

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE CASCARA DE  
NARANJA**

Por:

**GABRIEL ALEJANDRO ANDRADE CASTRO.**

Proyecto de Grado: Investigación aplicada, presentado a consideración de la  
“UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para  
optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.

Octubre del 2018

**TARIJA – BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE CASCARA DE  
NARANJA**

Por:

**GABRIEL ALEJANDRO ANDRADE CASTRO**

Proyecto de Grado: Investigación aplicada, presentado a consideración de la  
“UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para  
optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.

Octubre del 2018

**TARIJA – BOLIVIA**

V°B°

---

M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez

DECANO (a)

---

M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

VICEDECANO (a)

**APROBADA POR**

**TRIBUNAL:**

---

ING. PASTOR GUTIERREZ BAREA

---

ING. JOSE ERNESTO AUAD AGUIRRE

---

ING. PATRICIA CASTILLO ROCHA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y demás expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

## DEDICATORIA

El presente proyecto es dedicado a Dios y a mi madre. A Dios por estar conmigo siempre en cada etapa de mi vida, protegiéndome y fortaleza para seguir adelante, a mi madre, a mi madre, quien a lo largo de mi vida ha velado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo en todo momento. Debiendo a ellos todos mis triunfos presentes y futuros, los amo con mi vida.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad y por darme una vida llena de momentos de felicidad.

A mi madre por haberme apoyado en todo momento y brindado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida.

A mis docentes y tribunales, por compartir sus conocimientos, haberme brindado su apoyo y dedicación durante la elaboración del presente proyecto de investigación.

A todas las personas que han formado parte de mi vida hasta la culminación de mis estudios, por contribuir de diferentes maneras en cada objetivo logrado.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>INTRODUCCION</b>	
<u>ANTECEDENTES</u> .....	1
<u>OBJETIVOS</u> .....	10
<u>OBJETIVO GENERAL</u> .....	10
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u> .....	10
<u>JUSTIFICACIÓN</u> .....	10
<u>JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA</u> .....	10
<u>JUSTIFICACIÓN SOCIAL</u> .....	11
<u>JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL</u> .....	11
<u>JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA</u> .....	12
<u>JUSTIFICACIÓN PERSONAL</u> .....	12
<b>CAPITULO I</b>	
<b>MARCO TEORICO</b>	
<u>1.1.- ASPECTOS GENERALES SOBRE EL BIOETANOL</u> .....	13
<u>1.1.1.- CLASES DE BIOETANOL</u> .....	14
<u>1.2.- UTILIDADES DEL BIOETANOL</u> .....	15
<u>1.2.1.- BIOETANOL COMO ADITIVO Y COMBUSTIBLE EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA</u> .....	16
<u>1.3.- BIOMASA</u> .....	19
<u>1.3.1.- TIPOS DE BIOMASA RESIDUAL</u> .....	20
<u>1.3.1.1.- SECTOR AGRARIO</u> .....	21
<u>1.3.1.2.- SECTOR INDUSTRIAL</u> .....	21

<u>1.3.1.3.- SECTOR URBANO</u> .....	22
<u>1.4- RESIDUOS FRUTALES COMO FUENTE DE BIOETANOL</u> .....	25
<u>1.4.1.- COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS FRUTALES</u> .....	27
<u>1.4.1.1.- CELULOSA</u> .....	28
<u>1.4.1.2.- HEMICELULOSA</u> .....	28
<u>1.4.1.3.- LIGNINA</u> .....	29
<u>1.5.- CASCARA DE NARANJA</u> .....	30
<u>1.5.1.- USOS DE LAS CÁSCARAS DE NARANJA</u> .....	31
<u>1.5.2.- COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS CÁSCARAS DE NARANJA</u> 32	
<u>1.6.- CUANTIFICACIÓN DE MATERIA PRIMA EXISTENTE EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA</u> .....	33
<u>1.7.- TECNOLOGÍAS EXISTENTES PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE CASCARAS DE NARANJA</u> .....	34
<u>1.7.1.- PRE TRATAMIENTO</u> .....	36
<u>1.7.1.1.- PRE TRATAMIENTOS MECÁNICOS</u> .....	36
<u>1.7.1.2.- PRE TRATAMIENTOS QUÍMICOS</u> .....	36
<u>1.7.1.3.- PRE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS</u> .....	37
<u>1.7.1.4.- PRE TRATAMIENTOS TÉRMICOS</u> .....	38
<u>1.7.1.5.- PRE TRATAMIENTOS FÍSICOQUÍMICOS</u> .....	39
<u>1.7.2.- HIDRÓLISIS</u> .....	39
<u>1.7.2.1.- HIDRÓLISIS CON ÁCIDOS CONCENTRADOS</u> .....	40
<u>1.7.2.2.- HIDRÓLISIS CON ÁCIDOS DILUIDOS</u> .....	40
<u>1.7.2.3.- HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA</u> .....	41
<u>1.7.2.4.- HIDRÓLISIS Y FERMENTACIÓN SIMULTÁNEA (HFS)</u> .....	41
<u>1.7.3.- FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA</u> .....	42



<u>1.7.3.1.- ETAPAS DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA</u> .....	42
<u>1.7.3.2.- CRECIMIENTO MICROBIANO</u> .....	44
<u>1.7.3.3.- LIMITACIONES DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA</u> .....	45
<u>1.7.3.4.- LEVADURAS</u> .....	46
<u>1.7.3.5.- BACTERIAS</u> .....	47
<u>1.7.4.- DESTILACIÓN</u> .....	48
<u>1.7.4.1.- DESTILACIÓN SIMPLE</u> .....	49
<u>1.7.4.2.- DESTILACIÓN EXTRACTIVA CON EFECTO SALINO</u> .....	50

## **CAPITULO II**

### **PARTE EXPERIMENTAL**

<u>2.1.- MATERIA PRIMA</u> .....	51
<u>2.1.1.- ELIMINACION DE LAS CASCARAS DE NARANJA EN EXPENDIOS COMERCIALES</u> .....	51
<u>2.1.2.- DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS DE LAS CASCARAS DE NARANJA</u> .....	52
<u>2.2.- SELECCIÓN DE LAS ETAPAS A EMPLEAR PARA EL PROCESO DE OBTENCION DE BIOETANOL A PARTIR DE CASCARA DE NARANJA</u> .....	53
<u>2.2.1.- SELECCIÓN DE LA ETAPA DE PRE TRATAMIENTO</u> .....	55
<u>2.2.2.- SELECCIÓN DE LA ETAPA DE HIDROLISIS A EMPLEAR</u> .....	60
<u>2.2.3.- SELECCIÓN DEL MICROORGANISMO A EMPLEAR EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA</u> .....	63
<u>2.2.4.- PROCESO SELECCIONADO A EMPLEAR EN LA OBTENCION DE BIOETANOL A PARTIR DE MATERIA RESUDUAL DE NARANJA</u> .....	67
<u>2.3.- DISEÑO EXPERIMENTAL</u> .....	68
<u>2.3.1.- DISEÑO FACTORIAL PARA LA ETAPA DE HIDRÓLISIS ÁCIDA</u> .....	68

<u>2.3.2.- DISEÑO FACTORIAL PARA LA ETAPA DE FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA</u> .....	69
<u>2.4.- OBTENCION DE BIOETANOL A ESCALA DE LABORATORIO</u> .....	70
<u>2.4.1.- OBTENCION DE LA MATERIA PRIMA</u> .....	72
<u>2.4.2.- SELECCIÓN Y PREPARACION DE LA MATERIA PRIMA</u> .....	73
<u>2.4.3.- TRITURADO</u> .....	73
<u>2.4.4.- PRE TRATAMIENTO CON EXPLOSION DE VAPOR (EV)</u> .....	74
<u>2.4.5.- TRITURADO CON LICUADORA</u> .....	76
<u>2.4.6.- DESHIDRATADO</u> .....	77
<u>2.4.7.- MOLIENDA</u> .....	79
<u>2.4.8.- HIDROLISIS DE AZUCARES</u> .....	80
<u>2.4.8.1.- DETERMINACION DEL VOLUMEN DE DILUCION</u> .....	81
<u>2.4.8.2.- DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE LA DILUCION</u> .....	82
<u>2.4.8.3.- DETERMINACION DE LOS GRADOS BRIX</u> .....	83
<u>2.4.9.- OBTENCION DEL SUSTRATO PARA LA FERMENTACION</u> .....	84
<u>2.4.10.- FILTRADO</u> .....	86
<u>2.4.10.1.- DETERMINACION DE AZUCARES REDUCTORES</u> .....	87
<u>2.4.11.- CORRECCION DEL SUSTRATO</u> .....	88
<u>2.4.12.- INOCULACION DEL SUSTRATO</u> .....	88
<u>2.4.13.- FERMENTACION ALCOHOLICA</u> .....	89
<u>2.4.13.1.- CONSUMO DEL SUSTRATO</u> .....	90
<u>2.4.14.- DESTILACIÓN SIMPLE</u> .....	91

### **CAPITULO III**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

<u>3.1.- RESULTADOS OBTENIDOS EN LA MATERIA PRIMA</u> .....	94
---	----

<u>3.1.1.- RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DE HUMEDAD DE LAS CASCARAS DE NARANJA</u> .....	94
<u>3.1.2.- RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE AZUCARES TOTALES Y REDUCTORES DE LAS CASCARAS DE NARANJA DESHIDRATADA</u> .....	98
<u>3.2.- RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS PRODUCTOS INTERMEDIOS</u> .....	99
<u>3.2.1.-RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS ETAPAS DE TRITURADO, PRE TRATAMIENTO, TRITURADO CON LICUADORA, DESHIDRATACION Y MOLIENDA</u> .....	99
<u>3.2.2.- RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ETAPA DE HIDROLISIS ACIDA</u>	102
<u>3.2.2.1.- RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DEL VOLUMEN DE DILUCION</u> .....	105
<u>3.2.2.2.- RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE DILUCION</u> .....	106
<u>3.2.3.- RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ELABORACION DE LOS SUSTRATOS PARA LA FERMENTACION ALCOHOLICA</u> .....	106
<u>3.2.3.1.- RESULTADOS DE LA HIDROLISIS ACIDA EN LA OBTENCION DEL SUSTRATO</u> .....	107
<u>3.2.3.2.- VOLUMEN OBTENIDO DESPUES DE LA OPERACIÓN DE FILTRACION</u> .....	109
<u>3.2.3.3.- RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DE AZUCARES REDUCTORES EN LOS SUSTRATOS DE FERMENTACION</u> .....	109
<u>3.2.3.4.- RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CORRECCION DEL SUSTRATO</u> .....	110
<u>3.2.4.- RESULTADOS OBTENIDOS EN LA FERMENTACION ALCOHOLICA</u> .....	112
<u>3.3.- RESULTADOS OBTENIDOS DEL PRODUCTO FINAL</u> .....	116

<u>3.3.1.- RESULTADOS DEL CONTROL DE CALIDAD REALIZADO EN EL PRODUCTO OBTENIDO</u> .....	116
<u>3.3.2.- DETERMINACION DE RENDIMIENTOS</u> .....	119
<u>3.3.2.1.- DETERMINACION DE RENDIMIENTO DE HIDROLISIS ACIDA</u> .....	119
<u>3.3.2.2.- DETERMINACION DE RENDIMIENTOS EN LA FERMENTACION ALCOHOLICA</u> .....	121
<u>3.3.2.3.- RENDIMIENTO GLOBAL DEL PROCESO DE OBTENCION DE BIOETANOL A PARTIR DE MATERIA RESIDUAL DE NARANJA</u> .....	124
<u>3.4.- VARIABLES Y CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCION DE BIOETANOL</u> .....	127
<u>3.5.- ANALISIS ESTADISTICO DE LAS VARIABLES DEL PROCESO</u> .....	129
<u>3.5.1.- ANALISIS ESTADISTICO DE LA HIDROLISIS ACIDA</u> .....	130
<u>3.5.2.- ANALISIS ESTADISTICO DE LA FERMENTACION ALCOHOLICA</u> ..	133

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<u>4.1.- CONCLUSIONES</u> .....	137
<u>4.2.- RECOMENDACIONES</u> .....	139

## ÍNDICE DE TABLAS Y/O CUADROS

	<b>Pág.</b>
<u>Tabla 1: Producción de Naranja en el Departamento de Tarija</u> .....	1
<u>Tabla 2: Producción Estimada de Residuos Sólidos de la Ciudad de Tarija</u> .....	2
<u>Tabla 3: Emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O del Sector Energético en Bolivia</u> .....	5
<u>Tabla 4: Comparación de Características Fisicoquímicas de la Gasolina Frente al Etanol</u> .....	6
<u>Tabla 5: Producción y Consumo de Bioetanol en América Latina</u> .....	7
<u>Tabla I-1: Propiedades Fisicoquímicas del Etanol (a 1 atm y 20 °C)</u> .....	13
<u>Tabla I-2: Rendimiento del Etanol Carburante Empleado como Mezcla Combustible</u> .....	17
<u>Tabla I-3: Propiedades del Etanol y la Gasolina</u> .....	18
<u>Tabla I-4: Tipos de Biomasa y sus Características</u> .....	20
<u>Tabla I-5: Composición Fisicoquímica de las Cascaras de Naranja</u> .....	32
<u>Tabla I-7: Producción Aproximada de Residuos de Naranja en el Departamento de Tarija</u> .....	34
<u>Tabla II-1: Factores a Evaluar en la Matriz de Selección del Pre tratamiento a Emplear</u> .....	55
<u>Tabla II-2: Escala de Puntaje de Cumplimiento en la Matriz de Selección del Pre tratamiento a Emplear</u> .....	56
<u>Tabla II-3: Matriz de Selección del Pretratamiento a Emplear en el Proceso de Obtención de Bioetanol</u> .....	58
<u>Tabla II-4: Factores a Evaluar en la Matriz de Selección de Hidrólisis a Emplear</u> ....	60
<u>Tabla II-5: Escala de Puntaje de Cumplimiento en la Matriz de Selección de Hidrólisis a Emplear</u> .....	61

<u>Tabla II-6: Matriz de Selección de Hidrólisis a Emplear en el Proceso de Obtención de Bioetanol</u> .....	62
<u>Tabla II-7: Factores a Evaluar en la Matriz de Selección del Microorganismo Fermentador a Emplear</u> .....	63
<u>Tabla II-8: Escala de Puntaje de Cumplimiento en la Matriz de Selección del Microorganismo a Emplear</u> .....	65
<u>Tabla II-9: Matriz de Selección del Microorganismo Fermentador a Emplear en el Proceso de Obtención de Bioetanol</u> .....	65
<u>Tabla II-10: Diseño Experimental de la Etapa de Hidrólisis Ácida</u> .....	68
<u>Tabla II-11: Combinación de las Variables en la Hidrólisis Ácida</u> .....	69
<u>Tabla II-12: Diseño Experimental de la Etapa de Fermentación Alcohólica</u> .....	70
<u>Tabla II-13: Combinación de las Variables de Fermentación</u> .....	70
<u>Tabla II-14: Cantidad Pesada de Materia Prima</u> .....	74
<u>Tabla II-15: Cantidades de Materia Prima Destinadas al Pre tratamiento</u> .....	75
<u>Tabla II-16: Cantidad de Cascaras de Naranja al Finalizar el Pre Tratamiento (EV)</u> . 76	
<u>Tabla II-17: Cantidad de Cascara de Naranja Obtenida del Triturado con Licuadora</u> 77	
<u>Tabla II-18: Cantidades Obtenidas del Secado</u> .....	79
<u>Tabla II-19: Cantidades Obtenidas de la Molienda</u> .....	80
<u>Tabla II-20: Cantidad de Cascara de Naranja Destinada a Hidrolisis Acida</u> .....	80
<u>Tabla II-21: Experimentos con Mayores Grados Brix Obtenidos en la Hidrolisis</u> .....	84
<u>Tabla II-22: Cantidad de Materia Obtenida en Cada Etapa</u> .....	85
<u>Tabla III-1: Determinación de Humedad de las Cascaras de Naranja (A)</u> .....	94
<u>Tabla III-2: Determinación de Humedad de las Cascaras de Naranja (B)</u> .....	95
<u>Tabla III-3: Resultados Obtenidos en la Determinación de Humedad de las Cascaras de Naranja</u> .....	98

<u>Tabla III-4: Resultados de los Análisis de Cascaras de Naranja Deshidratadas</u> .....	99
<u>Tabla III-5: Cantidad de Cascara de Naranja Resultante desde la Etapa de Triturado hasta Molienda</u> .....	100
<u>Tabla III-6: Resultados de la Hidrolisis Acida de las Cascaras de Naranja</u> .....	102
<u>Tabla III-7: Resultados en la Determinación del Volumen de Dilución</u> .....	105
<u>Tabla III-8: Resultados Obtenidos en la Determinación de la Densidad de Dilución</u> .....	106
<u>Tabla III-9: Resultados en la Obtención de Materia Seca de los Sustratos de Fermentación</u> .....	107
<u>Tabla III-10: Resultados de la Hidrolisis en la Obtención de los Sustratos de Fermentación</u> .....	108
<u>Tabla III-11: Volumen de Sustratos Obtenidos Después de la Filtración</u> .....	109
<u>Tabla III-12: Resultados de la Determinación de Azucares Reductores en los Sustratos de Fermentación</u> .....	110
<u>Tabla III-13: Corrección del Sustrato</u> .....	110
<u>Tabla III-14: Consumo de Sustratos en la Fermentación Alcohólica</u> .....	112
<u>Tabla III-15: Medición de la Densidad en la Fermentación Alcohólica</u> .....	115
<u>Tabla III-16: Determinación del Grado Alcohólico del Vino Obtenido</u> .....	117
<u>Tabla III-17: Determinación del Grado Alcohólico del Destilado</u> .....	117
<u>Tabla III-18: Resultados de las Pruebas de Calidad del Bioetanol Obtenido</u> .....	119
<u>Tabla III-19: Determinación del Rendimiento de Hidrolisis Acida</u> .....	120
<u>Tabla III-20: Determinación del Rendimiento en la Fermentación Alcohólica</u> .....	123
<u>Tabla III-21: Diseño Factorial de la Hidrolisis Acida</u> .....	130
<u>Tabla III-22: Prueba de Efectos Inter-Sujetos – Hidrolisis Acida</u> .....	131

<u>Tabla III-23: ANOVA Datos y Resultados Obtenidos Aplicando Regresión lineal – Hidrolisis Acida .....</u>	132
<u>Tabla III-24: Diseño Factorial de la Hidrolisis Acida.....</u>	133
<u>Tabla III-25: Prueba de Efectos Inter-Sujetos – Fermentación Alcohólica .....</u>	134
<u>Tabla III-26: ANOVA Datos y Resultados Obtenidos Aplicando Regresión lineal- Fermentación Alcohólica .....</u>	136



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
<u>Figura I-1: Clasificación de los Residuos Sólidos Orgánicos Según sus Características Físicas</u> .....	23
<u>Figura I-2: Clasificación de los Residuos Sólidos Orgánicos Según Fuente de Generación</u> .....	24
<u>Figura I-3: Residuos de Naranja</u> .....	26
<u>Figura I-4: Esquema General de los Componentes Químicos de los Materiales Lignocelulósicos</u> .....	27
<u>Figura I-5: Estructura Básica de las Moléculas de Celulosa Unidas Mediante Puentes Hidrógeno</u> .....	28
<u>Figura I-6: Estructura Básica de la Molécula de Hemicelulosa (Xylosa-<math>\beta</math>(1,4)-Manosa-<math>\beta</math>(1,4)-Glucosa-alfa(1,3)-Galactosa</u> .....	29
<u>Figura I-7: Estructura de Básica de la Lignina</u> .....	30
<u>Figura I-8: Cáscara de Naranja</u> .....	31
<u>Figura I-9: Proceso de Obtención de Bioetanol de Segunda Generación</u> .....	35
<u>Figura I-10: Pretratamiento de la Biomasa Lignocelulosica</u> .....	38
<u>Figura I-11: Curva de Crecimiento de la Levadura</u> .....	44
<u>Figura II-1: Expendios de Comidas a Base de Frutas</u> .....	51
<u>Figura II-2: Determinación de Humedad de las Cáscaras de Naranja</u> .....	52
<u>Figura II-3: Etapas Alternativas a Seleccionar en el Proceso de Obtención de Bioetanol</u> .....	54
<u>Figura II-4: Etapas Seleccionadas para el Proceso de Obtención de Bioetanol a partir de Cáscaras de Naranja</u> .....	67
<u>Figura II-5: Diagrama del Proceso de Obtención de Bioetanol a Escala de Laboratorio</u> .....	71
<u>Figura II-6: Obtención de la Materia Prima a Emplear</u> .....	72
<u>Figura II-7: Cáscaras de Naranja Seleccionadas para el Proceso de Obtención de Bioetanol</u> .....	73
<u>Figura II-8: Cáscaras de Naranja Trituradas</u> .....	73

<u>Figura II-9: Pesaje de Cascaras de Naranja Destinadas a Pre Tratamiento</u> .....	74
<u>Figura II-10: Cascaras de Naranja Sometidas a Pre Tratamiento EV</u> .....	75
<u>Figura II-11: Triturado con Licuadora</u> .....	76
<u>Figura II-12: Desecador Empleado en la Operación de Deshidratado</u> .....	77
<u>Figura II-13: Deshidratado de las Cascaras de Naranja Trituradas</u> .....	78
<u>Figura II-14: Molienda de las Cascaras de Naranja</u> .....	79
<u>Figura II-15: Hidrolisis Acida de Azucres en Agitador Magnético</u> .....	81
<u>Figura II-16: Determinación del Volumen de Dilución</u> .....	82
<u>Figura II-17: Determinación de la Masa de la Dilución</u> .....	83
<u>Figura II-18: Medición de los Grados Brix</u> .....	84
<u>Figura II-19: Obtención de Sustratos para la Fermentación Alcohólica</u> .....	86
<u>Figura II-20: Filtración de Partículas Sólidas del Sustrato</u> .....	87
<u>Figura II-21: Muestras de Sustratos Enviadas para Determinación de Azucres Reductores</u> .....	87
<u>Figura II-22: Corrección del Sustrato</u> .....	88
<u>Figura II-23: Activación de la Levadura</u> .....	89
<u>Figura II-24: Fermentación Alcohólica</u> .....	90
<u>Figura II-25: Determinación de la Densidad del Vino obtenido</u> .....	91
<u>Figura II-26: Destilación Simple</u> .....	92
<u>Figura II-27: Medición del Grado Alcohólico</u> .....	93
<u>Figura II-28: Bioetanol Obtenido</u> .....	93
<u>Figura III-1: Curva de Secado de Cascaras de Naranja (A)</u> .....	96
<u>Figura III-2: Curva de Secado de Cascaras de Naranja (B)</u> .....	97
<u>Figura III-3: Diagrama de Bloques De Triturado a Molienda</u> .....	101
<u>Figura III-7: Formación de Azucres Fermentables Mediante Hidrolisis Acida (4 Horas)</u> .....	103
<u>Figura III-8: Formación de Azucres Fermentables Mediante Hidrolisis Acida (8 Horas)</u> .....	104
<u>Figura III-9: Diagrama de Bloques de las Cantidades Obtenidas desde Hidrolisis Acida hasta Corrección de Sustrato</u> .....	111

<u>Figura III-10: Consumo del Sustrato 1 a pH 3,5 y 4,5 (A)</u> .....	113
<u>Figura III-11: Consumo del Sustrato 1 a pH 3,5 y 4,5 (B)</u> .....	113
<u>Figura III-12: Consumo del Sustrato 2 a pH 3,5 y 4,5 (A)</u> .....	114
<u>Figura III-13: Consumo del Sustrato 2 a pH 3,5 y 4,5 (B)</u> .....	114
<u>Figura III-14: Diagrama de Bloques Correspondiente a la Mejor Experiencia</u> .....	114
<u>Figura III-15: Datos Ajustados en Regresión Lineal – Hidrolisis Acida</u> .....	132
<u>Figura III-16: Datos Ajustados en Regresión Lineal – Fermentación Alcohólica</u> ....	135