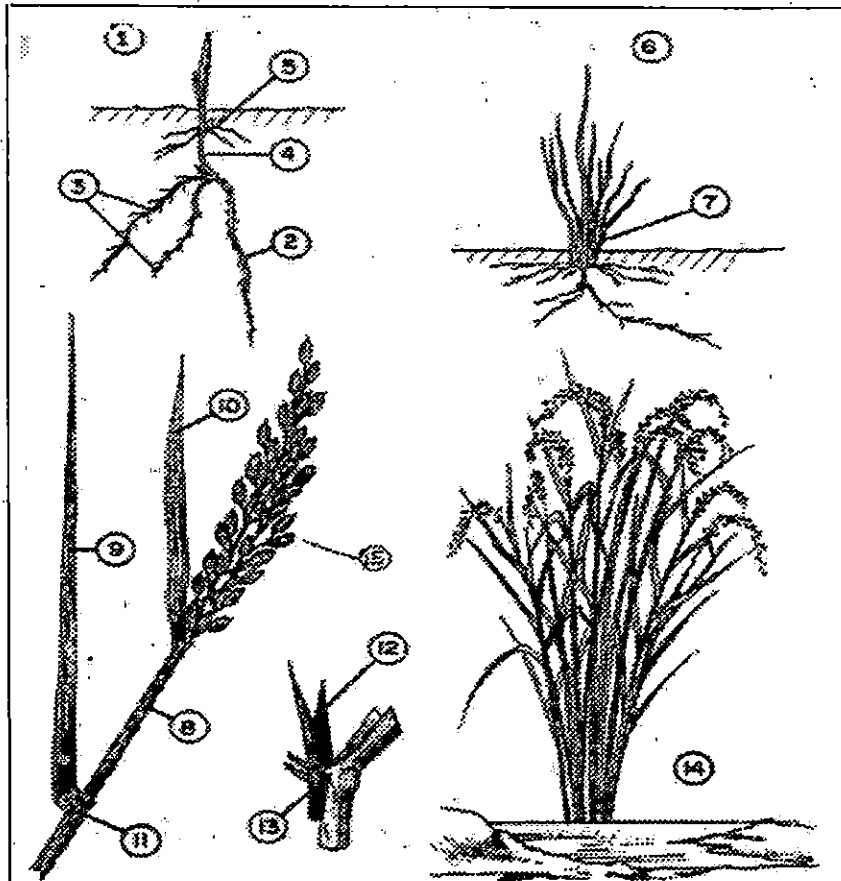


Figura C.1. a PARTES DE LA PLANTA DE ARROZ

Descripción Figura. C.1.a

- | | | | |
|-----|--------------------------------|------|---------------------------|
| (1) | Plantita de arroz. Al germinar | (9) | Hojas. |
| (2) | Raíz primaria. | (10) | Última hoja. |
| (3) | Raíces laterales. | (11) | Base de la hoja. |
| (4) | Hipocótilo. | (12) | Lígula |
| (5) | Nudo basal. | (13) | Aurícula. |
| (6) | Macollamiento. | (14) | Planta de Arroz madura |
| (7) | Macolla. | (15) | Inflorescencia ó panícula |
| (8) | Tallo. | | |



Figura C.1.b. Cultivo de Arroz



Figura C.1.c. Aporreo de Arroz

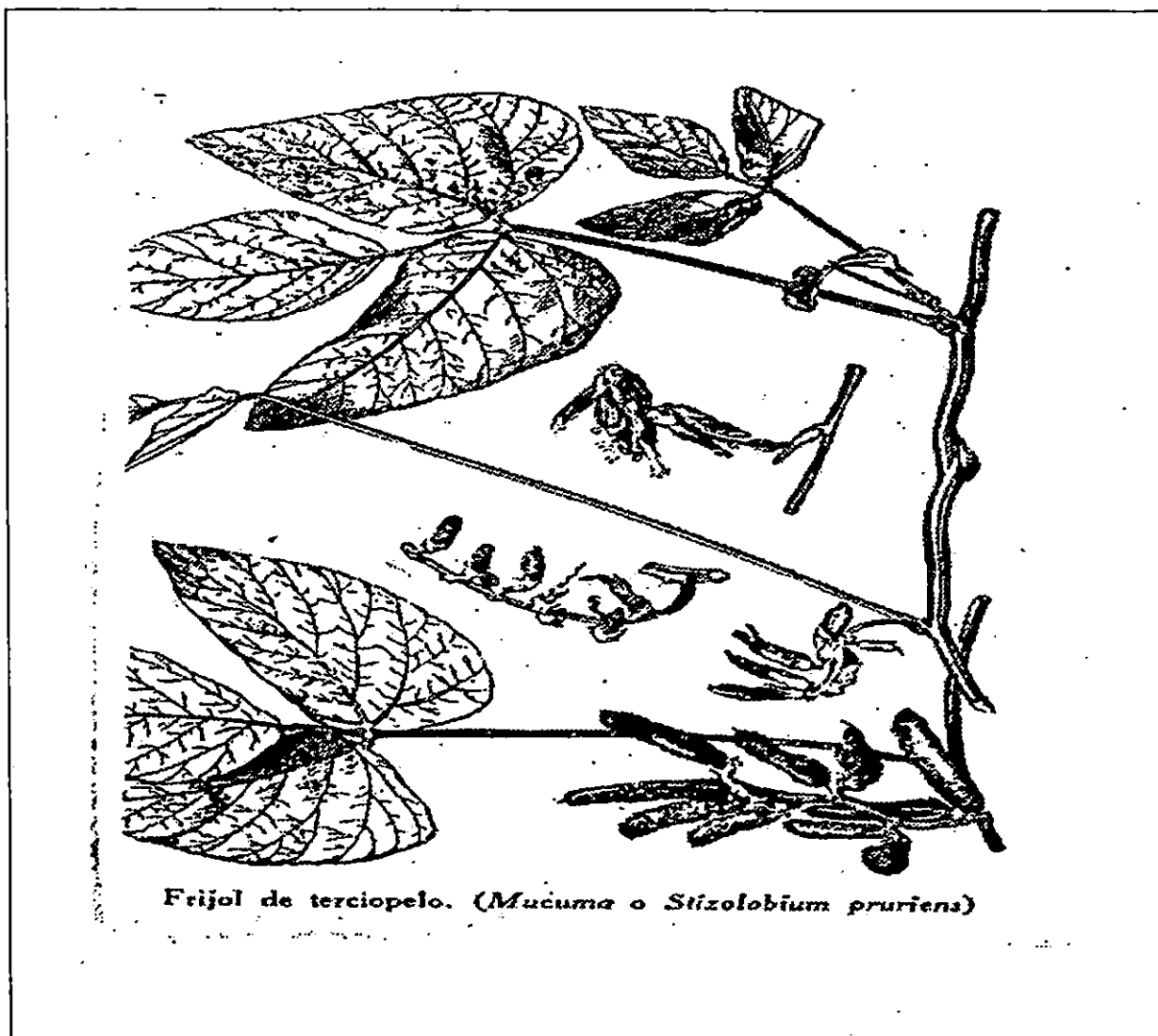


Figura C.2.a Planta de Frijol

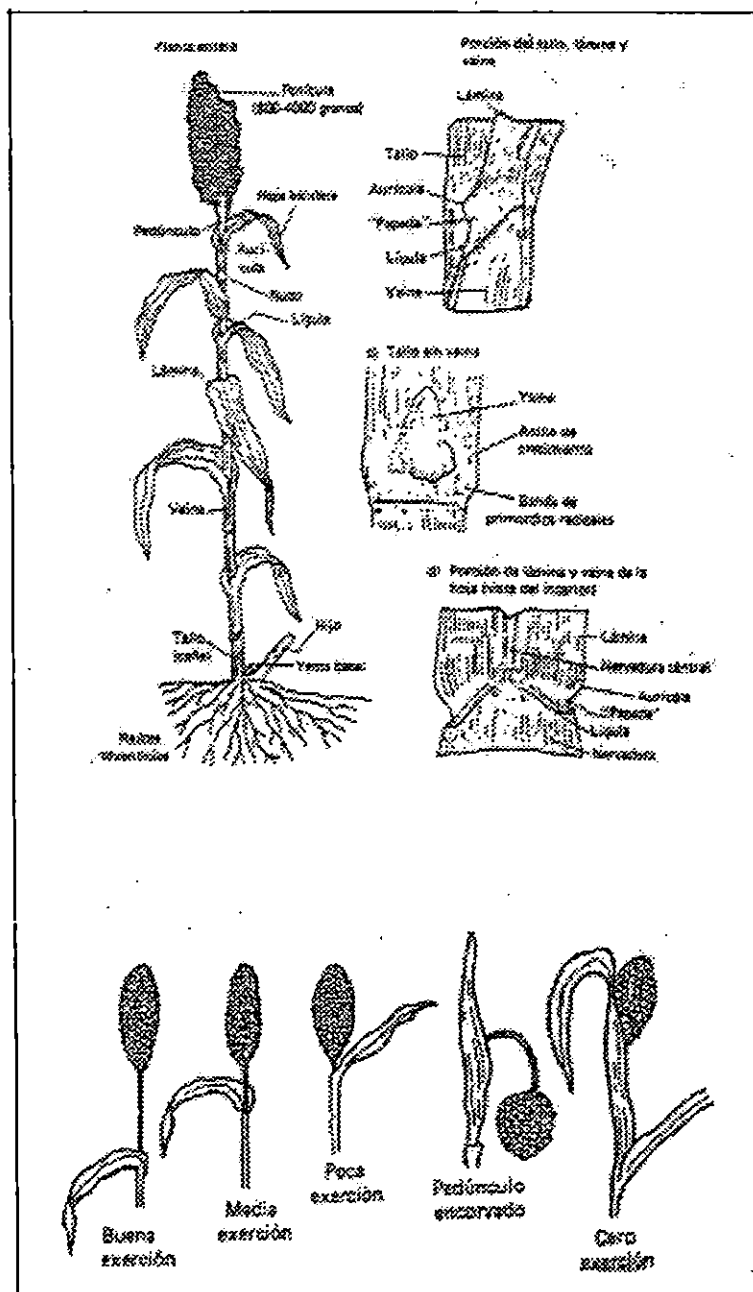


FIGURA C.3.a PARTES DE LA PLANTA DE SORGO



Figura C.3.b. Cultivo de Sorgo



Figura C.3.c Rastrojos de Sorgo

Cuadro C.1 Variedades de arroz recomendadas por el CENTA.

Características	CENTA A-1	CENTA A-2	CENTA A-4	CENTA A-5	CENTA A-6
Vigor	B	B	B	MB	MB
Macollamiento	B	MB	B	MB	B
Días a flor	95	105	85	104	103
Días a madurez	125	135	120	127	131
Altura planta (cm)	80-100	90-100	80-100	90-100	98
Acame	MR	MR	I	R	R
Desgrane	Muy R	MS	R	R	R
Tipo de grano	Largo	Largo	Largo	Ext. largo	Largo
Rendimiento Potencial (qq/mz)	100	100	100	138	140

Investigación del CENTA, Nov. 1995.

Nomenclatura: I=Intermedio

MB=Muy bueno

B=Bueno

MR=Moderadamente resistente

R=Resistente

MS=Moderadamente susceptible

Cuadro C.2 . Principales Características de las Variedades de Frijol Recomendadas por CENTA

VARIABLE	VARIEDADES		
	CENTA CUSCATLECO	DOR 482	DOR 582
Color del grano	Rojo oscuro	Rojo semioscuro	Rojo claro
Hábito de crecimiento	II B (arbustivo guía larga)	II A (arbustivo sin guía)	II B (guía corta)
Días de flor	35 a 37	34	34
Días de madurez fisiológica	70 a 75	67	69
Vainas por planta	20	10	20
Granos por vaina	6	6	6
Tamaño de grano (peso por 100 semillas)	24 g	20 g	22 g
Rendimiento	30 qq/Mz	30 qq/Mz	30 qq/Mz
Adaptación	100 -1500 m.s.n.m	100 -1500 m.s.n.m	20 -1500 m.s.n.m
Epocas de siembra	Mayo-agosto-noviembre	Mayo-agosto-noviembre	Mayo-agosto-noviembre
Virus del mosaico común	Resistente	Resistente	Resistente
Virus del mosaico dorado	Resistente	Resistente	Tolerante
Roya	Tolerante	Susceptible	Susceptible
Mustia hilachosa	Tolerante	Susceptible	Susceptible
Antracnosis	Tolerante	Susceptible	Susceptible
Bacteriosis	Susceptible	Susceptible	Tolerante

ANEXO D

**MARCO MUESTRAL DE PROBABILIDAD DE AREAS APLICADO AL
TERRITORIO DE EL SALVADOR**

D.1 Marco Muestral de Probabilidad por Areas

El Marco Muestral, cuyo título completo es Marco Muestral de Probabilidad de Areas, utiliza parcelas de tierra como unidades de investigación, las que reciben el nombre de segmentos. La tarea consiste en dividir el área total del terreno de un país o región en áreas pequeñas, de tamaño definido, usando límites naturales que puedan ser ubicados en el campo, tales como caminos, ríos, quebradas, etc. Para lo que se utilizan mapas cartográficos y fotografías aéreas. Estas pequeñas áreas geográficas ubicadas, listados y medidas en su conjunto nos da el Marco Muestral de Areas.(Marquez, . 1999).

Así, el marco de áreas es un método estadístico que, utilizando fotografías aéreas, contiene todas las proporciones de terreno, sin omisión ni traslape, las que serán seleccionadas al azar para que integren la muestra de un país, región, departamento o área especial .(Marquez,. 1999).

Entre las características sobresalientes del Marco Muestral de Probabilidad de Areas pueden mencionarse:

- a) **Actualización Permanente.** Un marco de áreas no se vuelve anticuado, pues aún cuando exista venta o herencia de terrenos, la tierra no cambia de ubicación, de allí su permanente actualización.
- b) **Rapidez en obtener los datos.** Debido a que se toma una muestra, la enumeración, la crítica y la tabulación de los datos es mucho más rápida que si se levantara un censo.
- c) **Costo más bajo.** El costo de una muestra es siempre menor que un censo.

Una vez que se cuenta con las fotografías aéreas como la mostrada en la figura D.1 del anexo D donde se encuentran delimitadas las porciones de terreno, es decir, una vez construido el marco, éste puede utilizarse para realizar encuestas por muestra o censo, tanto en el área urbana como en la rural (Marquez,. 1999).

Con las encuestas del área rural, puede lograrse información sobre:

- a) Area sembrada, en descanso y no utilizable.
- b) Producción y productividad por cultivo.
- c) Inventario de animales, maquinaria agrícola y edificios.
- d) Conocimientos tecnológicos.
- e) Tenencia de la tierra.
- f) Recursos Forestales.
- g) Comprobación de la calidad y cobertura de la asistencia técnica y crediticia.
- h) Almacenamiento de granos básicos.
- i) Pérdidas post-cosecha.
- j) Generación de residuos
- k) Daños causados a los cultivos por plagas, enfermedades y otros fenómenos.
- l) Enfermedades en ganado y aves.
- m)Producción Pecuaria.
- n) Insumos utilizados en agricultura y ganadería.
- Ñ)Costos de producción Agrícolas y Pecuarios.

El método de investigación en el cual interviene el Marco Muestral es el siguiente:

- a) **Construcción del Marco Muestral.** Esto se refiere a la selección de fotografías aéreas, delimitación de estratos, unidades de conteo, unidades de

marco y selección al azar de los segmentos. Esta actividad se realiza una sola vez y el MAG la tiene definida desde la implementación de este método estadístico (DGEA, 1993)

- b) **Planificación de la encuesta.** Consiste en definir la cobertura geográfica de la encuesta, las variables que se investigarán el procedimiento de tabulación; es decir, todas las decisiones técnicas que definirán las características de la encuesta. También, comprende los lineamientos para el diseño de la encuesta, y el adiestramiento personal. (DGEA, 1993)
- c) **Diseño de la muestra.** Consiste en aplicar fórmulas estadísticas para calcular el número de segmentos que se requieren por región y estrato, es decir, determinar el tamaño de la muestra (DGEA, 1993).
- d) **Encuesta.** Consiste en entrevistar directamente al agricultor, para la recolección de los datos. La encuesta debe ser sencilla y clara, con las preguntas necesarias para recolectar la información deseada. En el anexo D.2 se muestra el diseño de la encuesta utilizada para la recolección de información acerca de los rastrojos de los cultivos en estudio (DGEA, 1993)

D.2 Ventajas de utilizar un marco muestral de áreas:

i. Cobertura.

El marco muestral de probabilidad de área, tiene la característica de asegurar que toda la población está incluida en el marco; por lo tanto, no existe en el país una unidad de información que no tenga oportunidad de ser seleccionada con fines de muestreo. Conviene apuntar como adelanto que el universo nuestro es el área del país en términos de superficie (manzanas), la cual se divide mediante

distintas etapas hasta tener N pequeños bloques, sin omisión ni traslape (Quinteros, J. E. 1980)

ii. Versatilidad.

Es factible, mediante este sistema, investigar cualquier variable que pueda ser asociada con unidades de área y que tenga una distribución uniforme en el país o en un área considerable (Quinteros, 1980).

.En este sentido, existe la ventaja de poder abarcar en una sola encuesta distintos productos agrícolas, sin necesidad de realizar una encuesta específica por cada producto (Quinteros, 1980).

iii. Actualización.

Un marco de área no se vuelve anticuado con respecto a su cobertura. Varían únicamente:

- a. Aquella característica utilizada primeramente para dividir áreas, como es el grado de uso de la tierra y
 - b. Los linderos que se usan en toda subdivisión hasta N pequeños bloques.
- Estos dos problemas pueden obviarse:
1. Mediante una actualización del registro del grado de uso de la tierra por regiones cada cierto período (5-10) años y
 2. Actualizando el material cartográfico (mapas y fotografías aéreas) lo cual es factible realizarlo de manera continua.

Es sumamente importante en este sistema asegurarse de poseer en forma completa mapas y fotografías aéreas que cubran totalmente la superficie del país y sobre los cuales puede trazarse sucesivas divisiones hasta llegar a N bloques, que son en última instancia, los que constituyen el "Marco Muestral de Probabilidad de Área". A continuación se presenta los principales conceptos usados en la construcción del marco (Quinteros, 1980).

Región: Son las áreas en que se divide en la Instancia la República, con la finalidad de hacer estimaciones para zonas bien identificadas. Se considera que tiene menos riesgos una estimación a nivel de regiones que a nivel el país. Este método de estimación por regiones también está en concordancia con los distintos programas gubernamentales, los cuales se desarrollan a nivel de regiones(Quinteros,. 1980)

En este sentido, nuestro marco fue objeto de un importante cambio en el año e 1976, pues desde su construcción hasta esa fecha funcionaba con 3 regiones, las cuales estaban asociadas a las tres zonas geográficas del país, así: zona Occidental, Central y Oriental. A partir de entonces y con el fin hacer más homogéneas las regiones, la Central se subdividió en dos: Central y Paracentral, quedando la República dividida en regiones de la forma siguiente:

Cuadro D.1 Distribución Departamental de El Salvador por Regiones para el tiraje de Encuestas y el Muestreo.

Región	Cobertura por Departamentos
I	Ahuachapán Santa Ana Sonsonate
II	La Libertad San Salvador Chalatenango Cuscatlán
III	La Paz San Vicente Cabañas
IV	Usulután San Miguel Morazán La Unión

Conceptos Básicos aplicados al Marco Muestral.

a) Estrato.

Es un concepto teórico por medio del cual se ha clasificado áreas de tierra basándonos en el criterio de Grado de intensidad en el uso que e ellas se haga.

En tal sentido, existe para cada una de las 4 regiones las siguientes clasificación:

b) Bloque.

Es la materialización del concepto estrato. Es una "área clasificada en un estrato determinado, la cual ha sido totalmente delimitada en fotografías aéreas y mapas (Quinteros, 1980).

c) Unidad de Conteo.

Son las unidades menores en que se divide cada bloque con fines de muestreo; estas unidades, al igual que las unidades mayores, se delimitan, aprovechando límites físicos perfectamente visibles por lo menos en las fotografías aéreas (Quinteros, 1980).

d) Segmento.

Equivale a unidad de muestra. Son las áreas pequeñas en que se dividen las unidades de conteo seleccionadas para la muestra. El segmento es el área que se investiga de la encuesta (Quinteros, 1980).

Con el objeto de diferenciar los distintos estratos, se ha asignado un color específico a cada estrato con los que se dibuja los bloques en los mosaicos y las cartas topográficas, así:

Cuadro D.2. Estratos y sus colores.

Estrato	Color
01-02	Morado
03	Celeste
04	
05-06	Verde
07	Verde con sombra o Color amarillo
08	Color amarillo
09	Naranja
10-11	Café

D.3 Estado Actual del Marco de áreas

Antes de comenzar a trabajar en la recolección de información fue necesario actualizar los marcos de área para tener un número exacto de segmentos, ya que los números anteriores habían sufrido cambios debido a los diversos factores que influyen en las zonas estratificadas (Chanchán, 1996).

a) Actualización de estratos.

Fue necesario por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería actualizar el marco de áreas especialmente en el área de estratificaciones para ello procedieron de la siguiente manera a fin de obtener un número exacto de segmentos que estuviesen aleatoriamente distribuidos .

Inicialmente se tenía la idea de actualizar los estratos, utilizando imágenes de satélite, al hacer la interpretación remota. No fue posible, por lo que se envió una

brigada de enumeradores de la DGEA,* a hacer un barrido de los 55 cuadrantes que cubren el país y determinar visualmente el uso del suelo (Chanchán,. 1996).

b) Asignación final de Segmentos por Departamentos.

Quando se tuvo delimitado, con límites físicos, los departamentos, y con la actualización de los Estratos en base al uso del suelo, hecho por personal de la DGEA*, también delimitados y planimetrado dentro de cada departamento, se asignó en forma definitiva el número de segmentos Universos; Es decir, que de cuatro universos que se tienen con el marco de áreas vigente, se nos hacen catorce. El total de segmentos es de 31610 en todo el país (Chanchán,. 1996).

D.4 Selección de la Muestra.

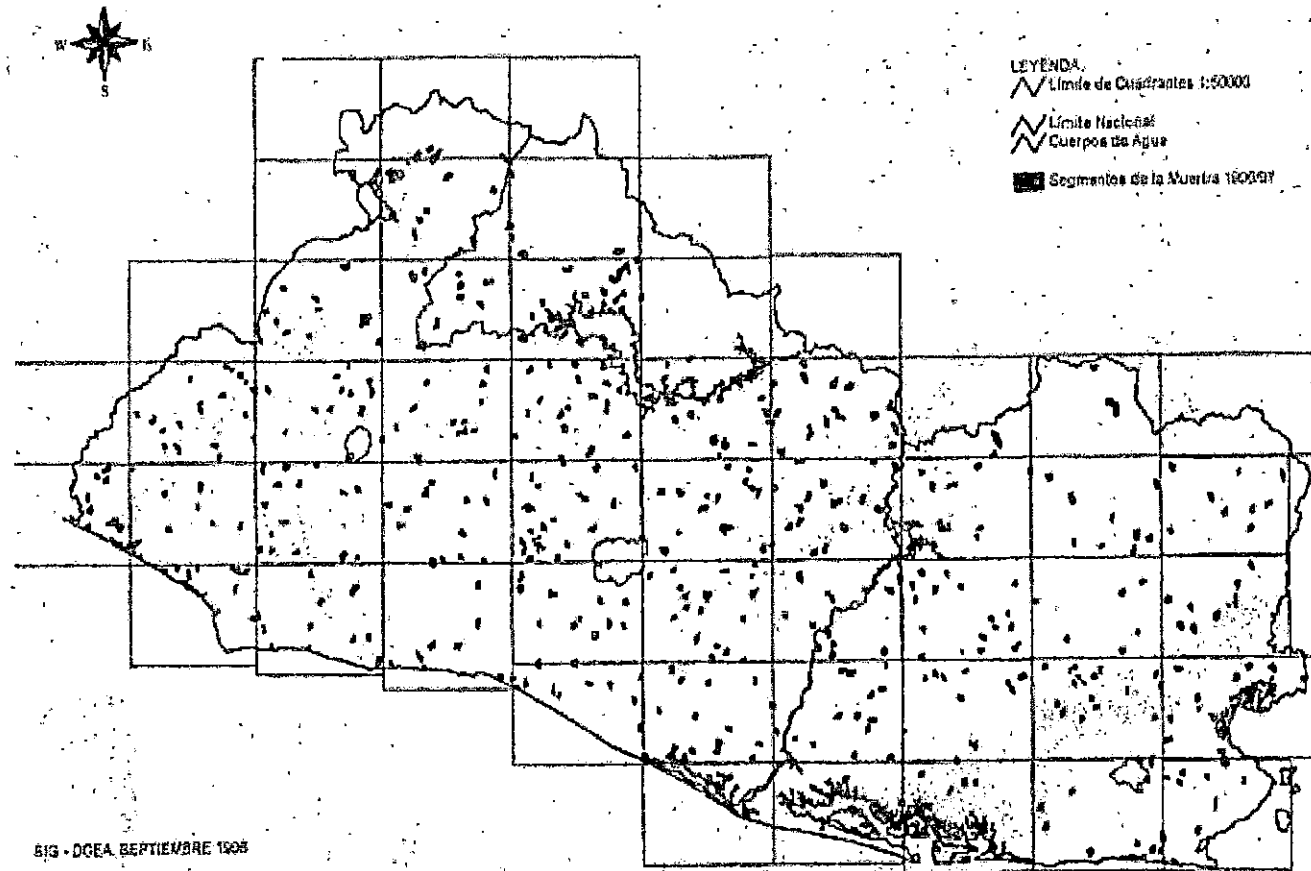
a.- Primero se selecciona la Unidad de Conteo en la cual se encuentra la unidad muestral o segmento, en forma aleatoria sistemática; aleatoria el número inicial y luego sistemática según el Intervalo calculado.

b.- Una vez seleccionado la Unidad de Conteo, se selecciona completamente al azar uno de los segmentos que han sido asignado a dicha Unidad de Conteo.

c. Después de haber seleccionado la unidad muestral se selecciona en forma aleatoria utilizando la técnica de muestreo aleatorio simple (Ver anexo D.3) y con la ayuda de fotografías aéreas y mapas de distribución de superficie, la población a encuestar (Chanchán, J. R. 1996).

* Dirección General de Economía Agrícola

Figura D.2 Ubicación de los Puntos de Muestra Obtenidos por Medio de Factores de Reducción



513 - DCEA, SEPTIEMBRE 1998

Cuadro D.3 Distribución muestral utilizada por el Ministerio de Agricultura en estratos, en cada departamento de la República de El Salvador.

Departamentos	Estrato 1		Estrato 2		Estrato 3		Estrato 4		Estrato 5		Estrato 6		Estrato 7		Estrato 8		Estrato 9		Total	
	N _h	n _h	N _h	n _h	N _h	n _h	N _h	n _h	N _h	n _h	N _h	n _h	N _h	n _h	N _h	n _h	N _h	n _h	N	n
Ahuachapán	484	14	498	14	622	18	136	6	83	2	11	2	6	2	197	8	10	2	2047	68
Santa Ana	273	12	244	12	978	36	642	35	142	4	41	2			547	30			2867	131
Sonsonate	884	18	306	8	650	15	191	6	61	2	49	2	4	2	89	4			2234	57
Chalatenango	74	4	440	15			474	21	15	2					1200	36			2203	78
La Libertad	898	50	18	2	968	50	582	45	173	8	22	2	36	2	44	4			2741	163
San Salvador	324	8	154	3	266	6	321	9	448	3	228	2			28	2			1769	33
Cuscatlán	370	15	330	15			225	12	22	2					57	3			1004	47
La Paz	1382	30	364	12	204	6	89	4	103	2			25	2	16	2	26	2	2209	60
Cabañas	148	4	366	12			315	14	13	2					522	20			1364	52
San Vicente	1016	18	964	18	64	2	142	4	29	2			10	2			13	2	2238	48
Usulután	1542	18	434	6	592	8	428	8	54	2	14	2	7	2			134	3	3205	49
San Miguel	620	9	1534	20	352	6	638	12	165	2	39	2			196	6			3544	57
Morazán			380	6	118	2	655	10	21	2					428	8			1602	28
La Unión	128	2	1132	14			524	9	49	2	11	2	8	2	700	12	31	2	2583	45
Total	8143	202	7164	157	4814	149	5362	195	1378	37	415	16	96	14	4024	135	214	11	31610	916

Fuente: MAG-DGA "Encuestas de Propósitos Múltiples" 1998-1999

Cuadro D.4 Distribución de la Submuestra obtenida al aplicar el Factor de Reducción El Salvador.

Departamento	Estrato 1			Estrato 2			Estrato 3			Estrato 4			Estrato 5			Estrato 6			Estrato 7			Estrato 8			Estrato 9			Total		
	J_h	K_h	n_h	J_h	K_h	n_h	J_h	K_h	n_h	J_h	K_h	n_h	J_h	K_h	n_h	J_h	K_h	n_h	J_h	K_h	n_h	J_h	K_h	n_h	J_h	K_h	n_h	J_h	K_h	n_h
Ahuachapán	2	7	14	2	7	14	3	6	18	2	3	6	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	4	8	1	2	2	15	35	68
Santa Ana	3	4	12	3	4	12	4	9	36	5	7	35	22	2	4	1	2	2			0	5	6	30			0	23	34	131
Sonsonate	3	6	18	2	4	8	3	5	15	2	3	6	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	4			0	15	26	57
Chalatenango	2	2	4	3	5	15			0	3	7	21	1	2	2			0			0	4	9	36			0	13	25	78
La Libertad	5	10	50	1	2	2	5	10	50	5	9	45	2	4	8	1	2	2	1	2	2	2	2	4			0	22	41	163
San Salvador	2	4	8	1	3	3	2	3	6	3	3	9	1	3	3	1	2	2			0	1	2	2			0	11	20	33
Cuscatlán	3	5	15	3	5	15			0	3	4	12	1	2	2			0			0	1	3	3			0	11	19	47
La Paz	5	6	30	3	4	12	2	3	6	2	2	4	1	2	2			0	1	2	2	1	2	2	1	2	2	16	23	60
Cabañas	2	2	4	3	4	12			0	2	7	14	1	2	2			0			0	4	20	20			0	12	20	52
San Vicente	3	6	18	3	6	18	1	2	2	2	2	4	1	2	2			0	1	2	2		0	0	1	2	2	12	22	48
Usulután	3	6	18	2	3	6	2	4	8	2	4	8	1	2	2	1	2	2	1	2	2		0	0	1	3	3	13	26	49
San Miguel	3	3	9	4	5	20	2	3	6	3	4	12	1	2	2	1	2	2			0	2	6	6			0	16	22	57
Morazán			0	2	3	6	1	2	2	2	5	10	1	2	2			0			0	2	8	8			0	8	16	28
La Unión	1	2	2	2	7	14			0	3	3	9	1	2	2	1	2	2	1	2	2	3	12	12	1	2	2	13	24	45
Total	37	63	202	34	62	157	25	47	149	39	63	195	16	31	37	8	16	16	7	14	14	29	135	13	5	1	1	200	353	916

Fuente: MAG-DGA "Encuestas de Propósitos Múltiples" 1998-1999

 n_h : Número original de elementos a muestrear J_h : Factor de Reducción K_h : Número de Segmentos Reducidos con el factor

Anexo E

**Encuesta Utilizada Para Recolectar Información Acerca de la
Cantidad De Rastrojos de Arroz, Frijol y Sorgo en El Salvador**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

ENCUESTA SOBRE RESIDUOS AGRICOLAS

Investigación de campo para la realización del trabajo de graduación denominado "Evaluación del potencial energético de residuos agrícolas vegetales en El Salvador. Parte II: Residuos de Arroz (*Oriza sativa*), Frijol (*Phaseolus vulgaris*) y Sorgo (*Sorghum vulgaris*) "

1.0 UBICACION GEOGRAFICA

1.1 Región _____

1.2 Departamento: _____

1.3 Municipio o Jurisdicción: _____

1.4 Localidad: _____

1.5 Topografía del terreno: Accidentado Plano

2.0 GENERALIDADES SOBRE LOS CULTIVOS

2.1 ¿Cosecha ud. los siguientes cultivos? (si es Sí, ¿Qué variedad?)

Cultivo	"x"	Variedad
Arroz		
Frijol		
Sorgo		

2.2 ¿Cuál es el número de cosechas por año que realiza de sus cultivos, y la(s) época(s) de recolección de estos?.

Cultivo	Nº de cosechas por año	Época (meses)
Arroz		
Frijol		
Sorgo		

2.3 ¿Cuánto tiempo dura tradicionalmente la recolección para cada cultivo (días)?.

Arroz _____ Frijol _____ Sorgo _____

2.4 ¿Cuál es el área que tiene cultivada, y cuántas plantas se cosechan por metro cuadrado?.

Cultivo	Área cultivada	Nºde plantas por m ²
Arroz		
Frijol		
Sorgo		

3.0 INFORMACION DE LOS RESIDUOS AGRICOLAS.

3.1 De los siguientes residuos, ¿cuáles y cuánto estima como la cantidad obtenida en su actividad agrícola?.

Cultivo	Tipo de Residuo	"X"	Cantidad
Arroz	Zacate		
	Granza		
Frijol	Planta		
Sorgo	Tronco		
	Raíz		

3.2 ¿Cuáles posibles usos para los residuos conoce ud.?

Combustible Forraje Fertilizante

Otros ¿Cuáles? _____

3.3 Mencione los usos actuales de sus residuos agrícolas y las cantidades estimadas que emplea para cada uno de esos usos.

Cultivo	Uso	Cantidad
Arroz		
Frijol		
Sorgo		

3.4 ¿Tiene residuos sobrantes? Si No (si es No, pase a la pregunta 3.6)
¿Cuanto? _____

3.5 ¿Que hacen con sus residuos sobrantes?

Botarlos Regalarlos

Otros ¿Cuáles? _____

3.6 ¿Que desventaja le traería el utilizar los residuos agrícolas para fines distintos de los actuales?

a) Ninguna _____

b) Mayores costos en fertilizantes _____

c) Mayores costos en alimentación animal _____

d) Pérdida de suelos y de humedad en estos _____

e) Otros, explique _____

3.7 ¿Estaría interesado en comercializar sus residuos? Si No

4.0 ASPECTOS VARIOS.

4.1 ¿Cuál es el principal combustible que utiliza en sus actividades cotidianas?

a. Leña b. Gas propano c. Kerosene d. Carbón de leña

e. Otros, especifique: _____

4.2 ¿Tiene acceso a la electricidad en la zona? Si No

4.3 ¿Los caminos a su zona de producción permiten la entrada de vehículos?

Si No

4.4 Especifique los medios de transporte que pueden acceder a esta zona

OBSERVACIONES

ANEXO F

HERRAMIENTAS ESTADISTICAS.

F.1. Muestreo Aleatorio Simple

El muestreo aleatorio simple es un procedimiento de selección de una muestra por el cual todo y cada uno de los elementos de la población tienen igual probabilidad de ser incluidos en la muestra; entonces, si toda unidad disponible para observación (llamada unidad de muestreo) tienen la misma probabilidad de ser escogida; se sigue que, "toda muestra aleatoria de igual tamaño, tomada de una población dada ha de tener la misma probabilidad de ser tomada".

Cómo escoger una muestra aleatoria simple? Uno de los métodos más sencillos consiste en numerar todos los elementos de la población; escribir los números en tarjetas o fichas o bolas, poner luego en una caja o bolsa estos objetos numerados y mezclarlos completamente. Se determina entonces, el tamaño n de la muestra y se sacan los objetos al azar, uno por uno, hasta tener el número deseado de partidas para anotar.

Otro método más técnico y confiable consiste en usar tablas de números aleatorios. En la mayor parte de los libros de estadística aparece este tipo de tablas; sin embargo, uno mismo puede elaborar sus tablas, haciendo uso de una urna con diez bolas, de ping pong por ejemplo, numerarlas del 0 al 9; se sacan las bolas con reemplazamiento y se anotan los números que salgan formando bloque de números con los dígitos que uno desee. El proceso es eminentemente aleatorio ya que cada dígito tiene la misma probabilidad de $1/10$ de salir. Con un ejemplo ilustraremos el uso de la tabla de números aleatorios.

Supongamos que tenemos una población de tamaño $N= 100$ y deseamos tomar una muestra de tamaño $n = 15$. Lo primero es numerar la población de la siguiente manera: Por ser $N = 100$ potencia de 10, la numeración de la población queda así: 00 - 01-02 - 03 - 04 - 05 - 06 - 07 - 08 - 09 - 10 - 11 - 12 99. Una

vez numerados los elementos de la población, se toman los primeros dos dígitos de los bloques de números de la tabla, con un comienzo aleatorio. Supongamos que el comienzo fue a partir del tercer bloque y quinta fila, es decir:

58854
01148
56144
78742
61504
81933

Los números escogidos -siguiendo hacia abajo- son: 58 - 56 - 78 - 61-81- 59 - 79 -07 - 82 -17 - 22 - 89 - 21 y 70. Obsérvese que después del 22 sigue el 59, el cual no se tomó, porque ya había sido seleccionado.

Supongamos ahora que la población tiene $N = 825$ elementos de los cuales tomaremos una muestra de $n = 20$. Por no ser potencia de 10 el tamaño de la población, se toman de la tabla, números de tres cifras, sin pasar de 825. Supongamos que el comienzo aleatorio es el sexto bloque y la onceava fila; es decir:

58446
332910
76159...

Los números seleccionados - siguiendo hacia abajo - son: 584-329-761-386-001-678-823-772-304-815-489-443-727-196-627, y así sucesivamente hasta completar la muestra. Obsérvese que después del número 386 sigue el 904 que no se tomó por ser mayor a 825; lo mismo se hizo con los números 888-876, mayores al tamaño de la población.

Vamos a suponer, esta vez, que $N = 6645$, y la muestra tomada es $n=400$. Los elementos de la población quedan numerados así: 0001-0002-0003-0004.....3645. Supongamos que el comienzo aleatorio es el octavo bloque y la veinteava fila, es decir:

55627

14812

44428.....

Esta vez los números serán escogidos siguiendo hacia arriba; estos números son: 5562-0038-0614-4524-5111-0567-4990-3878-1391-5620-5448-4570-3050-3738-2145. En éste número termina el bloque octavo. Los siguientes números se pueden escoger siguiendo, ya sea en el séptimo o en doceavo bloque de números; si optamos por el séptimo, los números que se siguen seleccionando son: 1228-3156-5620-5893-0844 y así sucesivamente, hasta escoger la muestra.

Cuadro F.1 Números Aleatorios

55034	81217	90564	81943	11241	84512	12288	89862	00760	76159
25521	99536	43233	48786	49221	06960	31564	21458	88199	06312
85421	72744	97242	66383	00132	05661	96442	57671	57671	27916
61219	48390	47344	30413	39392	91365	56203	05330	05330	31196
20230	03147	58854	11650	28415	12821	58931	65989	65989	26675
95776	83206	56144	55953	89787	64426	08448	457007	80364	60262
07603	17344	01148	83300	96955	65027	31713	89013	79557	49755
00645	17459	78742	39005	36027	98807	72666	72666	68262	38827
62950	83162	61504	31557	80590	47893	72360	72360	08396	33674
79350	10276	81933	26347	08068	67816	06659	06659	74166	85519
48339	69834	59047	82175	92010	58446	69591	56205	95700	86211
05842	08439	79839	50957	32059	32910	15842	13918	41365	80115
25855	02209	07307	59942	71389	76389	11263	38787	61541	22606
25272	16152	82323	70718	98081	38631	91956	49909	76253	33970
73003	29058	17605	49298	47675	90445	68919	05676	23823	84892
81310	94430	22663	96584	38142	00146	17496	51115	61458	65790
10024	44713	59832	80721	63711	67882	25100	45245	55743	67618
84671	52806	89124	37691	20897	82339	22627	06142	05773	03547
29296	58162	21858	33732	94056	88806	54603	00384	66340	69232
51771	94074	70630	41286	90583	87680	13661	55627	23670	35109
42166	56251	60770	51672	36031	77273	85218	14812	90758	23677
78355	67041	22492	51522	31164	30450	27600	44428	96380	26772
09552	51347	33864	89018	73418	81538	77399	30448	97740	18158
15771	63127	34847	05660	06156	48970	55699	61818	91763	20821
13231	99058	93754	36730	44286	44326	15729	37500	47269	13333
50583	03570	38472	73236	67613	72780	78174	18718	99092	64114
99485	57330	10634	74905	90671	13643	69903	60950	17968	37217
54676	39524	73785	48864	69835	62798	65205	69187	05572	74741
99343	71549	10248	76036	31702	76868	88909	69574	27642	00336
35492	40231	34868	55356	12847	68093	52643	32732	67016	46784
98170	25384	03841	23920	47954	10359	70114	11177	63298	99903
02670	86165	56860	02592	01646	42200	79950	37764	18234	71952
36934	42879	81637	79952	07066	41625	96804	92388	88860	68580
56851	12778	24309	73660	84264	24668	16686	02239	66022	64133
05464	28892	14271	23778	88599	33884	33884	88783	39015	57118
15025	20237	63386	71122	06620	07415	94982	32324	79427	70387
95610	08030	81469	91066	88857	56538	01224	28097	19726	71465
09026	40378	05731	55128	74298	49196	31669	42605	30368	96424

Cuadro F.3 Cálculo de Varianza para el Cultivo de Arroz

DEPARTAMENTO	ARROZ	(X-Xprom)	(X-Xprom)^2
Santa Ana	1.25	5.18	26.8324
Sonsonate	80	73.57	5412.5449
	9	2.57	6.6049
	6.8	0.37	0.1369
	36	29.57	874.3849
	4	2.43	5.9049
Ahuachapan	6	0.43	0.1849
	4.5	1.93	3.7249
	5.9	0.53	0.2809
Cuscatlán	2.2	4.23	17.8929
	3	3.43	11.7649
	6	0.43	0.1849
	2	4.43	19.6249
	2	4.43	19.6249
	2.25	4.18	17.4724
Libertad	6	0.43	0.1849
	16	9.57	91.5849
	2.25	4.18	17.4724
	20	13.57	184.1449
	16	9.57	91.5849
	15	8.57	73.4449
	10	3.57	12.7449
	3	3.43	11.7649
	3	3.43	11.7649
	24	17.57	308.7049
Chalatenango	4	2.43	5.9049
	3	3.43	11.7649
	35	28.57	816.2449
	6	0.43	0.1849
San Salvador	1.1	5.33	28.4089
	6.5	0.07	0.0049

pasa...

Continuación Cuadro F.3 Cálculo de Varianza para el Cultivo de Arroz

DEPARTAMENTO	ARROZ	(X-Xprom)	(X-Xprom)^2
La Paz	13.5	7.07	49.9849
	4	2.43	5.9049
	2	4.43	19.6249
	1	5.43	29.4849
	4	2.43	5.9049
	7	0.57	0.3249
	1.25	5.18	26.8324
	6	0.43	0.1849
	4	2.43	5.9049
	1	5.43	29.4849
	1.1	5.33	28.4089
	1.1	5.33	28.4089
	4.5	1.93	3.7249
	13.5	7.07	49.9849
San Vicente	3	3.43	11.7649
	9	2.57	6.6049
	13.7	7.27	52.8529
	2.5	3.93	15.4449
	4	2.43	5.9049
	4	2.43	5.9049
	2.5	3.93	15.4449
	6	0.43	0.1849
	1.5	4.93	24.3049
	3.75	2.68	7.1824
	2	4.43	19.6249
	4	2.43	5.9049
	2.5	3.93	15.4449
	2.5	3.93	15.4449
	2	4.43	19.6249
	4	2.43	5.9049
	2.5	3.93	15.4449
Usulután	11.2	4.77	22.7529
	0.3	6.13	37.5769
	1.25	5.18	26.8324
	2.1	4.33	18.7489
	5	1.43	2.0449
	1	5.43	29.4849
	2	4.43	19.6249
	1	5.43	29.4849
	1	5.43	29.4849

pasa...

Continuación Cuadro F.3 Cálculo de Varianza para el Cultivo de Arroz

DEPARTAMENTO	ARROZ	(X-Xprom)	(X-Xprom)^2
Usulután	11.2	4.77	22.7529
	0.3	6.13	37.5769
	1.25	5.18	26.8324
	2.1	4.33	18.7489
	5	1.43	2.0449
	1	5.43	29.4849
	2	4.43	19.6249
	1	5.43	29.4849
	1	5.43	29.4849
San Miguel	3	3.43	11.7649
	3	3.43	11.7649
	1	5.43	29.4849
	0.5	5.93	35.1649
	1	5.43	29.4849
	0.5	5.93	35.1649
Cabañas	2.3	4.13	17.0569
	3.5	2.93	8.5849
	4.5	1.93	3.7249
	5.5	0.93	0.8649
	2.5	3.93	15.4449
Total	527.3		9024.7688

PROMEDIO: 6.430487805

VARIANZA: 21.2349161

Cuadro F.4 Cálculo de Varianza para el Cultivo de Frijol

DEPARTAMENTO	FRIJOL	(X-Xprom)	(X-Xprom)^2
Santa Ana	1	0.99	0.9801
	1.25	0.74	0.5476
	0.25	1.74	3.0276
	0.3	1.69	2.8561
	8.3	6.31	39.8161
	1.8	0.19	0.0361
	2.5	0.51	0.2601
	5.6	3.61	13.0321
	0.6	1.39	1.9321
	0.25	1.74	3.0276
	12	10.01	100.2001
	4.3	2.31	5.3361
	0.1	1.89	3.5721
	0.15	1.84	3.3856
	12.5	10.51	110.4601
	0.2	1.79	3.2041
	3.3	1.31	1.7161
	6.25	4.26	18.1476
	1.25	0.74	0.5476
	0.2	1.79	3.2041
1.5	0.49	0.2401	
0.6	1.39	1.9321	
0.275	1.715	2.941225	
2	0.01	0.0001	
0.05	1.94	3.7636	
5	3.01	9.0601	
Sonsonate	0.3	1.69	2.8561
	0.5	1.49	2.2201
	1.1	0.89	0.7921
	0.4	1.59	2.5281
	0.4	1.59	2.5281

pasa...

Continuación Cuadro F.4 Cálculo de Varianza para el Cultivo de Frijol

DEPARTAMENTO	FRIJOL	(X-Xprom)	(X-Xprom)^2	
Ahuachapan	0.8	1.19	1.4161	
	0.3	1.69	2.8561	
	0.5	1.49	2.2201	
	0.3	1.69	2.8561	
	0.2	1.79	3.2041	
	0.3	1.69	2.8561	
	1	0.99	0.9801	
	0.3	1.69	2.8561	
	0.15	1.84	3.3856	
	0.4	1.59	2.5281	
	0.2	1.79	3.2041	
	0.6	1.39	1.9321	
	0.4	1.59	2.5281	
	4.65	2.66	7.0756	
	0.25	1.74	3.0276	
	0.25	1.74	3.0276	
	0.3	1.69	2.8561	
	Cuscatlán	0.3	1.69	2.8561
		10.5	8.51	72.4201
		0.3	1.69	2.8561
0.1		1.89	3.5721	
6		4.01	16.0801	
2		0.01	0.0001	
0.1		1.89	3.5721	
5		3.01	9.0601	
3.1		1.11	1.2321	
4.8		2.81	7.8961	
La Libertad	2.8	0.81	0.6561	
	0.3	1.69	2.8561	
	0.15	1.84	3.3856	
	0.25	1.74	3.0276	
	6	4.01	16.0801	
	0.1	1.89	3.5721	
	0.15	1.84	3.3856	
	0.75	1.24	1.5376	
	0.2	1.79	3.2041	
	0.75	1.24	1.5376	
	0.6	1.39	1.9321	
	0.8	1.19	1.4161	
	0.3	1.69	2.8561	
	0.9	1.09	1.1881	
	0.7	1.29	1.6641	
1	0.99	0.9801		
1.25	0.74	0.5476		
0.45	1.54	2.3716		
0.25	1.74	3.0276		

pasa...

Continuación Cuadro F.4 Cálculo de Varianza para el Cultivo de Frijol

DEPARTAMENTO	FRIJOL	(X-Xprom)	(X-Xprom)^2
Chalatenango	0.15	1.84	3.3856
	0.15	1.84	3.3856
	0.25	1.74	3.0276
	0.5	1.49	2.2201
	5	3.01	9.0601
	0.3	1.69	2.8561
	0.45	1.54	2.3716
	0.25	1.74	3.0276
	0.25	1.74	3.0276
	San Salvador	0.15	1.84
0.4		1.59	2.5281
0.75		1.24	1.5376
3		1.01	1.0201
0.19		1.8	3.24
1.25		0.74	0.5476
3		1.01	1.0201
0.55		1.44	2.0736
0.6		1.39	1.9321
24		22.01	484.4401
0.7		1.29	1.6641
1		0.99	0.9801
0.5		1.49	2.2201
0.15		1.84	3.3856
La Paz		0.4	1.59
	0.3	1.69	2.8561
	0.7	1.29	1.6641
San Vicente	0.9	1.09	1.1881
	0.6	1.39	1.9321
	0.5	1.49	2.2201
	1	0.99	0.9801
	9	7.01	49.1401
	2	0.01	0.0001
	1.5	0.49	0.2401
	6.25	4.26	18.1476
	1.5	0.49	0.2401
	0.6	1.39	1.9321
	0.5	1.49	2.2201
	2.5	0.51	0.2601
La Unión	1.25	0.74	0.5476
	0.5	1.49	2.2201
	0.35	1.64	2.6896
	0.6	1.39	1.9321
	0.12	1.87	3.4969
	0.6	1.39	1.9321
	0.6	1.39	1.9321

pasa...

Continuación Cuadro F.4 Cálculo de Varianza para el Cultivo de Frijol

DEPARTAMENTO	FRIJOL	(X-Xprom)	(X-Xprom)^2
Morazan	0.3	1.69	2.8561
	18	16.01	256.3201
	46	44.01	1936.8801
	0.5	1.49	2.2201
	0.2	1.79	3.2041
	0.15	1.84	3.3856
San Miguel	3	1.01	1.0201
	3	1.01	1.0201
	0.4	1.59	2.5281
	0.2	1.79	3.2041
	0.25	1.74	3.0276
	0.5	1.49	2.2201
Cabañas	0.9	1.09	1.1881
	0.55	1.44	2.0736
	0.5	1.49	2.2201
	1	0.99	0.9801
	1.5	0.49	0.2401
	0.45	1.54	2.3716
	0.45	1.54	2.3716
	0.15	1.84	3.3856
	0.5	1.49	2.2201
Total	298.785		3462.17683

PROMEDIO:

1.9919

VARIANZA: 23.2360824

Cuadro F.5 Cálculo de Varianza para el Cultivo de Sorgo

DEPARTAMENTO	SORGO	(X-Xprom)	(X-Xprom)^2
Santa Ana	8	4.494	64
	10	2.494	100
	2	10.494	4
	4.5	7.994	20.25
	5.5	6.994	30.25
	4.7	7.794	22.09
	1.1	11.394	1.21
	8.5	3.994	72.25
	12	0.494	144
	1.5	10.994	2.25
	5	7.494	25
	8	4.494	64
	15	2.506	225
	5.6	6.894	31.36
	Sonsonate	6.75	5.744
3		9.494	9
0.8		11.694	0.64
5.25		7.244	27.5625
7.5		4.994	56.25
6		6.494	36
7		5.494	49
9		3.494	81
6		6.494	36
10.5		1.994	110.25
4.5		7.994	20.25
11.4	1.094	129.96	
2	10.494	4	

pasa...

Continuación Cuadro F.5 Cálculo de Varianza para el Cultivo de Sorgo

DEPARTAMENTO	SORGO	(X-Xprom)	(X-Xprom)^2
Ahuachapan	3	9.494	9
	4.5	7.994	20.25
	15	2.506	225
	40	27.506	1600
	8	4.494	64
	12	0.494	144
	4.5	7.994	20.25
	1.5	10.994	2.25
	14	1.506	196
	15	2.506	225
	3	9.494	9
	5.2	7.294	27.04
	4.5	7.994	20.25
	3.5	8.994	12.25
	4.5	7.994	20.25
	55	42.506	3025
	8.4	4.094	70.56
	3.4	9.094	11.56
	27.5	15.006	756.25
	30	17.506	900
7	5.494	49	
4	8.494	16	
35	22.506	1225	
7.8	4.694	60.84	
3	9.494	9	
1.6	10.894	2.56	
Cuscatlan	0.75	11.744	0.5625
	16	3.506	256
	2	10.494	4
	3	9.494	9
La Libertad	8	4.494	64
	2.5	9.994	6.25
	14	1.506	196
	3	9.494	9
	2	10.494	4
	36	23.506	1296
	48	35.506	2304
	96	83.506	9216
12	0.494	144	
16	3.506	256	

pasa...

Continuación Cuadro F.5 Cálculo de Varianza para el Cultivo de Sorgo

DEPARTAMENTO	SORGO	(X-Xprom)	(X-Xprom)^2
Chalatenango	2	10.494	4
	16	3.506	256
	2	10.494	4
	40	27.506	1600
	18	5.506	324
	28	15.506	784
	3.75	8.744	14.0625
	8	4.494	64
	3	9.494	9
	7	5.494	49
	38.5	26.006	1482.25
	3	9.494	9
	2	10.494	4
	8	4.494	64
	San Salvador	13	0.506
La Paz	1.3	11.194	1.69
	4.5	7.994	20.25
	1.75	10.744	3.0625
	2	10.494	4
	1.5	10.994	2.25
2.25	10.244	5.0625	
San Vicente	4	8.494	16
	3.5	8.994	12.25
	1.5	10.994	2.25
	3	9.494	9
	2.5	9.994	6.25
La Unión	4	8.494	16
	12	0.494	144
	24	11.506	576
	1.5	10.994	2.25
	20	7.506	400
	40	27.506	1600
	15	2.506	225
	10	2.494	100
	20	7.506	400
	12	0.494	144
	5	7.494	25
	15	2.506	225
	12	0.494	144
	20	7.506	400
	10	2.494	100
9	3.494	81	
4	8.494	16	
20	7.506	400	
4	8.494	16	
9	3.494	81	
180	167.506	32400	
50	37.506	25	

Continuación Cuadro F.5 Cálculo de Varianza para el Cultivo de Sorgo

DEPARTAMENTO	SORGO	(X-Xprom)	(X-Xprom)^2	
Usulután	24	11.506	576	
	14	1.506	196	
	12	0.494	144	
	9	3.494	81	
	7	5.494	49	
	6	6.494	36	
	3.5	8.994	12.25	
	40	27.506	1600	
	5	7.494	25	
	3	9.494	9	
	32	19.506	1024	
	4	8.494	16	
	7	5.494	49	
	15	2.506	225	
	Morazán	1.2	11.294	1.44
		15	2.506	225
2		10.494	4	
15		2.506	225	
0.7		11.794	0.49	
42		29.506	1764	
60		47.506	3600	
50		37.506	2500	
20		7.506	400	
12		0.494	144	
0.8		11.694	0.64	
6		6.494	36	
10	2.494	100		

pasa...

Continuación Cuadro F.5 Cálculo de Varianza para el Cultivo de Sorgo

DEPARTAMENTO	SORGO	(X-Xprom)	(X-Xprom)^2
San Miguel	1.5	10.994	2.25
	12	0.494	144
	1.5	10.994	2.25
	12	0.494	144
	4	8.494	16
	4	8.494	16
	2	10.494	4
	3	9.494	9
	0.9	11.594	0.81
	23	10.506	529
	35	22.506	1225
	30	17.506	900
	3.5	8.994	12.25
	36	23.506	1296
	13	0.506	169
	6	6.494	36
	9	3.494	81
Cabañas	1.5	10.994	2.25
	3	9.494	9
	1.9	10.594	3.61
	0.5	11.994	0.25
	4	8.494	16
	0.6	11.894	0.36
	1.9	10.594	3.61
	1	11.494	1
	4	8.494	16
Total	2149.05		87563.4075

PROMEDIO: 12.49447674

VARIANZA: 55.47130157

F.3 Intervalo de Confianza para la Media de una Distribución Normal con Variancia Desconocida y Criterio Q

Supongamos que x es una variable aleatoria normal, con media μ y variancia σ^2 , ambas conocidas. A partir de una muestra aleatoria de n observaciones, se calculan la media muestral X y la variancia muestral S^2 . Entoces, un intervalo de confianza bilateral al 100 $(1 - \alpha)\%$ para la media verdadera es

$$X - t_{\alpha/2, n-1} \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq X + t_{\alpha/2, n-1} \frac{S}{\sqrt{n}}$$

donde $t_{\alpha/2, n-1}$ representa el punto porcentual de la distribución t con $n-1$ grados de libertad, tal que $P\{ t_{,n-1} \geq t_{\alpha/2, n-1} \} = \alpha / 2$. Los correspondientes intervalos de confianza inferior y superior al 100 $(1-\alpha)\%$ son

$$\mu \leq X + t_{\alpha, n-1} \frac{S}{\sqrt{n}}$$

y

$$X - t_{\alpha, n-1} \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu$$

respectivamente.

Q de Dixon

Una forma de estudiar una medida sospechosa es comparar la diferencia entre ella y la medida más próxima en tamaño, con la diferencia entre las medidas más grande y más pequeña. El cociente de estas diferencias (prescindiendo del signo) se denomina Q de Dixon.

$$Q = \frac{|\text{Valor sospechoso} - \text{valor más cercano}|}{(\text{Valor más grande} - \text{valor más pequeño})}$$

ANEXO G

Resultados Experimentales y Marchas de las Pruebas Físicas, Químicas y Físicoquímicas realizadas a los Rastrojos de Arroz, Frijol y Sorgo

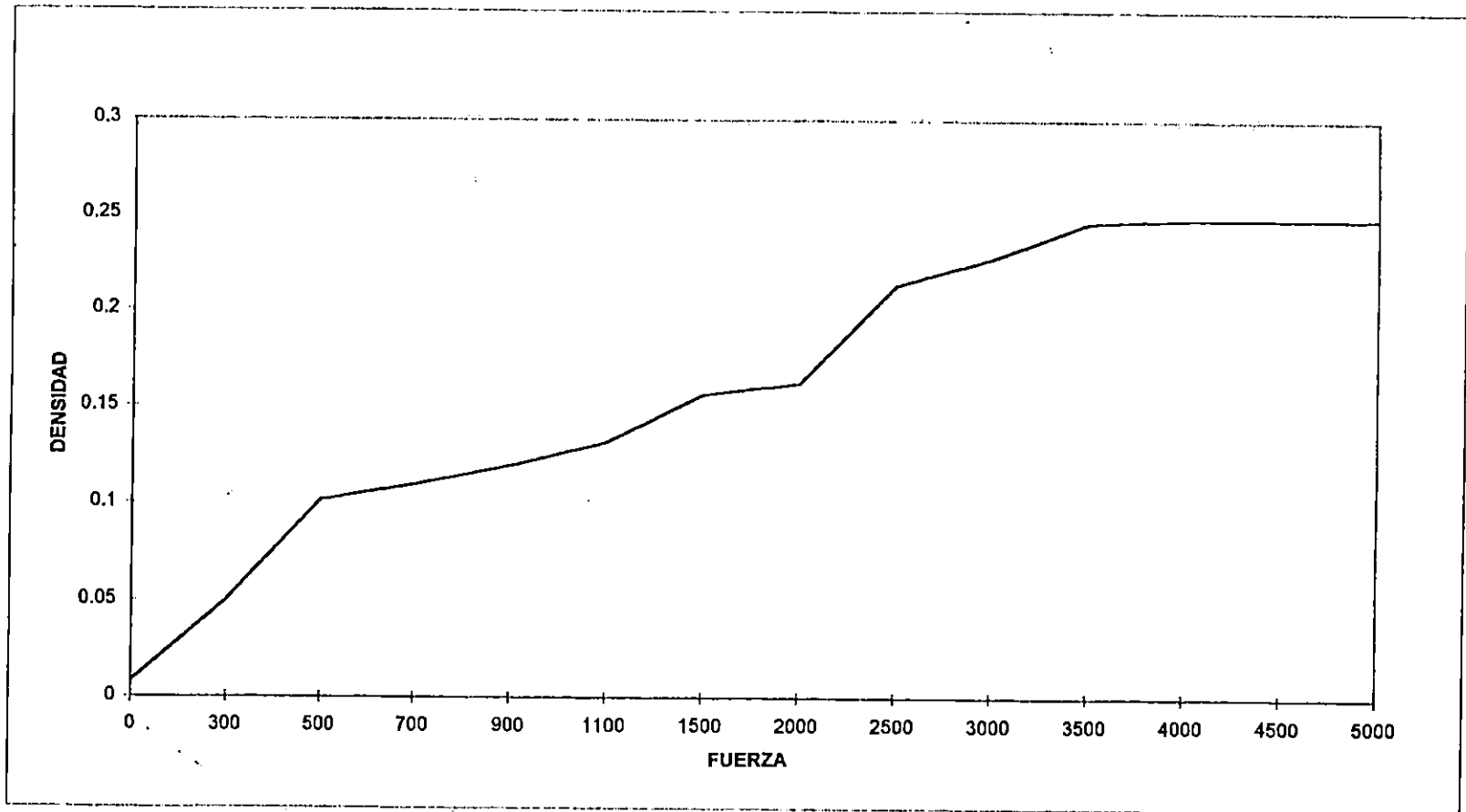


FIGURA G.1.a Resultados de Pruebas de Densificación para el Arroz

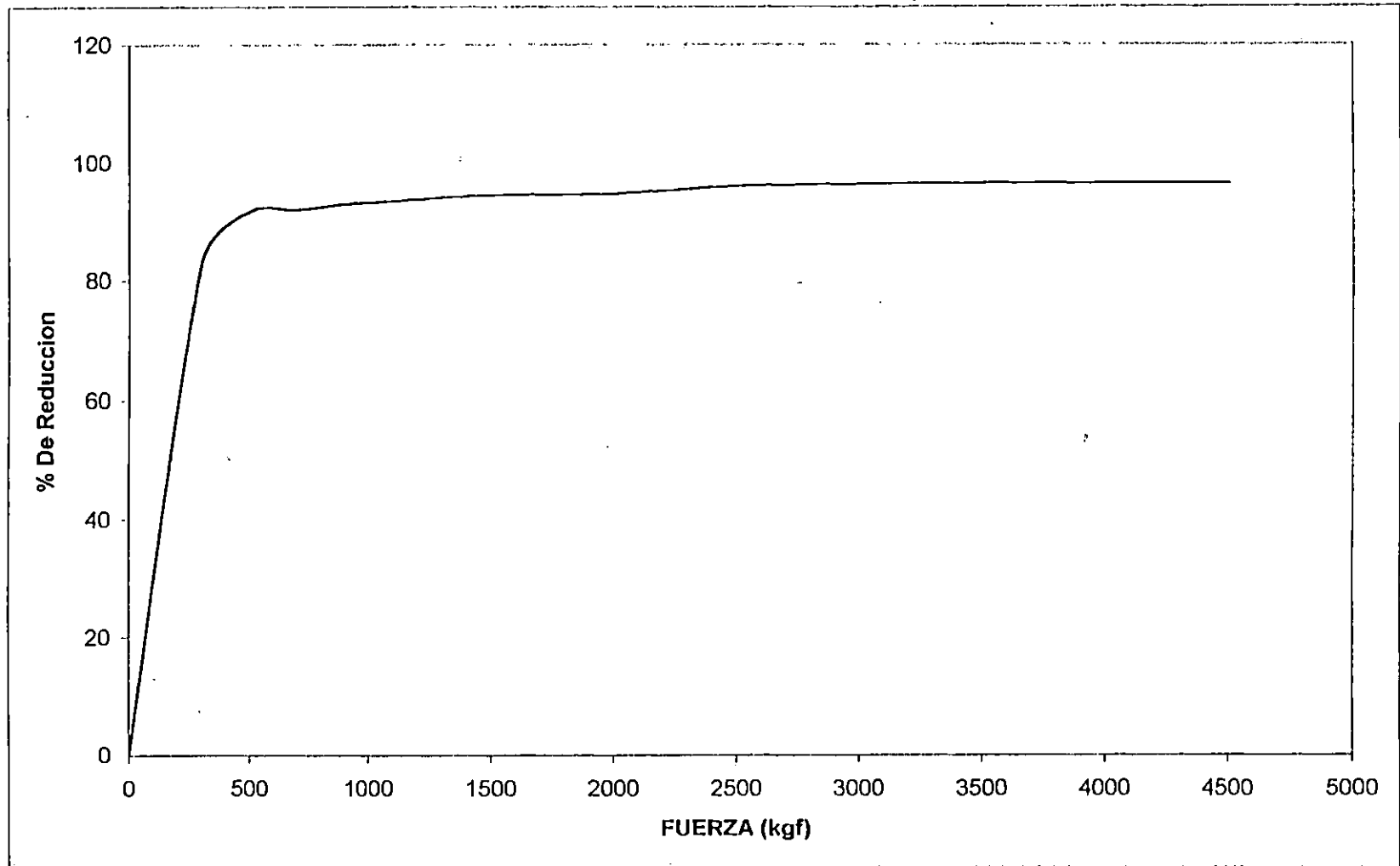


FIGURA G.1.b Gráfico Fuerza vrs % de Reducción para el Rastrojo de Arroz

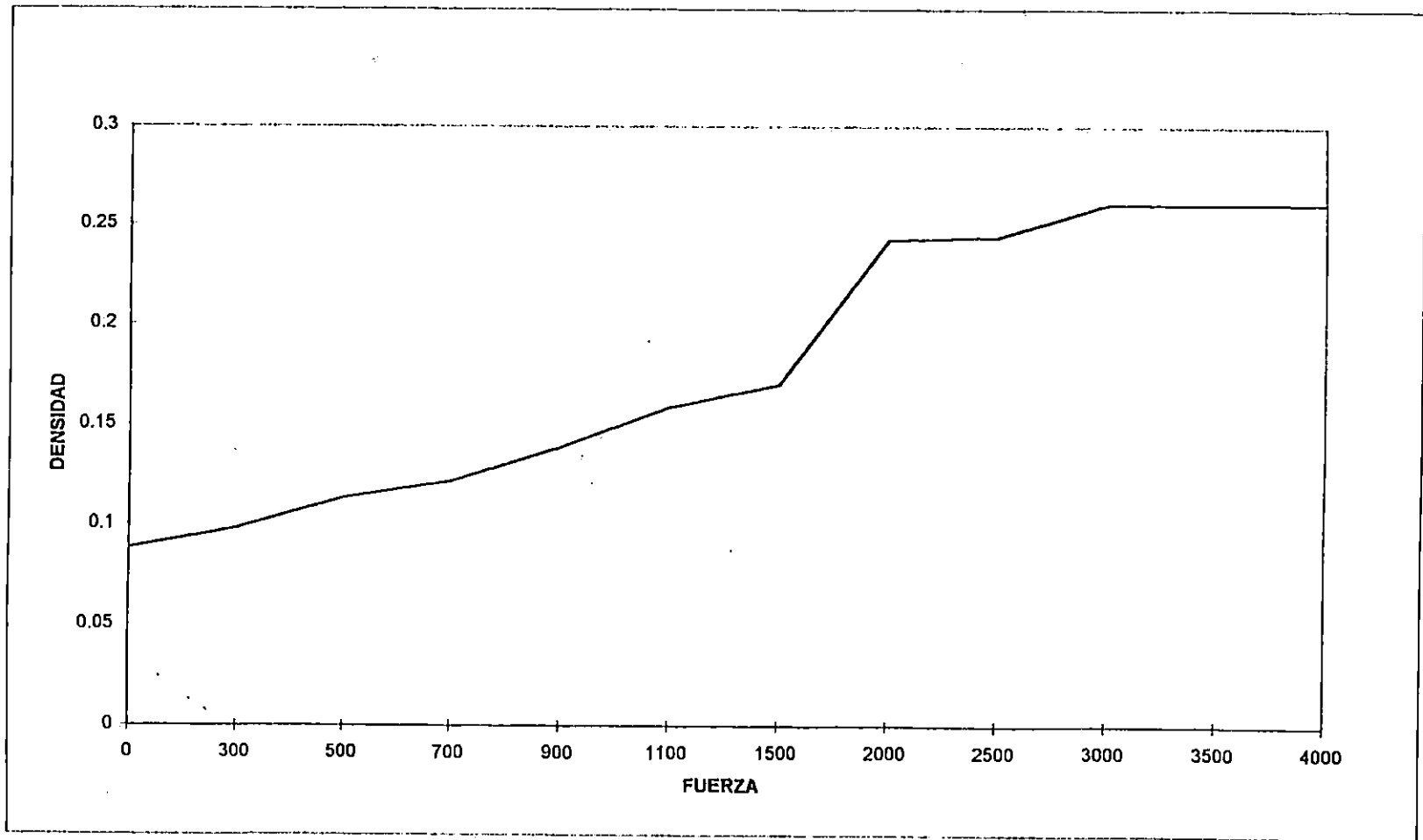


FIGURA G.2.a Resultados de Pruebas de Densificación para el Frijol

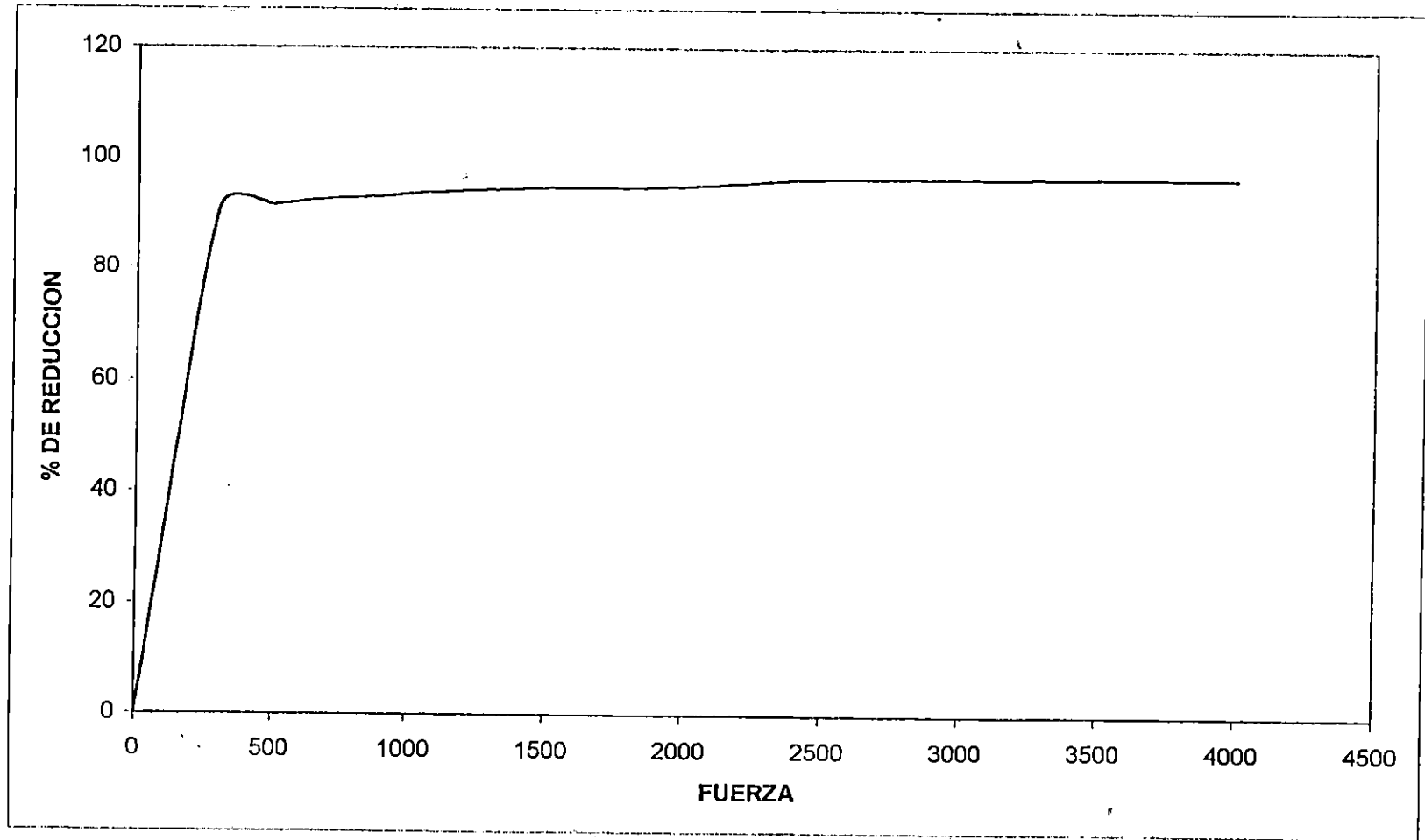


FIGURA G.2.b Gráfico Fuerza vrs % de Reducción para el Rastrojo de Frijol

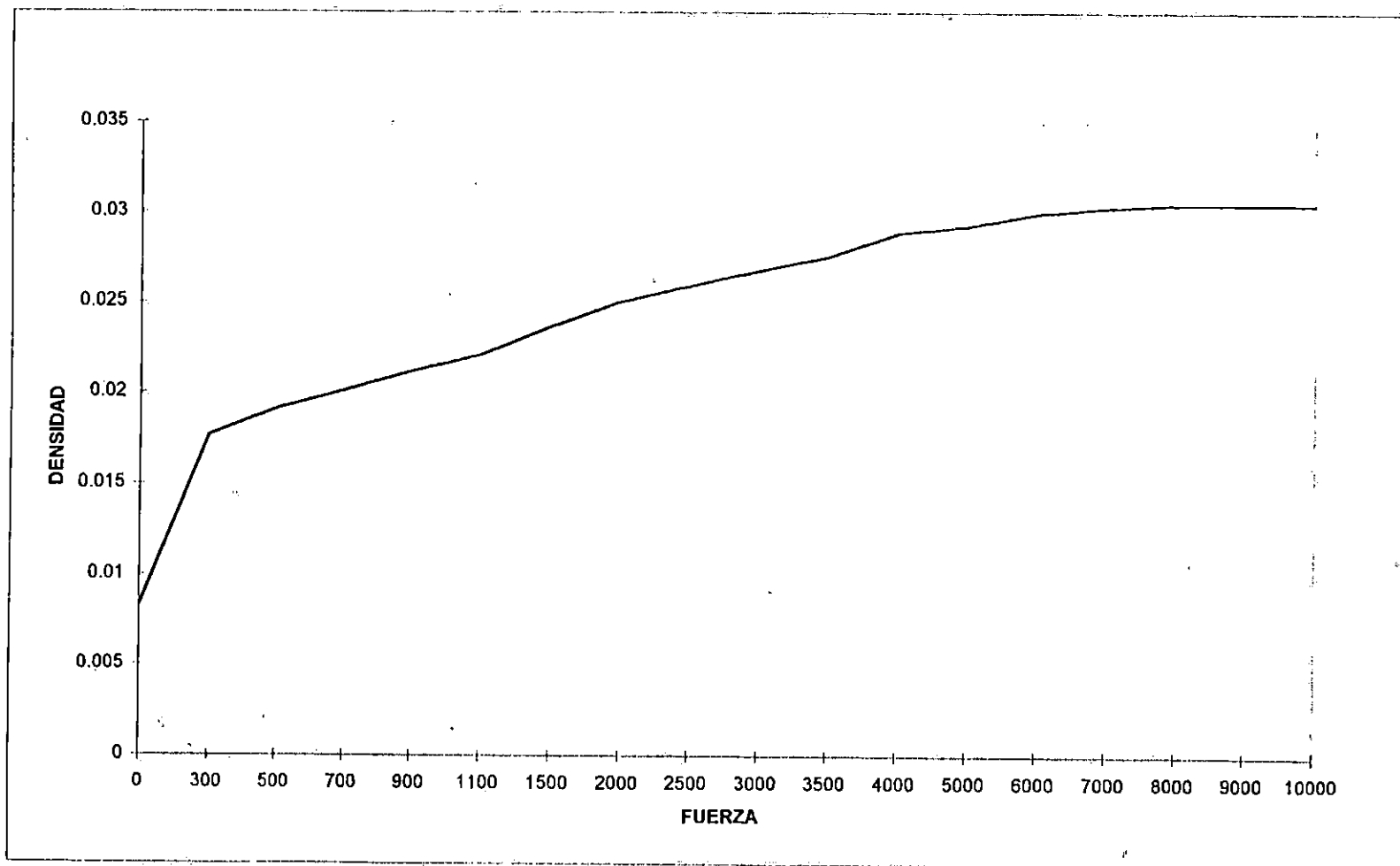


FIGURA G.3.a Resultados de Pruebas de Densificación para el Sorgo

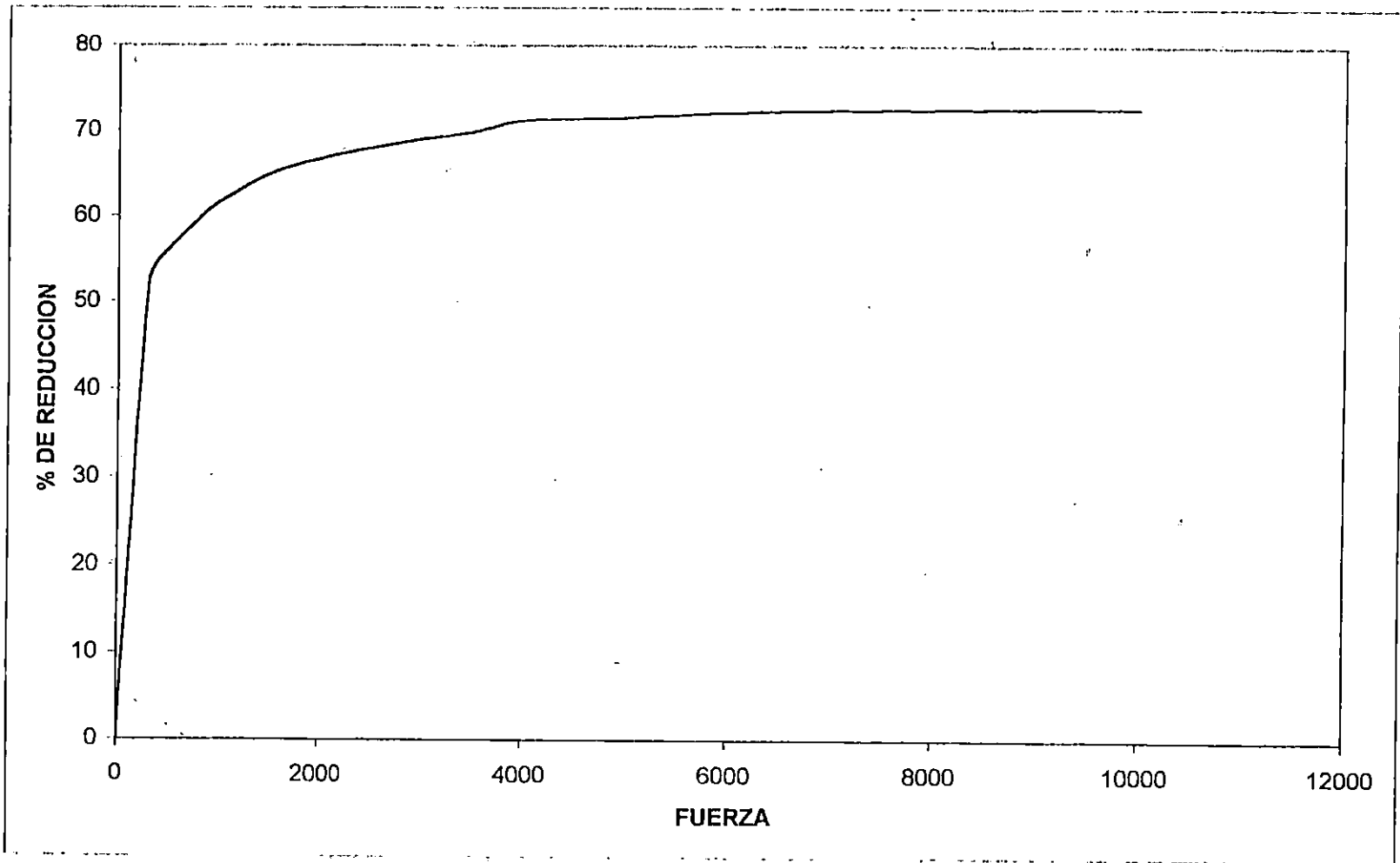


Figura G.3.b Gráfico Fuerza vrs % de Reducción para el Rastrojo de Sorgo

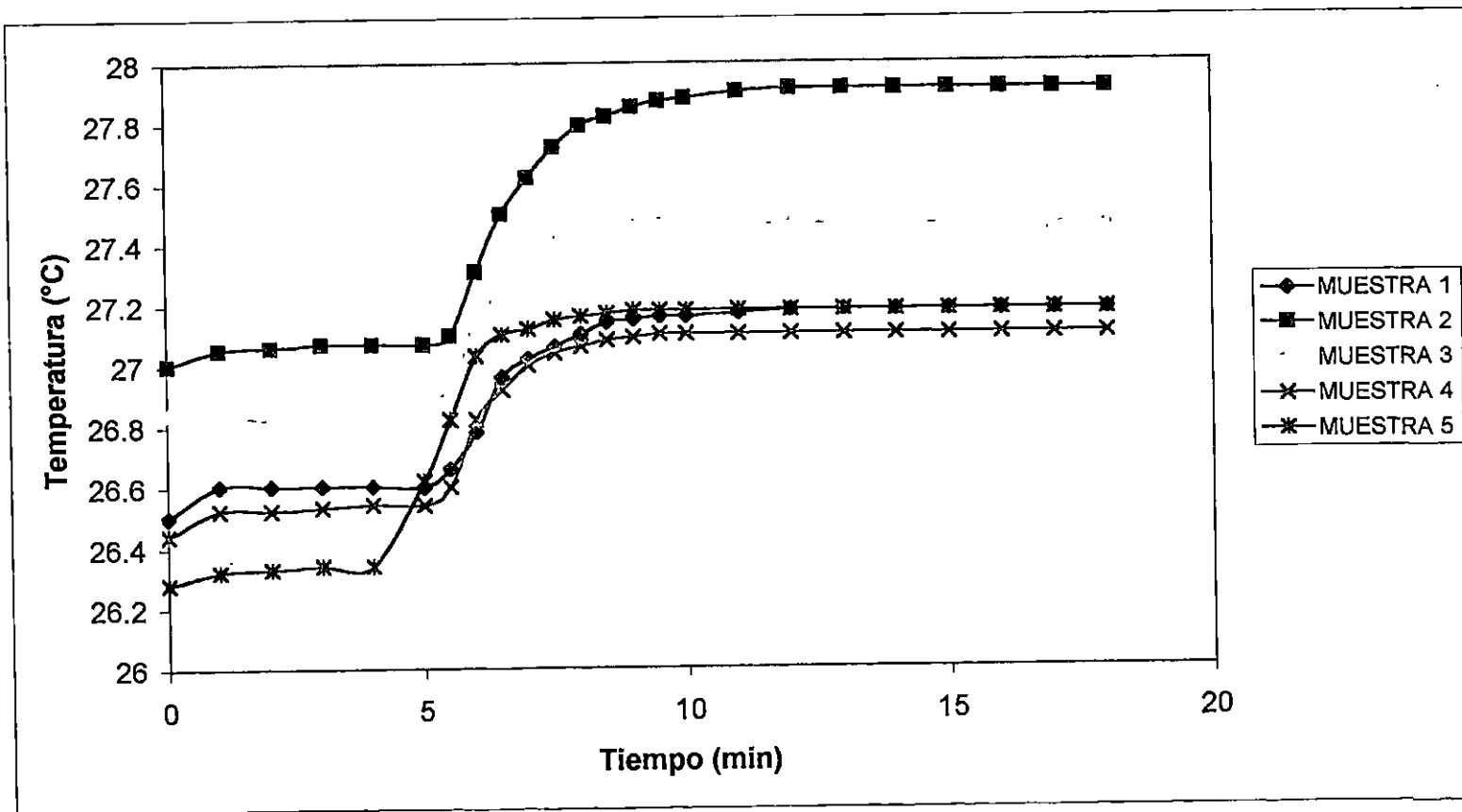


Figura G.4 Curva de Temperatura vrs Tiempo para las muestras de Rastrojo de Arroz

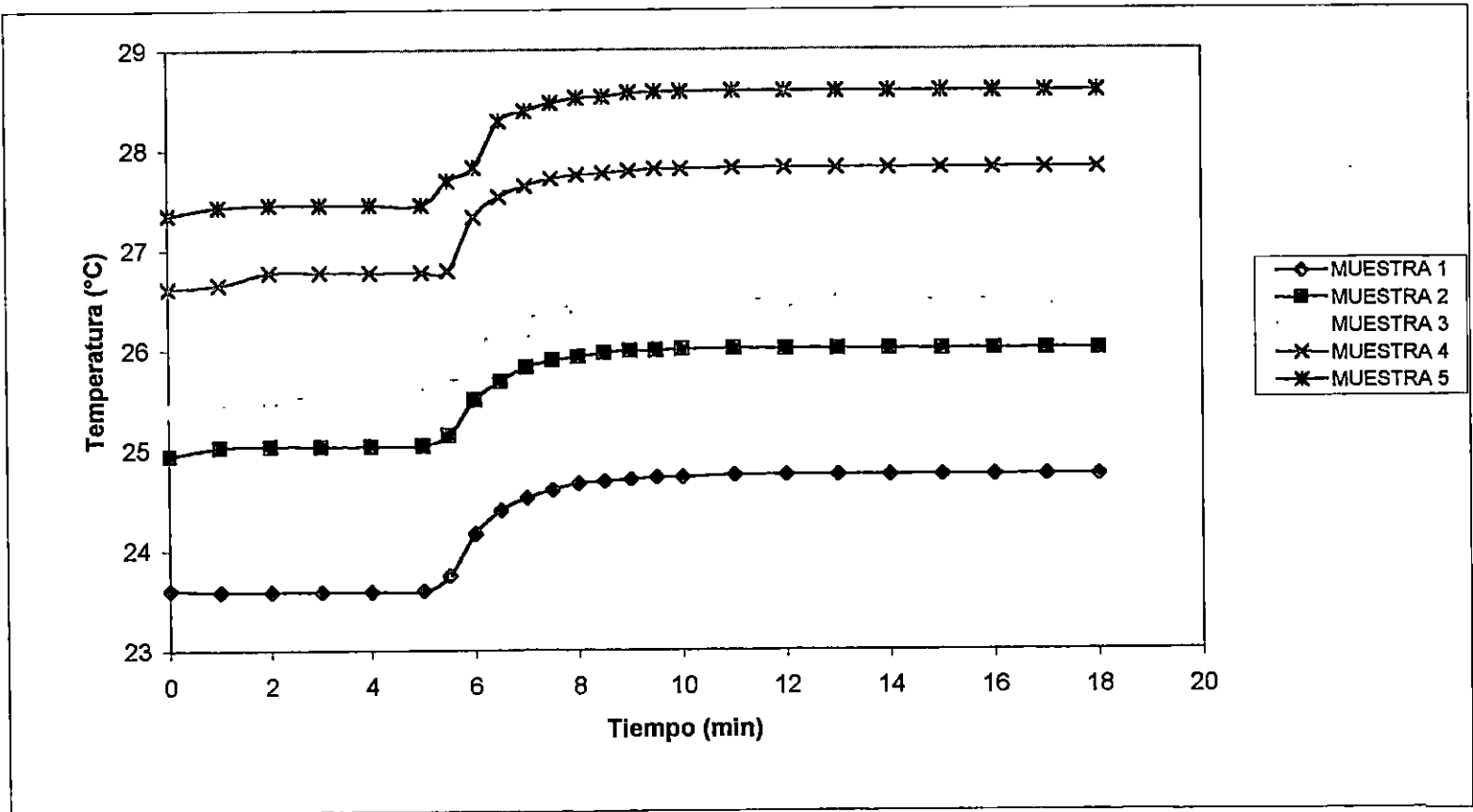


Figura G.5 Curva de Temperatura vrs Tiempo para las muestras de Rastrojo de Frijol

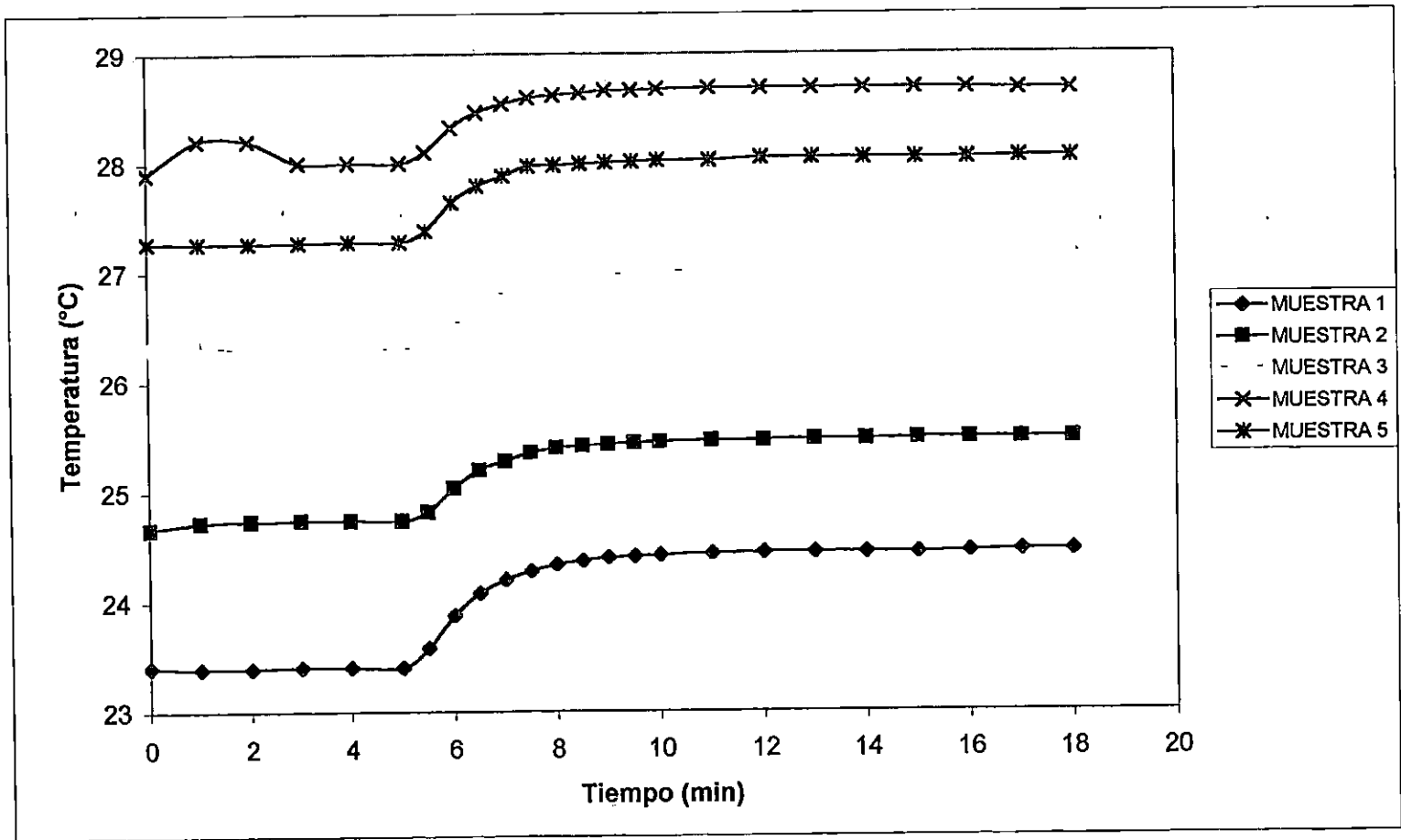


Figura G.6 Curva de Temperatura vrs Tiempo para las muestras de Rastrojo de Sorgo

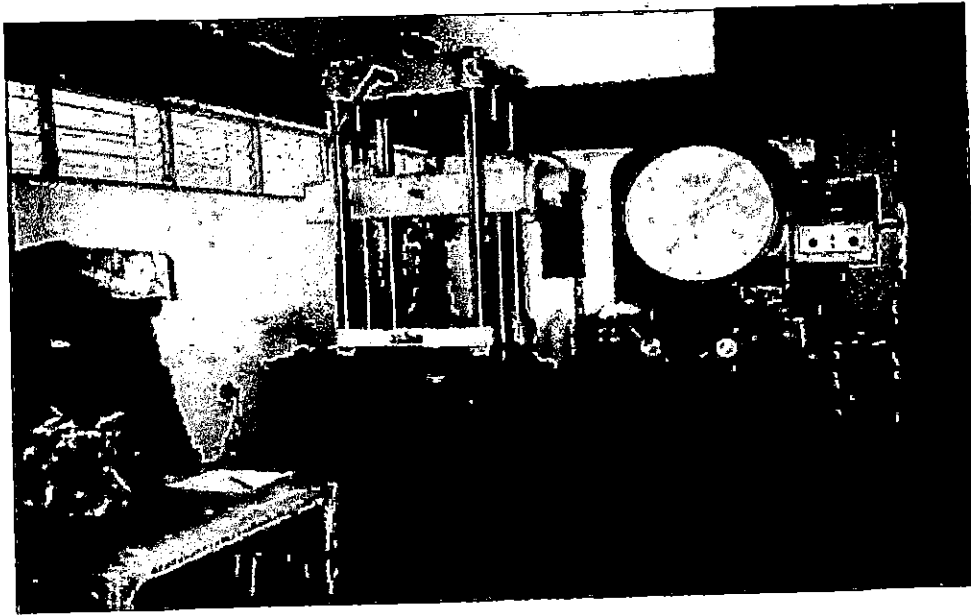


Figura G.7.a Maquina Universal Utilizada en las Pruebas de Densificación



Figura G.7.b Maquina Universal Utilizada para las Pruebas de Densificación



Figura G.8.a Bomba Calorimétrica (Parr 1314) Utilizada en las Pruebas Fisicoquímicas.



Figura G.8.b Bomba Calorimétrica (Parr 1314) Utilizada en las Pruebas Fisicoquímicas



Figura G.9 Prensa Hidráulica para la Fabricación de las Pastillas de Residuos de Arroz, Frijol y Sorgo Utilizadas en el Calorímetro

G.1 MARCHAS DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS APLICADOS A RESIDUOS DE ARROZ, FRIJOL Y SORGO.

Con los análisis químicos que se describen en este anexo, se pretende

Determinación de Humedad en Estufa a 105°C (Humedad Total).

Equipo:

- a. Estufa de Vacío.
- b. Balanza Analítica.
- c. Desecador.

Materiales:

- a. Caja de aluminio para humedad.
- b. Pinzas tipo tijera.

Procedimiento:

- a. Calentar la caja de aluminio vacía en estufa a 105°C durante 2 horas, enfriar en desecador y pesar (Anotar el peso).
- b. Agregar a la caja más o menos 10 gramos de muestra previamente homogenizada y pesar (Anotar el peso).
- c. Colocar destapada la caja de aluminio con la muestra en la estufa previamente calentada a 105°C y dejar en ella, durante 5 horas.
- d. Sacar la caja, tapar y colocarla en desecador para que enfríe más o menos ½ hora. Pesar, anotar el peso.

Cálculos:

Pérdida de peso = Peso caja más muestra antes de secar – Peso caja más muestra después de secar.

Determinación de Cenizas. Calcinación (Método Oficial de la AOAC).

La muestra iniciará a calcinar a una temperatura entre 500 y 550°C para quemar todo el material orgánico. El material orgánico que no se destruye a esta temperatura se le llama "ceniza".

Equipo:

- a. Balanza analítica.
- b. Desecador de Gabinete.
- c. Horno o mufla.

Materiales:

- a. Crisoles de porcelana de 50 o 100 ml. Previamente identificados.
- b. Pinzas para crisol.
- c. Espátula de acero inoxidable.

Procedimiento:

- a. Colocar el crisol limpio en el horno o mufla a 550°C durante 1 hora.
- b. Trasladar el crisol del horno al desecador y enfriarlo a la temperatura de laboratorio, durante 20 minutos.

- c. Pesar el crisol vacío (anotar el peso tomando cuatro cifras decimales).

Nota: En todos estos pasos del análisis tener la precaución de usar pinzas de metal para manejar los crisoles después de que se secan o incineran. Objetivo: evitar contaminación por mal manejo, se obtendrían datos erróneos.

- d. Pesar aproximadamente 2 gramos de muestra directamente en el crisol de porcelana.
- e. Colocar el crisol en el horno o mufla y mantener a temperatura entre 550°C.
- f. Retirar el crisol del horno o mufla cuando ésta se encuentra a una temperatura de 100°C, colocarlo en el desecador entre 20 minutos y pesar (anotar este peso).

Cálculos:

Determinación de Extracto Etéreo.

El éter se evapora y se condensa continuamente y al pasar a la muestra, extrae materiales solubles.

Equipo:

- a. Balanza analítica.
- b. Aparato para extracción de grasas Goldfish o Soxhlet.
- c. Beaker de 100 ml o frascos de soxhlet.
- d. Dedales de extracción de alundum o de cartón.
- e. Recipientes de vidrio para sostener dedales.
- f. Papel filtro o algodón.
- g. Estufa.
- h. Desecador.
- i. Pinzas de metal tipo tijera.

Reactivos:

Eter de petróleo al 34 o 35% o éter dietílico anhidro.

Preparación de Material de Vidrio y Dedales:

Lavarlos con agua jabonosa y vuelva a lavar con polvo limpiador como ajas, enjuagar con agua destilada y secar, luego enjuagar con 25 ml de éter y ponga a secar en la estufa a 100°C durante 2 horas. Ponga los frascos en desecador enfríe y pese (anote el peso). Si utiliza dedales de alundum, debe sumergirlos en agua regia por algunas horas, después enjuague con abundante agua destilada.

Antes de comenzar este análisis, es recomendable lavarse las manos a fin de evitar que se contaminen con la grasa de las manos.

No olvide identificar bien los dedales y los frascos en los que recibirá la grasa.

Procedimiento:

- Pese en papel filtro más o menos 2 gramos de muestra a la que se ha determinado la humedad a los 105 °C y colóquelos con un dedal de extracción, limpio y seco. Anote el peso como "peso seco".
- Cubra la muestra con un papel filtro de casi igual diámetro al interior del dedal o póngale algodón. Esto permite que el éter se distribuya en forma uniforme.
- Coloque el dedal con la muestra en el recipiente para muestras y fijelo bajo el condensador del aparato de extracción Goldfish; o aparato de extracción Soxhlet. Agregue 30-40ml de éter al beaker y colóquelo sobre el condensador asegurándolo con el anillo de rosca. En caso que la extracción se efectuó en el equipo de extracción de soxhlet. Si utiliza el soxhlet emplee 150 ml de éter.
- Abra la llave del agua que enfría el condensador, suba las placas de la cocina hasta que se pongan en contacto con los beakers y prende los calentadores.
- Observe si hay escapes de éter después de que este comienza a hervir y a condensarse. Cuando el nivel del éter en el beaker o frasco de grasa baje a su nivel constante, debido a que en una porción siempre esté volatilizándose y condensándose, el aparato puede dejarse solo y realizar observaciones periódicas. El período de extracción es de 4 horas si el flujo de condensación es de 5 a 6 gotas por segundo ó durante 16 horas si es de 2 gotas por

segundo, en el de Goldfisch. Pero en el equipo de extracción Soxhlet es de 8 horas.

- Después de que la extracción se complete, bajo los calentadores y permita que el dedal drene completamente.
- Remueva las muestras y coloque en su lugar los tubos de vidrio para recoger el éter.
- Vuelva a colocar los beakers o frascos de grasa y destile el éter en los tubos recibidores.
- Poco antes de que el éter en los beakers o frascos de grasa se evaporen hasta sequedad en placas, remueva los beakers o frascos de grasa.
- Vacíe el éter de los tubos recibidores en un recipiente especial para conservar el éter usado.
- Complete la evaporación del éter que queda en los beakers o frascos de grasa, dejándole sobre la mesa de trabajo un rato.
- Seque los beakers o frascos de grasa en una estufa de 100°C, a prueba de explosión por 30 minutos; después enfíelos en el desecador a temperatura del laboratorio y péselos (anote el peso).

Cálculos:

a) $\text{Peso de muestra} = (\text{peso de papel filtro más muestra}) - (\text{peso papel filtro})$

b) $\text{Peso de extracto etéreo} = (\text{peso de beakers o frascos de grasa más extracto etéreo}) - (\text{peso de beaker o frasco vacío})$

d) $\% \text{Extracto Etéreo o Grasa} = (\text{Peso extracto} / \text{Peso de muestra}) \times 100$

Determinación de Nitrógeno (Método Micro-Kjeldahl)

Fundamento:

1. Destrucción de la materia orgánica por acción del ácido sulfúrico concentrado y caliente. Este actúa sobre la materia orgánica deshidratándola y carbonizándola. El carbón es oxidado y el nitrógeno reducido a amoníaco en presencia de reactivos específicos que actúan como catalizadores. El amoníaco desprendido queda fijado en el ácido sulfúrico como sulfato de amonio, que es estable en las condiciones de trabajo.
2. Liberación del amoníaco liberado, recogiénolo en un volumen conocido de ácido bórico formándose borato de amonio.
3. El borato de amonio se titula con ácido clorhídrico empleando como indicador una mezcla de azul de metileno y rojo de metilo.

Equipo:

-Micro kjeldahl de digestión y destilación.

Material:

- Balones de Micro kjeldahl de 100 ml.
- Microburea de 10 ml.
- Soporte para bureta completa
- Probetas de 10 ml.
- Papel filtro
- Erlenmeyer de 50 ml.

Reactivos:

- Adcido sulfúrico, libre de nitrógeno densidad 1.84
- Oxido de mercurio, libre de nitrógeno

- Sulfato de sodio o potasio (pulverizado)
- Tiosulfato de Sodio
- Solución de Tiosulfato de sodio al 8
- Acido salicílico
- Solución de Acido Clorhídrico 0.1N ó 0.025N
- Rojo de Metilo
- Azul de Metileno
- Solución de Acido Bórico al 4%
- Solución de Hidróxido de Sodio al 50%
- Alcohol Etilico al 95%

Procedimiento:

Digestión:

- Pesar en papel filtro más o menos 0.1 gr de muestra y colocarla en un balón para micro kjeldahl de 100 ml, si la muestra es líquida medir con pipeta volumétrica 1 ml.
- Agregar al balón, pesado y medido exactamente: 0.2 gr de ácido salicílico, 1.5 gr de sulfato de sodio o potasio, 0.1gr de oxido de mercurio, 0.5 gr de tiosulfato de sodio, 6.0 ml de ácido sulfúrico.
- Agitar durante 5 minutos esta mezcla y colocar los balones en el aparato, los 6 al mismo tiempo y conectar el sistema de extracción de vapores. Mover constantemente (por medio de rotación) los balones y esperar hasta que la solución esté clara.

Destilación:

- Enfriar los balorens, agregar agua destilada más o menos hasta la mitad del bulbo, esperar que se enfríen nuevamente.
- Agregar 3.5 ml de solución tiosulfato de sodio al 8%, 6 perlas de vidrio y 15 ml de solución de hidróxido de sodio al 50%

- Recibir el destilado en un erlenmeyer de 50 ml, el que debe contener 15 ml. de solución de ácido bórico al 4%, más dos gotas de indicador y colocarlos en el aparato.
- Destilar aproximadamente 30 ml, dejar enfriar y titular con sln de ácido clorhídrico 0.1 o 0.025 N.

Cálculos

$\% \text{Nitrógeno} = ((\text{ml. HCl muestra} - \text{ml HCl testigo}) * N * 14 * 100) / (\text{Peso de muestra} * 1000)$

Determinación de Fibra Cruda

La muestra que se encuentra en el dedal después de extraer la grasa es considerada como la muestra desengrasada, es la que se utiliza para la determinación de fibra cruda.

Equipo:

- Extractor de Fibra Cruda
- Estufa eléctrica
- Horno de mufla
- Balanza Analítica
- Desecador de Gabinete
- Bomba para Vacío

Materiales:

- Beakers Berzelius forma alta sin vertedero, capacidad 600 ml.
- Crisol de Gooch de 25 ml
- Soporte Walter para crisol de Gooch
- Lienzo para filtración #40 aproximadamente de 20 cm²

- Pinzas para beaker
- Frascos kitasato de 250 o 50 ml
- Embudos de vidrio boca ancha
- Espátula de acero inoxidable
- Beakers de acero inoxidable 1 litro de capacidad
- Soportes de madera para embudos
- Probeta de 200 ml
- Beakers de vidrio de 100 ml.

Reactivos:

- Solución de ácido sulfúrico 0.255 más o menos 0.005 N.
- Solución de hidróxido de sodio 0.313 más o menos 0.005 N.
- Alcohol metílico, etílico o isopropílico. Calidad Reactivo
- Indicador anaranjado metilo al 1% en alcohol etílico.
- Indicador fenolftaleína al 1% en alcohol etílico.
- Fibra de asbesto preparada. Calentar en una cápsula de porcelana fibra de asbesto ácida a una T de 600°C durante 16 horas, enfriar y digerir media hora con solución de ácido sulfúrico 1.25%, lavar con agua caliente, digerir nuevamente media hora con solución de hidróxido de sodio 1.25%, lavar con agua, secar y calcinar durante dos horas a 600 °C en horno o mufla.

Procedimiento:

- Colocar la muestra desengrasada en un beaker de 600 ml que contenga 200 ml de solución ácido sulfúrico al 1.25%.
- Pesar en balanza analítica 0.5 gr de fibra de asbesto preparada y agregar al beaker.

- Colocar el beaker en el aparato de digestión, dejar hervir exactamente 30 minutos girando el beaker cada 5 minutos para evitar que las partículas sólidas se adhieran a las paredes del recipiente.
- Retirar el beaker del aparato de digestión al terminar los 30 minutos, filtrar a través de la tela especial puesta en el embudo y recibir las aguas del lavado en un beaker limpio.
- Lavar el residuo que queda sobre el filtro con agua destilada hirviendo, hasta que las aguas de lavado no den reacción ácida, lo que se comprueba con anaranjado de metilo.
- Al beaker original se le agregan 200 ml de soln de NaOH 1.25% se pone a hervir y cuando esté hirviendo se agrega el residuo que está sobre el filtro.
- Hervir durante 30 minutos, lavar siempre con agua destilada hirviendo como en el paso anterior y comprobar ausencia de reacción alcalina con indicador fenolftaleína.
- Pesar el residuo cuantitativamente a un crisol de Gooch que contenga una capa uniforme de asbesto, colocarlo en el frasco kitasato.
- Agregar 15 ml de alcohol (etílico, metílico, propílico) y filtrar aplicando succión.
- Secar el crisol de Gooch y su contenido en una estufa a una temperatura de 130°C durante dos horas, poner en un desecador y pesar. Calcinar a 600°C durante 30 minutos, poner en desecador, enfriar y pesar. La pérdida de peso es considerada como Fibra Cruda.

Cálculos:

% F.C. = (Pérdida de peso después de calcinada x 100) / (Peso de muestra usada para la determinación de E.E.).

Determinación de Sílice (Método Gravimétrico, Método Oficial de la OAC)

Procedimiento

- Incinerar la muestra (cantidad para determinar cenizas) , en AOAC dice de 10 a 50 grs, pero puede pesarse de 2 a 3 grs en recipiente de platino, o en crisol de porcelana, y llevar a 500-550°C por una hora en horno hasta obtener un residuo blanco.
- Solubilizar las cenizas con HCl (5mls) y 20 ml de agua destilada, evaporar casi a sequedad.
- Agregar 5 ml de HCl y 50 ml de agua destilada, volver a calentar por 5 minutos, y filtrar solo a papel filtro libre de cenizas.
- Colocar papel filtro con residuo en el crisol e incinerar.

Cálculo:

$$\%Si = ((\text{peso crisol} + \text{residuo}) - (\text{peso crisol vacío})) * 100 / \text{peso de muestra.}$$

G.2 MARCHAS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS APLICADOS A RESIDUOS DE ARROZ, FRIJOL Y SORGO.

Manejo de la Bomba Calorimétrica

En operaciones requeridas para medir una muestra desconocida o estandarizada en el sencillo calorímetro 1341, proceda con pasos prudentes de la manera siguiente:

A. Preparación de Muestra y Carga de Bomba

Preparación de la muestra y carga de la bomba de oxígeno.

a- Muestra

Nunca usar una muestra con masa mayor que 1.1 gramo, cuando se analiza una muestra desconocida (que no se conoce su poder calorífico), no trabajar con un peso de muestra mayor que 1.0 gramos.

Usar ml de agua en el fondo de la bomba, el cual sirve como absorbente. Cuidado debe ser tomado para no molestar la muestra, cuando mueva la cabeza de la bomba de el soporte al cilindro de la bomba. Observe el aro navegador para estar seguro que esta en buena condición y humedecida con un poco de agua de tal manera que se deslice libremente en el cilindro, luego deslice la cabeza dentro del cilindro y empújelas hasta donde llegue (tope).

El tamaño de las partículas cuando la muestra es sólida es de 60 mesh, o más pequeña y comprimida dentro de un pellet con un prensador pellet parr. Puede trabajarse con muestras toscas si hacen ignición y se queman completamente.

La humedad en las muestras es tolerada hasta un 20%. Si la muestra se encuentra en base seca y la humedad a de ser adherida, gotee agua dentro de la muestra o dentro del pellet, después que la muestra ha sido pesada y dejar por un rato para obtener distribución uniforme. La muestra puede tener 0.5 pulgadas de diámetro.

b. Llenado de la bomba

El oxígeno para la bomba puede ser llenado de un tanque comercial standard, destornille la copa protectora del tanque e inspeccione las tuercas en la válvula para estar seguro que estan limpias en buenas condiciones.

Abra la válvula de control de la conexión de llenado y observe como la bomba de presión se eleva a la presión deseable (usualmente 30 atm pero nunca más de 40 atm), luego cierre el control de la válvula. La perilla interior de la bomba verificadora se cerrará automáticamente cuando el flujo de oxígeno sea cortado, dejando la bomba llenada a la presión más alta indicada 0-55 atm, calibrada. Libere la presión residual en la manguera de llenado, empujando hacia abajo el sostenedor de nivel de la válvula.

B. Método de Operación de la Bomba Calorimétrica

- a. Calibrar la balanza.
- b. Llenar el balde del calorímetro, pero primero tare el balde seco sobre una solución o sobre una balanza. Entoces agregar 2000 (± 0.5) gramos de agua. Es preferible agua destilada, pero agua desmineralizada o de grifo conteniendo cantidades menores a 250 ppm de sólidos disueltos es satisfactoria. La temperatura del agua debe estar aproximadamente 1.5°C bajo el cuarto de temperatura, pero esta puede ser variada o acomodada a preferencia del operador. Si no es necesario usar exactamente 2000

- gramos, pero la cantidad seleccionada debe ser duplicada dentro de ± 0.5 gramos por cada corrida. Otra consideración es llevar la cubeta de una forma pipeteada automáticamente o de algún otro mecanismo volumétrico si las repeticiones del sistema de llenado están dentro de un rango de ± 0.5 ml y la temperatura del agua se mantiene dentro de un rango de 1°C .
- c. Colocando la cubeta en el calorímetro, unir el asa a los dos hoyos en el sitio de la armella superior y bajar la bomba introduciéndola al agua, con estos paos en el espacio patrón circular en el fondo de la cubeta. Manipule la bomba cuidadosamente durante esta operación así la muestra no será desarreglada. Remueva el asa agite o tire unas gotas de agua dentro de la cubeta; entonces presione los dos alambres guías de ignición en el enchufe terminar en la cabeza de la bomba, sea cuidadoso no remueva el agua de la cubeta con los dedos.
 - d. Colocar la cubierta sobre la chaqueta con el termómetro cara hacia el frente. Girar el agitador con la mano para estar seguro de que corre libremente; entonces deslice la cinta conductora sobre la polea y encienda el motor.
 - e. Permitir al agitador correr por 5 minutos para llegar a un equilibrio, antes de arrancar una corrida moderada o de medida. Al final de este período registra el tiempo o enciende un cronómetro y lee la temperatura a 1-10 de la escala de división pequeña. Siempre de unos golpecitos al termómetro con un lápiz o varilla para que vibre el mercurio antes de tomar una lectura.
 - f. Leer y registrar las temperaturas en un minuto de intervalo por 5 minutos. Entoces en el encendido de el sexto minuto.

- g. Colocarse tras el calorímetro y encender la bomba pero presionando el botón de ignición y reternerlo abajo hasta que la luz indicadora se apague. Normalmente la luz brilla solamente por medio segundo pero el botón puede soltarse en 5 segundos sin hacer caso de la luz. Precaución: No tenga la cabeza, manos o cualquier parte del cuerpo sobre el calorímetro, cuando la bomba encienda, y continúe situado libre por 30 segundos después del encendido.
- h. La temperatura de la cubeta ascenderá o subirá dentro de 20 segundos después del encendido. Esta subida será rápida durante los primeros pocos minutos, entonces quedaría lenta así la temperatura se acercará a una máxima estabilidad. Esto no es necesario para crear una curva similar para cada medida, pero a cierto tiempo las observaciones de temperatura deben ser recordadas para identificar ciertos puntos necesarios para calcular el valor calorífico de la muestra.
- i. Medir el tiempo requerido para alcanzar el 60% de subida total, pero estimando la temperatura en el 60% de los puntos y observando el tiempo cuando suba el mercurio y camine a tocar ese nivel. Si el 60% de los puntos no pueden ser estimados antes de la ignición, tome la temperatura leyendo en 45, 60, 75, 90 y 105 segundos después del encendido e interpole entre esas lecturas para identificar el 60% de los puntos, después el total de subida tuvo que ser medida. Estas lecturas pueden ser tomadas sin una exagerada estimación cercanos a $0.02\text{ }^{\circ}\text{C}$, son suficientes en estos puntos.
- j. Después del período de subida rápida (cerca de 4 o 5 minutos después de la ignición), ajuste el lente de lectura y registre la temperatura en la

escala de pequeña división de 1 a 10 en intervalos de un minuto hasta que la diferencia entre las lecturas sucesivas se haga constante por 5 minutos. Usualmente la temperatura alcanza un máximo; entonces cae muy lentamente. Pero esto no es siempre cierto, a bajas temperaturas de encendido puede resultar en una lenta continuación de subida sin alcanzar un máximo. Como el estado sobre las diferencias entre las lecturas sucesivas debe ser anotadas las lecturas continuaran en intervalos de un minuto hasta que la razón de cambio de temperatura sea constante sobre un período de 5 minutos.

- k. Después de la última lectura de temperatura parar el motor, remueva la banda y levante la cubierta del calorímetro. Limpie el bulbo del termómetro, limpie con un paño limpio y coloque la cubierta sobre el soporte vertical A37A. Destape la bomba fuera de la cubeta, remueva las guías de ignición y limpie la bomba con una toalla limpia.

- l. Abra la cabeza de la bomba, pase los terminales de conexión, pero descargue la presión del gas antes de intentar remover la tapadera. Esta descarga procederá lentamente por un período no menor de un minuto para evitar perder los residuos internos. Después que toda la presión es descargada, destornillar la tapadera; levantar la cabeza fuera del cilindro y colocarla en el lugar sobre el soporte. Examine el interior de la bomba por el hollín u otras evidencias de combustión incompletas. Si tales evidencias son encontradas la prueba tiene que ser descartada.

- m. Lavar toda la superficie interior de la bomba con un chorro de agua destilada y colecte el lavado en un beaker.

- n. Remueva todas las partes quemadas del alambre fusible de los electrodos de la bomba; arreglarlos y medir las longitudes combinadas en centímetros. Sustraiga esta longitud de la longitud original de 10 cm y coloque esta cantidad sobre la hoja de datos como la suma neta del alambre quemado.
- o. Titular el lavado de la bomba con una solución de carbonato de sodio estandarizada, usando naranja de metilo o rojo de metilo como indicador. Una solución 0.0709 N de carbonato de sodio es recomendable para esta titulación y simplifica los cálculos. Soluciones de Hidróxido de sodio (NaOH) o Hidróxido de Potasio (KOH) pueden ser usadas normalmente.
- p. Analice el lavado de la bomba para determinar el contenido de sulfuro de la muestra. Si excede el 0.1% es necesario realizar la corrección.

Determinación de Azufre

- a. Lavar toda la parte interior de la bomba, incluyendo la cápsula de combustión y asa de válvula y electrodos, con un chorro fino de agua destilada conteniendo 1 ml de solución saturada de anaranjado de metilo por litro. Lavar hasta que la reacción no ácida sea observada.
- b. Recolectar el lavado en un beaker
- c. Neutralizar la solución adicionando 1 ml de hidroxido de amonio. Calentar la solución a ebullición y filtrar a través de un papel adecuado.

- d. Rápidamente lavar el residuo, y filtrar en papel adecuado con agua destilada
- e. caliente.
- f. Adicionar suficiente agua llevando a un volumen total de solución de aproximadamente 250 ml.
- g. Neutralizar con ácido clorhídrico concentrado adicionando 2 ml en exceso.
- h. Adicionar 10 ml de solución de bromo saturada y evaporar aproximadamente 200 ml en un heat plate u otro recipiente de calefacción.
- i. Ajustar a ebullición lenta y menear constantemente, hasta que se adicionen 10 ml de una solución al 10% de cloruro de bario con una pipeta, continúe moviendo por dos minutos. Cubrir o tapar con un vidrio reloj y mantener a ebullición baja con un heat plate, hasta que el volumen sea reducido a 75 ml.
- j. Dejar el precipitado asentar por una hora hasta que enfríe.
- k. Filtrar y lavar con agua caliente, hasta que quede libre de cloruros.
- l. Transmitir el papel y precipitado a un crisol pesado, secar a calor bajo. Calcinar el papel fuera del flameado.

m. Calentar en mufia hasta 925°C hasta peso constante

Cálculos

$$\% \text{ Azufre} = (\text{Peso de Sulfato de Bario} * 13.743) / (\text{Peso de muestra})$$

