



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS  
DE HIDALGO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE  
LA MADERA**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA.**

**TESIS:**

**“DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD EN MADERA, PODER CALORÍFICO Y  
COMPOSICIÓN QUÍMICA EN CORTEZA Y MADERA DE SEIS ESPECIES DE  
LATIFOLIADAS”**

Que para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA**

**PRESENTA:**

**ANA CRISTINA HERRERA FERNÁNDEZ**

**DIRECTOR:**

**DR. JOSÉ GUADALUPE RUTIAGA QUIÑONES**

**ASESORES:**

**DR. PABLO LÓPEZ ALBARRAN (UMSNH)**

**DR. ARTEMIO CARRILLO PARRA (UANL)**

Morelia, Michoacán Agosto de 2013.



Este trabajo de investigación titulado “DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD EN MADERA, PODER CALORÍFICO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA EN LA CORTEZA Y MADERA DE SEIS LATIFOLIADAS”, se llevó a cabo en los Laboratorios de Investigación de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera dependiente de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, dentro del proyecto con clave 166444, aprobado por CONACYT, a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (Responsable técnico: Dr. José Guadalupe Rutiaga Quiñones) en colaboración con la Universidad Autónoma de Nuevo León (Corresponsable: Dr. Artemio Carrillo Parra).

“DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD EN MADERA, PODER CALORÍFICO Y  
COMPOSICIÓN QUÍMICA EN LA CORTEZA Y MADERA DE SEIS  
LATIFOLIADAS”

**INDÍCE GENERAL**

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. JUSTIFICACIÓN	8
4. HIPÓTESIS	9
5. OBJETIVOS	
5.1- Objetivo General	9
5.2- Objetivos Particulares	9
6. GENERALIDADES DE ESPECIES	
6.1- Taxonomía de <i>Q. candicans</i> Née	10
6.2- Taxonomía de <i>Q. laurina</i> Humb. & Bonpl.	12
6.3- Taxonomía de <i>Q. rugosa</i> Née	15
6.4- Taxonomía de <i>A. acuminata</i> H.B.K.	17
6.5- Taxonomía de <i>A. jorullensis</i> H.B.K.	19
6.6- Taxonomía de <i>S. citrea</i> Lex	21
7. METODOLOGÍA	
7.1- Datos de recolección	24
7.2- Trabajo de campo	25
7.3- Habilitación de material	27
7.4- Determinaciones físicas	28
7.4.1- Determinación de la densidad	29
7.4.2- Determinación del porcentaje de humedad	30
7.4.3- Determinación de poder calorífico	30
7.5- Análisis químico de las especies	31

7.5.1- Determinación del pH	31
7.5.2- Determinación de Cenizas	32
7.5.3- Análisis de Cenizas	32
7.5.4- Solubilidad a la sosa	33
7.5.5- Obtención de Extraíbles	34
7.5.6- Determinación de Lignina	35
7.5.7- Determinación de Holocelulosa	35
7.5.8- Determinación de $\alpha$ -Celulosa	36
7.5.9- Determinación de hemicelulosa	37
7.6- Obtención de Extractos Tánicos	37
7.6.1- Extracto total	38
7.6.2- No. de Stiasny	38
7.6.3- Taninos Hidrolizables	39
8. RESULTADOS	
8.1- Resultados para Especies de <i>Quercus</i> .	40
8.2- Resultados para Especies de <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	67
9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
9.1- Análisis y discusión de resultados para <i>Quercus</i> .	92
9.2- Análisis y discusión de resultados para <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	102
10. CONCLUSIONES	
10.1- Para las maderas del género <i>Quercus</i> .	111
10.2- Para las maderas del género <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	115
11. RECOMENDACIONES	119
12. BIBLIOGRAFÍA	120
13. ANEXOS	
13.1- Anexos para <i>Quercus</i> .	128
13.2- Anexos para <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	135
13.3- Anexos de comparaciones generales	141

INDICE DE FIGURAS	Página
<b>Figura 1</b> Localización de la comunidad.	24
<b>Figura 2</b> Especie <i>Quercus candicans</i> Née.	25
<b>Figura 3</b> Especie <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl.	25
<b>Figura 4</b> Especie <i>Quercus rugosa</i> Née.	25
<b>Figura 5</b> Especie <i>Alnus acuminata</i> H.B.K.	26
<b>Figura 6</b> Especie <i>Alnus jorullensis</i> H.B.K.	26
<b>Figura 7</b> Especie <i>simplocos citrea</i> Lex.	26
<b>Figura 8</b> Material de estudio.	27
<b>Figura 9</b> Material triturado.	27
<b>Figura 10</b> Material molido.	28
<b>Figura 11</b> Procedimiento para determinar la densidad.	29
<b>Figura 12</b> Procedimiento para determinar % de humedad.	30
<b>Figura 13</b> Determinación del poder calorífico.	31
<b>Figura 14</b> Determinación de pH.	31
<b>Figura 15</b> Determinación de cenizas.	32
<b>Figura 16</b> Microscopio de barrido para analizar cenizas.	33
<b>Figura 17</b> Solubilidad a la sosa.	33
<b>Figura 18</b> Secuencia de extracción equipo Soxhlet.	34
<b>Figura 19</b> Concentración de extractos.	34
<b>Figura 20</b> Determinación de lignina.	35
<b>Figura 21</b> Obtención de holocelulosa.	36
<b>Figura 22</b> Obtención de $\alpha$ -celulosa.	37
<b>Figura 23</b> Obtención de extracto total.	38
<b>Figura 24</b> Obtención de No. Stiasny.	39

<b>Figura 25</b>	Prueba cualitativa para taninos hidrolizables.	39
<b>Figura 26</b>	Gráfica de medias para densidad en <i>Quercus</i> .	41
<b>Figura 27</b>	Gráfica de medias para poder calorífico en <i>Quercus</i> .	43
<b>Figura 28</b>	Gráfica de medias para contenido de cenizas en <i>Quercus</i> .	44
<b>Figura 29</b>	Espectro de Rayos-X para duramen de <i>Q. laurina</i> .	45
<b>Figura 30</b>	Gráfica de medias para contenido de pH (con extractos) en las diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	48
<b>Figura 31</b>	Gráfica de medias para contenido de pH (sin extractos) en las diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	49
<b>Figura 32</b>	Gráfica de medias para contenido de extractos con diferentes solventes orgánicos en las diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	52
<b>Figura 33</b>	Gráfica de medias para contenido de % de lignina en las diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	54
<b>Figura 34</b>	Gráfica de medias para contenido de % de holocelulosa en las diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	55
<b>Figura 35</b>	Gráfica de medias para contenido de % de $\alpha$ -celulosa en las diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	57
<b>Figura 36</b>	Gráfica de medias para contenido de % de hemicelulosa en las diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	58
<b>Figura 37</b>	Gráfica de medias para solubilidad a la sosa en las diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	60
<b>Figura 38</b>	Gráfica de medias para extracto total acuoso ("A") y etanólico ("E") en las diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	62
<b>Figura 39</b>	Gráfica de medias para No. Stiasny acuoso ("A") y etanólico ("E") en las diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	63
<b>Figura 40</b>	Gráfica de medias para taninos en extracto acuoso ("A") y etanolico ("E") en las diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	66
<b>Figura 41</b>	Gráfica de medias para densidad en <i>Alnus</i> y <i>S.citrea</i> .	68
<b>Figura 42</b>	Gráfica de medias para poder calorífico en <i>Alnus</i> y <i>S.citrea</i> .	70
<b>Figura 43</b>	Gráfica de medias para contenido de cenizas en <i>Alnus</i> y <i>S.citrea</i> .	71

<b>Figura 44</b>	Espectro de Rayos-X para madera de <i>Alnus acuminata</i> .	72
<b>Figura 45</b>	Gráfica de medias para contenido de pH en <i>Alnus</i> y <i>S.citrea</i> (harina con extractos).	75
<b>Figura 46</b>	Gráfica de medias para contenido de pH en <i>Alnus</i> y <i>S.citrea</i> (harina sin extractos).	76
<b>Figura 47</b>	Gráfica de medias para contenido de extraíbles en <i>Alnus</i> y <i>S.citrea</i> .	79
<b>Figura 48</b>	Gráfica de medias para contenido de lignina en <i>Alnus</i> y <i>S.citrea</i> .	80
<b>Figura 49</b>	Gráfica de medias para contenido de holocelulosa en <i>Alnus</i> y <i>S.citrea</i> .	82
<b>Figura 50</b>	Gráfica de medias para contenido de $\alpha$ -celulosa en <i>Alnus</i> y <i>S.citrea</i> .	83
<b>Figura 51</b>	Gráfica de medias para contenido de hemicelulosa en <i>Alnus</i> y <i>S.citrea</i> .	85
<b>Figura 52</b>	Gráfica de medias para solubilidad a la sosa en <i>Alnus</i> y <i>S.citrea</i> .	86
<b>Figura 53</b>	Gráfica de medias para extracto total en <i>Alnus</i> y <i>S.citrea</i> .	88
<b>Figura 54</b>	Gráfica de medias para No. Stiasny en <i>Alnus</i> y <i>S.citrea</i> .	89
<b>Figura 55</b>	Gráfica de medias para taninos en <i>Alnus</i> y <i>S.citrea</i> .	90

INDICE DE CUADROS		Página
<b>Cuadro 1</b>	Características de la zona de recolección.	26
<b>Cuadro 2</b>	Datos dendrométricos de las Especies.	28
<b>Cuadro 3</b>	Anova para densidad en <i>Quercus</i> .	40
<b>Cuadro 4</b>	Valores medios para densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) de <i>Quercus</i> .	40
<b>Cuadro 5</b>	Anova para poder calorífico en <i>Quercus</i> .	41
<b>Cuadro 6</b>	Valores medios para poder calorífico (cal/g) en <i>Quercus</i> .	42
<b>Cuadro 7</b>	Anova para contenido de cenizas en <i>Quercus</i> .	44
<b>Cuadro 8</b>	Valores medios para contenido de cenizas (%) en <i>Quercus</i> .	44
<b>Cuadro 9</b>	Elementos químicos en las cenizas de las diferentes zonas de los <i>Quercus</i> (%).	46
<b>Cuadro 10</b>	Anova para contenido de pH en diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	47
<b>Cuadro 11</b>	Valores medios para contenido de pH en diferentes zonas (en harina con extractos) de <i>Quercus</i> .	47
<b>Cuadro 12</b>	Anova para contenido de pH (sin extractos) en diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	48
<b>Cuadro 13</b>	Valores medios para contenido de pH en diferentes zonas (en harina sin extractos) de <i>Quercus</i> .	49
<b>Cuadro 14</b>	Anova para total de extractos en diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	50
<b>Cuadro 15</b>	Valores medios de extractos (%) con solventes de polaridad creciente en diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	51
<b>Cuadro 16</b>	Anova para lignina en diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	53
<b>Cuadro 17</b>	Valores medios para contenido de lignina (%) en diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	53
<b>Cuadro 18</b>	Anova para holocelulosa en diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	54
<b>Cuadro 19</b>	Valores medios para contenido de holocelulosa (%) en diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	55
<b>Cuadro 20</b>	Anova para $\alpha$ -celulosa en diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	56
<b>Cuadro 21</b>	Valores medios para contenido de $\alpha$ -celulosa (%) en zonas de <i>Quercus</i> .	56
<b>Cuadro 22</b>	Anova para hemicelulosa en diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	57

<b>Cuadro 23</b>	Valores medios para contenido de hemicelulosa (%) en diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	58
<b>Cuadro 24</b>	Anova para solubilidad a la sosa en las diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	59
<b>Cuadro 25</b>	Valores medios para solubilidad a la sosa (%) en diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	59
<b>Cuadro 26</b>	Anova para extracto total acuoso y etanólico en las diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	61
<b>Cuadro 27</b>	Valores medios para extracto total (%) acuoso y etanólico en diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	61
<b>Cuadro 28</b>	Anova para No. Stiasny acuoso y etanólico en las diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	63
<b>Cuadro 29</b>	Valores medios para No. Stiasny (%) acuoso y etanólico en diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	64
<b>Cuadro 30</b>	Anova para taninos (acuoso y etanólico) en las diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	65
<b>Cuadro 31</b>	Valores medios para taninos (%) acuoso y etanólico en diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	65
<b>Cuadro 32</b>	Coloración para taninos hidrolizables (acuoso y etanólico) en diferentes zonas de <i>Quercus</i> .	66
<b>Cuadro 33</b>	Anova para densidad en <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	67
<b>Cuadro 34</b>	Valores medios para densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) en <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	67
<b>Cuadro 35</b>	Anova para poder calorífico en <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	68
<b>Cuadro 36</b>	Valores medios para poder calorífico (cal/g) en <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	69
<b>Cuadro 37</b>	Anova para contenido de cenizas en <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	71
<b>Cuadro 38</b>	Valores medios de contenido de cenizas (%) para <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	71
<b>Cuadro 39</b>	Elementos químicos en las cenizas de las diferentes zonas de las especies <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> (%).	73
<b>Cuadro 40</b>	Anova para contenido de pH en <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> (harina con extractos).	74
<b>Cuadro 41</b>	Valores medios de contenido de pH para <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> (harina con extractos).	74
<b>Cuadro 42</b>	Anova para contenido de pH en <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> (harina sin extractos).	75
<b>Cuadro 43</b>	Valores medios de contenido de pH para <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> (harina sin extractos).	76

<b>Cuadro 44</b>	Anova para contenido de extraíbles en <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	77
<b>Cuadro 45</b>	Valores medios de contenido de extraíbles (%) para <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	78
<b>Cuadro 46</b>	Anova para contenido de lignina en <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	80
<b>Cuadro 47</b>	Valores medios de contenido de lignina (%) para <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	80
<b>Cuadro 48</b>	Anova para contenido de holocelulosa en <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	81
<b>Cuadro 49</b>	Valores medios de holocelulosa (%) para <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	81
<b>Cuadro 50</b>	Anova para contenido de $\alpha$ -celulosa en <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	82
<b>Cuadro 51</b>	Valores medios de $\alpha$ -celulosa (%) para <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	83
<b>Cuadro 52</b>	Anova para contenido de hemicelulosa en <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	84
<b>Cuadro 53</b>	Valores medios de hemicelulosa (%) para <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	84
<b>Cuadro 54</b>	Anova para contenido de solubilidad a la sosa en <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	85
<b>Cuadro 55</b>	Valores medios de solubilidad a la sosa (%) para <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	86
<b>Cuadro 56</b>	Anova para extracto total en <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	87
<b>Cuadro 57</b>	Valores medios de extracto total (%) acuoso y etanólico para <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	87
<b>Cuadro 58</b>	Anova para No. Stiasny en <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	88
<b>Cuadro 59</b>	Valores medios de No. Stiasny (%) acuoso y etanólico para <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	89
<b>Cuadro 60</b>	Anova para taninos en <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	90
<b>Cuadro 61</b>	Valores medios de taninos totales (%) acuoso y etanólico en diferentes zonas de <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	91
<b>Cuadro 62</b>	Coloración para taninos hidrolizables (acuoso y etanólico) en diferentes zonas de <i>Alnus</i> y <i>S. citrea</i> .	91

INDICE DE ANEXOS PARA TABLAS		Página
<b>Tabla 1</b>	Arreglo de columnas para análisis de densidad en <i>Quercus</i> .	128
<b>Tabla 2</b>	Arreglo de columnas para análisis de poder calorífico en <i>Quercus</i> .	128
<b>Tabla 3</b>	Arreglo de columnas para análisis de contenido de cenizas en <i>Quercus</i> .	129
<b>Tabla 4</b>	Arreglo de columnas para análisis de contenido de pH con extractos en <i>Quercus</i> .	129
<b>Tabla 5</b>	Arreglo de columnas para análisis de contenido de extraíbles en <i>Quercus</i> .	130
<b>Tabla 6</b>	Arreglo de columnas para análisis de contenido de lignina en <i>Quercus</i> .	130
<b>Tabla 7</b>	Arreglo de columnas para análisis de contenido de holocelulosa en <i>Quercus</i> .	131
<b>Tabla 8</b>	Arreglo de columnas para análisis de contenido de alfa-celulosa en <i>Quercus</i> .	131
<b>Tabla 9</b>	Arreglo de columnas para análisis de contenido de celulosa en <i>Quercus</i> .	132
<b>Tabla 10</b>	Arreglo de columnas para análisis de solubilidad a la sosa en <i>Quercus</i> .	132
<b>Tabla 11</b>	Arreglo de columnas para análisis de extracto total en <i>Quercus</i> .	133
<b>Tabla 12</b>	Arreglo de columnas para análisis de No. de Stiasny en <i>Quercus</i> .	133
<b>Tabla 13</b>	Arreglo de columnas para análisis de total de Taninos en <i>Quercus</i> .	134
<b>Tabla 14</b>	Arreglo de columnas para análisis de densidad en <i>Alnus</i> y <i>Symplocos</i> .	135
<b>Tabla 15</b>	Arreglo de columnas para análisis de poder calorífico en <i>Alnus</i> y <i>Symplocos</i> .	135
<b>Tabla 16</b>	Arreglo de columnas para análisis de cenizas en <i>Alnus</i> y <i>Symplocos</i> .	136
<b>Tabla 17</b>	Arreglo de columnas para análisis de pH con extractos en <i>Alnus</i> y <i>Symplocos</i> .	136
<b>Tabla 18</b>	Arreglo de columnas para análisis de Contenido de extraíbles en <i>Alnus</i> y <i>Symplocos</i> .	137

---

<b>Tabla 19</b>	Arreglo de columnas para análisis de Contenido de lignina en <i>Alnus</i> y <i>Symplocos</i> .	137
<b>Tabla 20</b>	Arreglo de columnas para análisis de Contenido de holocelulosa en <i>Alnus</i> y <i>Symplocos</i> .	138
<b>Tabla 21</b>	Arreglo de columnas para análisis de Contenido de alfa-celulosa en <i>Alnus</i> y <i>Symplocos</i> .	138
<b>Tabla 22</b>	Arreglo de columnas para análisis de Contenido de celulosa en <i>Alnus</i> y <i>Symplocos</i> .	138
<b>Tabla 23</b>	Arreglo de columnas para análisis de solubilidad a la sosa en <i>Alnus</i> y <i>Symplocos</i> .	139
<b>Tabla 24</b>	Arreglo de columnas para análisis de Extracto Total en <i>Alnus</i> y <i>Symplocos</i> .	139
<b>Tabla 25</b>	Arreglo de columnas para análisis de No. de Stiasnyl en <i>Alnus</i> y <i>Symplocos</i> .	140
<b>Tabla 26</b>	Arreglo de columnas para análisis de Total de Taninos en <i>Alnus</i> y <i>Symplocos</i> .	140

<b>INDÍCE para gráficas de comparaciones generales</b>		<b>Página</b>
<b>Anexo 1</b>	Gráfica para densidad	141
<b>Anexo 2</b>	Gráfica para poder calorífico	141
<b>Anexo 3</b>	Gráfica para pH	142
<b>Anexo 4</b>	Gráfica para cenizas	142
<b>Anexo 5</b>	Gráfica para solubilidad a la sosa	142
<b>Anexo 6</b>	Gráfica para obtención de extraíbles	143
<b>Anexo 7</b>	Gráfica para lignina	143
<b>Anexo 8</b>	Gráfica para holocelulosa	144
<b>Anexo 9</b>	Gráfica para $\alpha$ - celulosa	144
<b>Anexo 10</b>	Gráfica para hemicelulosas	145
<b>Anexo 11</b>	Gráfica para Extracto total	145
<b>Anexo 12</b>	Gráfica para No. de Stiasny	146
<b>Anexo 13</b>	Gráfica para Taninos totales	146

## RESUMEN

### “DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD EN MADERA, PODER CALORÍFICO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA EN CORTEZA Y MADERA DE SEIS ESPECIES DE LATIFOLIADAS”

Para la realización de este trabajo fue colectada una rodaja de 30 cm de espesor de las especies *Quercus candicans*, *Q. laurina*, *Q. rugosa*, *Alnus acuminata*, *A. jorullensis* y *Simplocos citrea*, procedentes de los bosques de San Juan Nuevo Parangaricutiro, Michoacán, donde se lleva a cabo el aprovechamiento de sus bosques bajo un excelente manejo forestal. Las rodajas fueron extraídas de los fustes de los árboles a una altura de 1.30 del tocón, y de ellas se separó corteza y madera, y en las que fue posible se obtuvo albura y duramen. En madera se determinó la densidad, el contenido de humedad. El poder calorífico se determinó en material con extractos, sin extractos, en lignina y holocelulosa. Para el análisis químico se determinó: pH, contenido de cenizas, solubilidad de sustancias extraíbles (en solventes de polaridad ascendente y agua), cuantificación de lignina, holocelulosa, alfa-celulosa y hemicelulosa por diferencia de porcentajes, y solubilidad a la sosa, también se determinó el contenido de taninos en las diferentes zonas de las especies.

Procesados y analizados estadísticamente los resultados indicaron que en todas las determinaciones existen diferencias, a excepción de la densidad de *Alnus* y *Simplocos*. Los valores obtenidos en la composición química de los *Quercus* coinciden con datos reportados en otros trabajos de estas mismas especies.

La densidad de las maderas es muy semejante a reportadas para las mismas especies, en el caso de los resultados para el poder calorífico, se puede afirmar que los índices obtenidos están dentro de los valores reportados para maderas, y por lo que se puede asegurar el buen rendimiento de las maderas aquí estudiadas para un posible uso en la fabricación de biocombustible.

En base de los resultados que se obtuvieron, se puede afirmar que en la corteza de las diferentes especies, existe mayor acidez, de cenizas, de extractos y de taninos, esto a diferencia de la madera, donde los resultados fueron más bajos, que al igual comparados con otros estudios realizados a las mismas especies pero de otras regiones, se afirma que influyen en gran posibilidad las condiciones de crecimiento y factores nutrientes, para el desarrollo de las especies que conforman el bosque de la comunidad.

Lo que corresponde a los componentes estructurales de las maderas, se obtuvo mayor contenido de lignina en las diferentes cortezas de las especies, el porcentaje más alto de holocelulosa se encontró en la madera, esto de igual forma para las seis diferentes especies estudiadas. Para  $\alpha$ -celulosa se mantuvieron los valores obtenidos dentro de un rango de 42-66%, a excepción de la corteza de *Symplocos citrea* donde el valor fue muy elevado al rango determinado en esta investigación.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se determinan algunas propiedades físicas y químicas de la corteza y madera de seis especies latifoliadas de la región de Nuevo San Juan Parangaricutiro, para su posible uso como materiales biocombustibles, puesto que el bosque ocupa un lugar importante en la región y es un modelo de manejo forestal para alcanzar el aprovechamiento óptimo e inteligente de este valioso recurso natural, la producción de madera, combustibles y productos forestales no maderables.

Todo el bosque ha sido clasificado como "bosque de pino-encino". Prácticamente no existe una condición de "viejo crecimiento" en toda el área y los rodales son relativamente jóvenes (menos de 50 a 60 años), en los bosques de la Comunidad predominan rodales secundarios en distintas etapas de desarrollo sucesional. Una porción significativa del bosque corresponde a rodales establecidos sobre cenizas volcánicas y coladas de lava de las erupciones del Parícutín en la década de 1940, y que podrían considerarse bosques primarios jóvenes (INEGI, 2008).

El uso de la madera de los encinos en México, aunque rudimentario, es amplio y apreciado tanto en nivel comercial como localmente: además de la madera se aprovechan también las hojas, bellotas y corteza para usos medicinales, alimentarios y forrajeros principalmente (García, 1976; Hernández *et al.*, 1991; López, 1988; Luna *et al.*, 2003; Pulido, 1985). Su uso como forraje, sin embargo se ve limitado en algunas especies debido a su alto contenido de taninos en el follaje o en las bellotas (Avendaño y Flores, 1999).

La composición química de la madera de los encinos en general, presenta un mayor contenido de celulosa con respecto a especies congéneres que crecen en otras latitudes, además el análisis químico de la madera de encinos mexicanos abarca aspectos generales y específicos que van desde su pH hasta la caracterización de algunos compuestos químicos de la madera y de la corteza (Honorato, 2002a). El contenido elevado de taninos en los encinos ha sido apreciado siempre para curtumbre, el contenido de taninos en la corteza es en general mayor que en la madera (Bautista y Honorato, 2005; Honorato y Hernández, 1999; Sandoval, 1979).

Conocer la composición química de las diferentes estructuras que conforman las especies maderables es un aspecto importante y necesario para encontrar alternativas de aprovechamiento de los beneficios económicos que los residuos proporcionan para las diferentes industrias (García *et al.*, 2004). Para determinar las principales características energéticas de los residuos forestales se deben considerar las variables físicas y químicas que los definen. Las características

químicas de la madera que más influyen en su comportamiento como biocombustible son la composición química elemental, la composición química por compuestos y el poder calorífico (Camps y Marcos, 2008).

La humanidad ha utilizado durante miles de años la bioenergía de biomasa principalmente la leña como fuente de energía. A nivel doméstico, pequeños agricultores, indígenas y comunidades rurales utilizan hasta hoy biomasa en todo el mundo para generar la energía que requieren sus propias necesidades domésticas, de manera tradicional y localmente, obteniéndola en las cercanías de sus lugares de vivienda. La utilización de bioenergía a pequeña escala o a escala local, es y ha sido siempre una manera sostenible de producción de energía en las comunidades (Caballero. 1985).

Durante los últimos 200 años, sobre todo los países industrializados han utilizado y casi consumido totalmente las reservas fósiles –petróleo, carbón, gas natural– como su principal fuente de energía. Actualmente, se quiere reemplazar la energía fósil por energía generada a partir de materia viva o “biomasa” (Reyna, 1981).

La energía a nivel internacional, ha sido generada por combustibles fósiles, que en la actualidad van decreciendo. Sin embargo, la energía de la biomasa, especialmente leña, es utilizada en 90% para cubrir las necesidades energéticas de más de 1,500 millones de personas de países en desarrollo (COFOM, 2007).

La bioenergía puede también producirse a partir de materiales forestales mediante diversos procesos que van desde la quema de trozos y ramas para cocinar y generar calor; a la gasificación de astillas de madera para producir combustible para el transporte. Estos sistemas se diferencian en la eficacia energética, los costes de las instalaciones, las emisiones de carbono y la intensidad de la mano de obra (Cataño, 1979).

La madera de los encinos tiene buen potencial como combustible, por su alto poder calorífico y lenta combustibilidad, por ello se ha analizado, la forma de optimizar su uso e incrementar su rendimiento y calidad para aprovecharla de manera menos artesanal (Sánchez, 2000).

Por todo lo antes mencionado se considera que el uso de la madera de las diferentes latifoliadas que se encuentran mezcladas en el bosque de pino, pueden ser consideradas con un alto potencial, para ser utilizadas en procesos industriales y de igual forma, considerar vincular los resultados aquí obtenidos, como base para dirigir una línea de investigación continua en base a la determinación de biocombustible.

## 2. ANTECEDENTES

Lastra (1967), informa sobre la estructura, propiedades físicas y mecánicas de la madera y usos de *Alnus jorullensis*, dentro de la zona de Manizales, Colombia.

Zavala (1976), realiza un estudio descriptivo de las características de trabajabilidad al cepillado, torneado, moldurado, taladrado y lijado de la madera de *Alnus arguta*, determinando en base a esto sus usos posibles.

Rzedowski (1978), menciona las afinidades de aspectos ecológicos del *Alnus glabrata*, *Alnus firmifolia* y del *Alnus arguta*.

Barajas (1980), hace una descripción del árbol y corteza, menciona las características macroscópicas y microscópicas de la madera, así como la distribución en México del *Alnus jorullensis*.

Delgado (1980), estimó el contenido de cenizas, extractos con agua caliente y con etanol-benceno, así como  $\alpha$ -celulosa y hemicelulosa en la madera de dos especies de encinos rojos (*Q. laurina* y *Q. candicans*) y dos encinos blancos (*Q. resinosa* y *Q. obtusata*) del estado de Jalisco; el porcentaje de lignina lo calculó por diferencia.

Fuentes (1980), determinó el contenido de carbohidratos estructurales, extractos con etanol-benceno y lignina de la madera del fuste y de las ramas de *Quercus resinosa*, otro encino blanco también del estado de Jalisco.

Guridi (1980), indica las características estéticas de las maderas de *Alnus arguta* y *Alnus jorullensis*, así como el uso de estas en las artesanías del Estado de Michoacán.

Resch (1980), hace un estudio sobre el aprovechamiento potencial y utilización en el noroeste de Estados Unidos de Norteamérica de *Alnus rubra*, en su trabajo muestra una tabla de propiedades físicas y mecánicas, además de una secuela de secado para madera de 1 pulgada de espesor.

Sánchez (1984), realiza una descripción botánica de la familia Betulaceae, así como de las especies de *Alnus arguta*, *Alnus firmifolia* y *Alnus jorullensis*.

Bárceñas (1985), en base a las contracciones de la madera, da la recomendación al uso de la madera de *Alnus jorullensis*.

Hernández (1987), realiza un estudio fenológico, de dos poblaciones de *Alnus acuminata*, del Valle del Río Chama, Mérida-Venezuela.

Rondón y Hernández (1987), realizan un estudio anatómico de la hoja y madera de *Alnus acuminata*.

Wagenfuhr (1987), da a conocer la distribución y características del árbol de *Alnus glutinosa*, características microscópicas y macroscópicas, tablas de propiedades físicas, mecánicas y químicas, así como la trabajabilidad y usos que se le da a esta especie.

González *et al.* (1988), realizaron extracciones a partir de nódulos de *A. acuminata*. Los compuestos aislados fueron: xilosa y ribosa; además caracterizó un ácido carboxílico aromático, un ácido graso, un biariheptanoide fenólico y un glicósido de flavonoide.

Ordoñez *et al.* (1989), dan los usos recomendados para la madera de *Alnus jorullensis*, de San Pablo Macuilianguis, Oaxaca; en base a la determinación de sus propiedades físico-mecánicas.

Niembro (1990), da a conocer la descripción botánica de *Alnus acuminata* y *Alnus jorullensis*; así como también su localización, sus principales productos y utilización.

Ricalde y Bárcenas (1990), presentan valores para las propiedades mecánicas de flexión estática, compresión paralela, cortante paralela y dureza lateral, así como también mencionan el valor del peso específico de la madera de *Alnus jorullensis*.

Sachsse y Schulte (1991), realizan una caracterización botánica y anatómica del árbol y madera de *Alnus acuminata*, así como también una caracterización de algunas propiedades físico-mecánicas tales como la densidad anhidra, contracción volumétrica, compresión paralela, flexión estática e impacto, efectuando una comparación con el *Alnus glutinosa*.

Echenique y Plumptre (1994), en base a las características estéticas, algunas propiedades mecánicas, físicas, de maquinado y acabado, proponen los usos de la madera de *Alnus acuminata*.

Saucedo y Rodríguez (1994), mencionan las distribuciones y asociaciones ecológicas de las especies de *Alnus acuminata ssp. glabrata*, *Alnus jorullensis ssp. jorullensis* y *Alnus jorullensis ssp. lutea*; dentro de los bosques de la comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

Guridi y García (1995), menciona la utilización de las maderas de *Alnus arguta* y *Alnus firmifolia*, en los instrumentos musicales de cuerda.

Hernández y Restrepo (1995), determinan la variación de las propiedades de la madera de *Alnus acuminata*, basados en la densidad de la madera y un método ultrasónico.

Zavala y Hernández (1995), realizan un análisis del secado al aire libre de la madera de *Alnus jorullensis*, en un aserradero del estado de México.

De la Paz Pérez *et al.* (2000), revisó estudios publicados sobre características anatómicas y propiedades físicas y mecánicas de la madera de algunos encinos mexicanos e incorporo otros trabajos realizados por ella misma, con lo cual busco relacionar la estructura anatómica y las propiedades de la madera de 22 encinos mexicanos, de acuerdo con su tipo (rojos y blancos) y procedencia de seis estados; la autora encontró mayores valores de correlación con la procedencia geográfica que con su tipo.

De la Paz Pérez (2000), estableció la relación entre las características anatómicas y las propiedades físicas y mecánicas de la madera de 24 especies de encinos, 16 de ellos rojos y ocho blancos.

Rutiaga *et al.* (2000a), realizaron un estudio sobre la composición química del duramen de la madera de *Quercus candicans* Née, utilizando harina tamizada del duramen de dicha especie la cual fue extraída sucesivamente con éter de petróleo, acetona, metanol y agua caliente.

Rutiaga *et al.* (2000b), estimaron los porcentajes de lignina, carbohidratos estructurales y cenizas, y cuantificaron el porcentaje de extractos con tres disolventes, éter de petróleo, acetona y metanol, en la madera de dos especies de encinos rojos (*Q. laurina* y *Q. candicans*) provenientes del estado de Michoacán.

Bárcenas (2002), analizó el efecto de la lignina y los extractos removidos con disolventes orgánicos sobre dos propiedades físicas de la madera de varias especies; una de ellas fue el encino rojo *Q. laurina*.

Quintanar (2002), publicó una recopilación de diversos trabajos sobre taxonomía, distribución, aprovechamiento y usos actuales, características anatómicas, propiedades físico-mecánicas, composición química, índices de rendimiento y calidad de fibra para pulpa, durabilidad, aserrío, secado y maquinado de la madera de 31 especies de encinos rojos y 16 de encinos blancos.

Faria *et al.* (2003), presentan los resultados de la evaluación de la madera de ocho especies brasileñas de otras familias en la maduración del aguardiente tradicional de caña (cachaca), en comparación con la madera de encino importada de Europa, pero no identificada en nivel de especie. Estos autores realizaron también análisis químicos de la madera y de la cachaca, así como la evaluación sensorial de la bebida, y encontraron que la madera de tres de las especies estudiadas presenta características aceptables para ser utilizadas como sustituto del encino blanco o roble para la maduración de la cachaca.

Cadahia y Fernández (2004), evaluaron al respecto la madera de cuatro especies de encinos blancos o robles españoles (*Q. robur*, *Q. petrea*, *Q. pirenaica* y *Q. faginea*), en comparación con las francesas y la norteamericana para el añejamiento de vinos españoles: concluyeron con base en análisis químicos de la madera y evaluaciones sensoriales y químicas de los vinos que las tres primeras son igualmente útiles

Bautista y Honorato (2005), estudiaron la composición química de la madera de *Q. coccolobifolia*, *Q. durifolia* y *Q. rugosa* recolectados en el estado de Guanajuato, y de *Q. oleoides* proveniente del centro del estado de Veracruz.

Solana y Avendaño (2005), determinó el efecto antiinflamatorio de  $\delta$ -amirona (olean-13(18)-en-3-ona) y 4,7-dimetoxiapigenina (5-hidroxi-4,7-dimetoxiflavona) aislados de *Alnus acuminata*.

Hernández-Vital *et al.* (2009), realizaron un análisis cariológico de *Q. laurina* para aplicarse en estudios taxonómicos, El análisis cromosómico se efectuó en un microscopio compuesto, observando las células mitóticas en metafase. Los resultados cariológicos de *Q. laurina* indican que es una especie diploide, con un número cromosómico básico  $x = 12$ ; esta especie mexicana es una de las más estudiadas, la gran importancia del estudio es porque está presente en el paisaje rural bajo una gran diversidad de condiciones ambientales, por un lado y por otro, porque ofrece un gran potencial de aprovechamiento para la industria maderera.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente los materiales lignocelulosicos están tomando singular importancia en el desarrollo de energéticos más amigables al medio ambiente, buscando a corto o mediano plazo sustituir total o parcialmente el uso de combustibles fósiles, por ejemplo, existen reportes que señalan que el bioetanol es un combustible limpio, cuyo uso contribuirá a disminuir los efectos negativos del cambio climático, ocasionado por la combustión de petróleo y carbón (Chang, 2007).

Los materiales orgánicos de origen biológico proporcionan según su origen y procesamiento, energía técnicamente útil y factible de aprovechar desde el punto de vista económico en las tres formas físicas, a saber, sólido, líquido y gaseoso, lo cual le confiere a la bioenergía las características de un recurso energético universal, limpio y de gran alcance si se aprovecha su capacidad de regeneración y si se explota con criterios de sustentabilidad. Debido a estas características la bioenergía puede contribuir de manera importante a sustituir las fuentes de energía fósil y nuclear (Díaz, 1978).

En México, alrededor de 20 millones de personas utilizan leña para cocinar sus alimentos, por lo que se considera que se extrae del bosque un volumen aproximado a 37 millones de m<sup>3</sup> por año (COFOM 2007).

En Michoacán, aproximadamente 1.8 millones de m<sup>3</sup> de leña son destinados para la producción de energía en forma de calor (Maseña y Navia, 1998). Además se indica que gran cantidad de m<sup>3</sup> de madera en rollo, residuos de aprovechamientos autorizados y clandestinos, se quedan en el monte (COFOM, 2007). Aunado a esto, se tiene que un alto porcentaje de la industria instalada en Michoacán, usa tecnología obsoleta, con más de 50 años de antigüedad, que generan una alta cantidad de residuos durante los procesos productivos (COFOM, 2007).

El aprovechamiento forestal por parte de la Comunidad de Nuevo San Juan empezó en 1978 y la mayor parte de las áreas boscosas ya habían sido intervenidas antes de la elaboración del primer plan de manejo de la comunidad. Hasta 1979 la Comunidad tuvo su primer permiso de aprovechamiento forestal legalmente autorizado (Carreño, 1989). Por tanto lo anteriormente expuesto refleja la importancia de realizar esta investigación para caracterizar los materiales en estudio para poder aprovecharlos con fines bioenergéticos.

#### **4. HIPÓTESIS**

Las características y propiedades de trozas maderables derivadas del aprovechamiento forestal y de la industria del aserrío pueden ser adecuadas para la producción de bioenergía.

#### **5. OBJETIVOS**

##### **5.1 OBJETIVO GENERAL.**

Determinar las propiedades físicas y químicas de seis especies de latifoliadas provenientes del aprovechamiento forestal, para posibles fines bioenergéticos de los residuos generados en el bosque y la industria de aserrío.

##### **5.2 OBJETIVOS PARTICULARES.**

###### **a) DETERMINACIONES FÍSICAS:**

- Datos dendrométricos de las especies estudiadas.
- Densidad básica de la madera de las especies estudiadas.
- Determinación del poder calorífico en material con extractos, material libre de extractos, lignina y holocelulosa de las diferentes zonas (corteza, madera, albura y duramen), de las especies estudiadas.

###### **b) ANÁLISIS QUÍMICOS:**

- Determinar las propiedades químicas de la corteza y madera o albura y duramen de las trozas: pH, contenido de cenizas, análisis de las cenizas, solubilidad a la sosa, solubilidad con solventes de polaridad creciente, contenido de lignina, holocelulosa,  $\alpha$ -celulosa, estimación de hemicelulosa y contenido de taninos.

## 6. GENERALIDADES DE LAS ESPECIES

### 6.1 Taxonomía de *Quercus candicans* Née (Bello, 1987).

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fagales
Familia	Fagaceae
Género	Quercus
Epíteto específico	candicans
Nombre científico	<i>Quercus candicans</i> Née

### DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESPECIE (Bello, 1987).

#### Nombres comunes.

Encina, hoja ancha, encino de asta, encino cenizo, encino papatla, encino blanco, encino aguacatillo, encino rosillo, ahuamextli, roble, bellotero, corturapi, orupcu.

#### Área de distribución.

Se le encuentra en México en los estados de Durango, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Guanajuato, Hidalgo, Veracruz, Michoacán, Estado de México, Morelos, Guerrero, Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí. También se le puede encontrar en el país de Guatemala.

En Michoacán sólo se le encuentra en la parte noroeste y este de la Depresión del Río Lerma, en la parte central, suroeste y este de la Cordillera Neovolcánica, y parte oeste de la Sierra Madre del Sur.

#### Hábitat.

Se le puede encontrar en laderas de cerro, cañadas húmedas, barrancas, terrenos planos en ocasiones en transición con el bosque mesófilo de montaña, frecuentemente formando parte del bosque húmedo con Pinus y Abies.

### DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁRBOL (Bello, 1987).

#### Árbol.

El *Quercus candicans* Née, puede alcanzar de 8 a 30 m de alto, con un d.a.p. de hasta 1 m normalmente de 15-80 cm, tronco cilíndrico, circular en corte

transversal, copa en forma de domo, ramificación simpódica en la parte superior del árbol, ramas en disposición horizontal y difusa.

### **Ramas.**

Las ramas jóvenes de 2 a 5 mm de diámetro. Cuando las ramas son nuevas, tienen un fino vello de color café-amarillento que se extiende hasta la base de la nervadura central de las hojas.

### **Madera.**

- Madera sin olor ni sabor, lustre bajo, textura áspera y grano ligeramente entrecruzado, es dura y pesada, presenta 0.78 de gravedad específica.
- Duramen de color café grisáceo oscuro, con figura notablemente jaspeada debido a los grandes radios.
- Albura de color amarillo grisáceo muy claro.

### **Corteza.**

La corteza externa es fisurada, de color café negruzco, con placas alargadas de alrededor de 10 cm de largo y 2 cm de ancho.

### **Hojas.**

El envés de las hojas jóvenes con abundante y fino tomento, el haz con tomento estrellado muy disperso; las hojas maduras de consistencia coriácea verde y lustrosa en el haz, con un denso tomento blanco en el envés, elíptico-lanceoladas, elíptico-oblancoeladas, obovadas u ovadas de 9-26 cm de largo por 3.5-14 cm de ancho, ápice de redondeado a agudo y aristado, base subcordada, truncada o angosta, márgenes aristado-dentados de 6-18 a cada lado, con 8 o 12 pares de nervios laterales, peciolo morenos de 0.7-5 cm de largo.

### **Flores.**

Peciolo de 3-20 mm de largo y de 0.5-1.5 mm de ancho, con abundante tomento amarillento a rojizos; amentos masculinos laxos, periantos de 2.5-3 mm de diámetro, pilosos en la parte externa y en el lugar de inserción de los estambres, anteras exsertas de 1.5 mm de largo apendiculadas, filamentos de 2.5 mm de largo.

### **Frutos.**

Sus frutos bianual, generalmente en pares sobre un corto pedúnculo de 0.4-1.2 cm de largo, involucro hemisférico generalmente de 10-23 mm de diámetro por

7-18 mm de alto, escamas grandes y delgadas, bellota ovoide de color café, de 20-24 mm de largo por 19 mm de ancho.

### **Adaptación.**

Se le encuentra en suelos profundos y en menor proporción en suelos someros y pedregosos. Se localiza entre alturas de 1200 a 2700 msnm.

### **Usos.**

Uso regional: leña, postes para cerca, mangos y cabos para herramienta e implementos agrícolas, horcones, rayos de carreta, redilas para camiones, cajas de empaque y el fruto como alimentación.

Entre otros usos conocidos: se emplea para carbón, durmientes, fabricación de muebles finos, artículos torneados, revestimiento y decoración de interiores, carrocerías, embarcaciones y carpintería en general. Se recomienda para muebles y gabinetes de alta calidad ebanística con capa fina, pisos, marcos para puertas y ventanas, cofres.

## **6.2 Taxonomía de *Quercus laurina* Humb. & Bonpl (Bello, 1987).**

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fagales
Familia	Fagaceae
Género	Quercus
Epíteto específico	laurina
Nombre científico	<i>Quercus laurina</i> Humb. & Bonpl.

## **DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESPECIE (Bello, 1987).**

### **Nombres comunes.**

Encino laurelillo, encino prieto, encino colorado, encino blanco, encino chilillo, encino uricua, atualpitzahual, encino roble, encino xicatahua, tsmolera, encino hoja angosta, huitzalacate.

**Área de distribución.**

En México lo podemos encontrar en los estados de Colima, Guanajuato, Michoacán, Hidalgo, Puebla, Morelos, Oaxaca, Distrito Federal, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Nayarit, Oaxaca y Sinaloa.

En Michoacán se presenta a lo largo de la Cordillera Neovolcánica y pequeños manchones en la parte sur de la Depresión del Río Lerma, así como en la parte central y oeste de la Sierra Madre de Sur.

**Hábitat.**

El *Quercus laurina* Humb. & Bonpl, crece en laderas de cerro, barrancas húmedas, sitios montañosos, en ocasiones forma parte del bosque mesófilo de montaña, usualmente asociado a especies de Encino, Pino y Oyamel.

DESCRPCIÓN GENERAL DEL ÁRBOL (Bello, 1987).

**Árbol.**

Es un árbol que crece de 9-40 m de alto, con un d.a.p de 15-100 cm, su tronco es cónico circular en corte transversal, copa casquete esférico, con su ramificación monopódica con ramas en disposición semiascendente y difusa.

**Ramas.**

Ramillas de 2-4 mm de grueso, con mayor frecuencia de 4 mm, con tomento amarillo cuando son jóvenes, en la madurez son de color café oscuro y con pocas lenticelas amarillentas; yemas ovoides, agudas, glabras, cafés rojizas, de 2.4 mm de largo; estipulas oblanceoladas subuladas, escamosas, color café rojizo, pubescentes, de 3-4 mm de largo.

**Madera.**

- Su madera no presenta olor ni sabor, posee lustre bajo, textura áspera y grano entrecruzado, es dura y pesada, presentando 0.82 de gravedad específica.
- Duramen de color café grisáceo oscuro.
- La albura es de color blanco amarillento.

**Corteza.**

Su corteza externa es fisurada a escamosa, de color café grisáceo, formada por piezas irregulares alargadas de 1 a 2 cm de ancho, con fisuras longitudinales

profundas algo anchas y fisuras transversales apenas marcadas que dejan piezas más pequeñas de alrededor de 2 cm de lado; mientras que la corteza interna es de hasta 12 mm de grosor y textura algo fibrosa; con un sabor ligeramente astringente

**Hojas.**

Sus hojas son apicales, cuando son jóvenes están cubiertas por pelos simples, rojizos, con pubescencia, dispersas y pelos estrellados; sus hojas maduras son coriáceas y rígidas, de verdes a ligeramente cafés, lustrosas, de elíptico-oblongadas a lanceoladas, de 3.3-14.5 cm de largo por 1-5 cm de ancho, agudas o atenuadas, generalmente con una arista de 2 mm de largo en el ápice, base redondeada subcordada o subaguda, márgenes engrosados, enteros, o bien con 1-3 aristas, dientes o serraciones en la mitad superior de la hoja, 5-13 nervios laterales a cada lado, el envés de la hoja es de verde a verde-amarillo, brillante, casi glabro, excepto por mechones de pelos en los ángulos formados entre las venas laterales y el nervio central.

**Flores.**

Peciolos de 0.8-3.6 cm de largo, con abundante tomento amarillo.

**Frutos.**

Sus frutos bianuales, solitarios o en pares, sobre un corto pedúnculo, de 3-8 mm de largo, involucro hemisférico de 10-17 mm de diámetro por 7-10 mm de alto, escamas leñosas, de canescentes a casi glabras, bellota corta, ovoide, de 15-20 mm de largo por 15-17 mm de ancho.

**Adaptación.**

Se le encuentra en suelos generalmente profundos, someros, rara vez rocosos, Se distribuye entre los 1500-3200 msnm.

**Usos.**

Se emplea regionalmente en la elaboración de bancos, muebles rústicos, cabos de herramienta, vigas de construcción, postes para cerca, leña, arados, redilas y vaquetas para tambor.

Otros usos son para carbón, para la obtención de papel krafft, para la fabricación de chapa. Se propone ser usada para parquet, duelas, interiores, madera de arados, traviesas de ferrocarril, durmientes, chapa para muebles de tipo colonial, cofres, baúles, lambrín, puertas, ventanas y libreros.

### 6.3 Taxonomía de *Quercus rugosa* Née. (Bello, 1987).

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fagales
Familia	Fagaceae
Género	Quercus
Epíteto específico	Rugosa
Nombre científico	<i>Quercus rugosa</i> Née

#### DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESPECIE (Bello, 1987).

##### **Nombres comunes.**

Encino roble, encino avellano, encino prieto, encino de miel, encino negro, sharari, tocz, encino quiebra hacha, encino cuero, encino de asta, encino hoja rasca, encino quebracho.

##### **Área de distribución.**

En México se le encuentra en los estados de Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Michoacán, Colima, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Veracruz y Zacatecas.

En Michoacán tiene una propagación más o menos continua en la Cordillera Neovolcánica.

También se encuentra en USA encontrándose en varios puntos de Arizona.

##### **Hábitat.**

Se le encuentra en laderas de cerros, barrancas y cañadas húmedas, a veces forma parte del matorral subtropical o del bosque mesófilo de montaña, pero está presente generalmente en bosques de pino-encino, encino-pino, encino y en el bosque de oyamel.

#### DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁRBOL (Bello, 1987).

##### **Árbol.**

Su altura va de los 3-25 m, presenta un tronco con un d.a.p de 10-80 cm o más.

**Ramas.**

Sus ramillas de 3-6 mm de grueso, tomentulosas al principio, después casi glabras de color café grisáceo; estipulas lineares u oblanceoladas, de 6-7 mm de largo, escariosas y pilosas.

**Madera.**

La madera presenta diferencia de color entre la albura y el duramen. La albura presenta un color castaño muy pálido y el duramen es de color castaño amarillento.

**Corteza.**

Con apariencia escamosa, textura fibrosa, con fisuras profundas, la corteza presenta un color café oscuro y un sabor ligeramente astringente y amarga.

**Hojas.**

Posee unas hojas muy gruesas, rígidas y coriáceas, frecuentemente cóncavas por el envés, muy rugosas, obovadas, de elíptico-obovadas a casi suborbiculares, de 4-17 cm de largo por 1.8-10 cm de ancho, ápice anchamente obtuso o redondeado, margen engrosado con dientes y ondulaciones, estos dientes rematan en un mucrón o arista recta en número de 3-17 a cada lado, base redondeada o cordada en la que hay 8-13 pares de nervios laterales, haz lustroso y glabro, envés tomentoso con pelos ramificados y pelos glandulares abundantes, vermiformes, de color ámbar o rojizo, epidermis glauco-cerosa, papilosa y algo ampulosa.

**Flores.**

Presenta peciolos pubescentes de 3-13 mm de largo; 2-12 flores femeninas en un pedúnculo largo y delgado de 6-7.5 cm de largo.

**Frutos.**

Sus frutos son solitarios o en grupos de 2-3, involucros de 12-17 mm de diámetro por 7-9 mm de alto, bellota ovoide de 16-25 mm de largo por 9-14 mm de diámetro.

**Adaptación.**

Requiere de terrenos planos, suelos someros o profundos, en pocas ocasiones rocosos y pedregosos, lugares secos o muy húmedos. Se distribuye entre 1100-3050 msnm.

**Usos.**

Sus usos son de forma regional como leña, carbón, postes para cerca, cabos para herramientas, y elaboración de café con la bellota.

**6.4 Taxonomía de *Alnus acuminata* H.B.K. (Aguilar *et al.* 2000).**

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fagales
Familia	Betulaceae
Género	<i>Alnus</i>
Epíteto específico	<i>acuminata</i>
Nombre científico	<i>Alnus acuminata</i> H.B.K. (Furlow)

**DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESPECIE (Aguilar *et al.* 2000).****Nombres comunes.**

Aile, ilite, aliso, palo de águila.

**Área de distribución.**

Se le encuentra en México en los estados de Sonora, Durango, Sinaloa, Jalisco, Hidalgo, San Luis Potosí, Michoacán, Veracruz, Distrito Federal, Oaxaca, Chiapas. Esta especie también se propaga en el país de Panamá.

**Hábitat.**

Es propia de cañadas y laderas húmedas, aunque también puede desarrollarse en laderas con menor humedad y expuestas a vientos secos, pero entonces con menor crecimiento. En las cañadas húmedas pueden formar rodales casi puros, su desarrollo se da formando parte del bosque mesófilo de montaña.

**DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁRBOL (Aguilar *et al.* 2000).****Árbol.**

Es un árbol que va de los 10 a los 30 m de altura, con un d.a.p de 16-38 cm, monopódico, de tronco cilíndrico, recto, con una copa largamente cónica. Semicaducifolio.

**Ramas.**

Sus ramas son difusas, en disposición horizontal y las inferiores algo arqueadas.

**Madera.**

- Su madera no presenta ni olor ni sabor, presenta lustre mediano, textura fina, grano recto, es blanda y ligera, con 0.40 de gravedad específica.
- Su duramen y albura son uniformes, de color amarillo rosáceo claro con vetas rosas producido por la madera tardía de los anillos de crecimiento los cuales son conspicuos.

**Corteza.**

Su corteza externa es rugosa formando anchos anillo de color gris verdoso, con lenticelas evidentes alargadas horizontalmente y en la base del tronco puede ser escamosa con placas irregulares de color café rojizo oscuro con áreas grises; la corteza interna se oxida rápidamente adquiriendo un color anaranjado.

**Hojas.**

Alternas, simples, ovoideas, algo resinosas, con el ápice acuminado y el borde aserrado.

**Flores.**

Unisexuales, masculinas y femeninas sobre un mismo árbol, pero en inflorescencias diferentes, flores masculinas agrupadas en amentos, péndulos, flores femeninas con brácteas formando un cono estrobiliforme.

**Frutos.**

Presentan la forma de nueces pequeñas, aladas, protegidas dentro del estróbilo leñoso, liberadas a la madurez y diseminadas por el viento y el agua.

**Adaptación.**

Crece en suelos profundos bien drenados o medianamente profundos con subsuelo rocoso, limosos o limo arenosos de origen aluvial o volcánico, aunque puede crecer en suelos pobres que van desde arenosos hasta arcillosos, y se distribuye altitudinalmente desde los 1400 - 3200 msnm.

**Usos.**

Su principal producto es la madera que se utiliza para leña y carbón, construcciones rurales, muebles y gabinetes, tableros, decoración de interiores, paneles, artesanías, figuras talladas, cajas de empaque.

La corteza rica en taninos se usa para curtir cueros. En la medicina tradicional las hojas frescas maceradas en alcohol sirven para fricciones contra el reumatismo.

La madera se recomienda para fabricar juguetes, elaboración de armazones de montura, tacones para zapatos, hormas para calzado, fabricación de candeleros, mangos para paraguas, percheros, marcos para ventana, gabinetes para aparatos electrónicos, cancelas, percheros, marcos para ventanas y pulpa para papel.

**6.5 Taxonomía de *Alnus jorullensis* H.B.K. (Aguilar *et al.* 2000).**

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fagales
Familia	Betulaceae
Género	<i>Alnus</i>
Epíteto específico	<i>Jorullensis</i>
Nombre científico	<i>Alnus jorullensis</i> H.B.K.

**DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESPECIE (Aguilar *et al.* 2000).****Nombres comunes.**

Aile, ilite, aliso, chaquiro, cerezo.

**Área de distribución.**

Se le encuentra en México en los estados de Durango, Michoacán, Oaxaca. Al igual como en el país de Guatemala, así como en los andes de América del Sur donde crece a gran altura en las montañas.

**Hábitat.**

Forma parte de los bosques de coníferas principalmente.

## DESCRPCIÓN GENERAL DEL ÁRBOL (Aguilar *et al.* 2000).

### **Árbol.**

Se trata de un árbol de tamaño medio que alcanza los 20-25 m de altura, con un d.a.p de 30-70 cm.

### **Ramas.**

Sus ramas siempre rectas, en posición alterna, su ramificación es monopódica.

### **Madera.**

La madera presenta color castaño muy pálido entre amarillento y crema, la coloración entre albura y duramen es muy uniforme; no presenta olor ni sabor característico.

### **Corteza.**

La corteza es astringente

### **Hojas.**

Las hojas son elípticas a obovadas de 5-12 cm de largo, algo coriáceas en la textura con un margen serrado y glándulas en la parte inferior.

### **Flores.**

Las flores son polinizadas por el viento y se producen a principios de la primavera.

### **Frutos.**

El fruto es en forma de piña, de color pardo, y mide entre 10 y 15 cm.

### **Adaptación.**

En algunos lugares se cultiva como planta de sombra y ornato en calles, parques y jardines por la belleza de su follaje. Tiene la propiedad de mejorar la fertilidad del suelo debido a que sus raíces fijan el nitrógeno atmosférico. Se adapta a climas templados-cálidos.

### **Usos.**

Su principal producto es la madera, la cual se utiliza para leña y carbón, aserrío y pulpa para papel. Se recomienda para la fabricación de hormas para zapatos, mangos para paraguas, amazones, muebles, chapa para paneles

decorativos y superficies de gabinetes, madera terciada, lápices, carretes para la industria textil.

Su corteza se utiliza como curtiente y colorante.

#### 6.6 Taxonomía de *Symplocos citrea* Lex (Aguilar *et al.* 2000).

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Ebenales
Familia	Symplocaceae
Género	<i>Symplocos</i>
Epíteto específico	<i>Citrea</i>
Nombre científico	<i>Symplocos citrea</i> Lex.

#### DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESPECIE (Aguilar *et al.* 2000).

##### Nombres comunes.

Jaboncillo blanco, garrapato, mamuyo, memelita, palo blanco, urupiti akun, tchcari-urapiti, urápit ucu. .

##### Área de distribución.

Se le encuentra en México en los estados de Jalisco, Michoacán, Estado de México, Morelos, Guerrero, Oaxaca.

##### Hábitat.

Se le ha encontrado formando parte de los encinares con afinidades mesófilas, al igual que en los bosques de encino y pino.

#### DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁRBOL (Aguilar *et al.* 2000).

##### Árbol.

Este árbol va de una altura de 4-25 m, con un d.a.p de 20-70 cm, su tronco cilíndrico, circular en corte transversal, presenta la copa de forma ovoide.

**Ramas.**

Su ramificación es simpódica a simpódico-dicotómica, con ramas ligeramente ascendentes y difusas, las ramillas jóvenes con pubescencia café-rojiza.

**Madera.**

- Su madera no presenta olor ni sabor, sus anillos de crecimiento son inconspicuos, su lustre bajo, textura fina y grano recto, dureza y peso medianos, con 0.50 de gravedad específica.
- Su duramen es muy pequeño, de color café rojizo.
- Su albura de color café amarillento claro.

**Corteza.**

Su corteza externa es de fisurada a escamosa e irregular, de color gris blanquecino, con apariencia compacta, de sabor ligeramente amargo, es delgada de 4 mm de grosor total. En los árboles jóvenes es de aspecto liso pero al tacto es ligeramente áspera debido a la presencia de pequeñísimas escamas de color gris, en algunos individuos se observan cicatrices horizontales evidentes, de aproximadamente 1 cm.

**Hojas.**

Las hojas, con peciolo de color rojo a café-rojizo de 5 a 15 mm de largo, pubescentes, lamina oblongo-obovada, de 3 a 17.5 cm de largo por 3 a 7 cm de ancho, ápice agudo a cortamente acuminado, base redondeada a cuneada, margen finamente aserrado, coriáceas, venas laterales evidentes, glabras en el haz, pilosas en el envés especialmente sobre las nervaduras. Las hojas de esta especie son subapicales.

**Flores.**

Su inflorescencia en fascículos axiliares de 2 a 6 flores subsésiles, dispuestas sobre un corto pedúnculo común, aromáticas; cáliz de 6 mm de largo, unido en la base, con los segmentos ovado-oblongos, ápice redondeado, sedoso-pubescente; corola de color rosa, de 1.2 cm de largo por 1.5 cm de diámetro, con 5 a 7 divisiones extendidas, unidas en un tubo corto, extremadamente pubescentes en los ápices; estambres de 50 a 75 mm, con los filamentos aplanados y unidos entre sí, dispuestos en 4 series; ovario piloso, de 1 a 3 lóculos, cada uno con 4 óvulos; estilo de 1 cm de largo, basalmente pubescente, con el estigma capitado.

### **Frutos.**

El fruto una drupa cilíndrica, de 1.3 a 2 cm de largo, con el cáliz persistente, de color azul oscuro a negrozco en la madurez, concentrando 3 semillas por fruto, solamente una de ellas es fértil, estas son elípticas de 0.8 a 1 cm de largo por 1 mm de ancho, y de color café.

### **Adaptación.**

Crece principalmente en cañadas húmedas a veces ligadas a corrientes de agua en medio del bosque de pino o en los “malpaíses” o corrientes de lava basáltica y se distribuye en una altitud de 2,100 a 2,650 msnm.

### **Usos.**

Su madera se emplea en la elaboración de muebles, cucharas, guitarras, y pequeños artículos domésticos como (molinillos, ensaladeras, etc).

## 7. METODOLOGÍA

### 7.1 DATOS DE RECOLECCIÓN.

La investigación se realizó en la Comunidad Indígena con orientación forestal, de Nuevo San Juan Parangaricutiro, municipio de Nuevo Parangaricutiro, Michoacán, que se localiza a 5 km a la ciudad de Uruapan, Michoacán (fig.1).



Nuevo San Juan, Parangaricutiro, Michoacán.

**Figura1.** Localización de la comunidad (INEGI, 2010).

Esta comunidad se ubica geográficamente a  $19^{\circ} 21' 00''$  y  $19^{\circ} 34' 45''$  N y a  $102^{\circ} 08' 15''$  y  $102^{\circ} 17' 30''$  O, y comprende una área total de 18,138.752 hectáreas ([www.comunidadindigena.com](http://www.comunidadindigena.com)). Dicha comunidad cuenta con una superficie arbolada comercial de 10,870.621 ha, con existencias maderables comerciales de  $257,320.446 \text{ m}^3$  v.t.a., mismas que se encuentran actualmente bajo manejo forestal, con un volumen de corta total de  $74,647 \text{ m}^3$  v.t.a. (Programa de Manejo Forestal Maderable, 2009).

Para poder llevar a cabo esta investigación, se realizaron varias actividades en el bosque de la comunidad de Nuevo San Juan, Parangaricutiro, Michoacán, México, donde se colectó el material para determinar la composición química de las seis especies maderables a estudiar, (*Quercus candicans* Née, *Quercus laurina* Humb. & Bonpl, *Quercus rugosa* Née, *Alnus acuminata* H.B.K., *Alnus jorullensis* H.B.K., *Symplocos citrea* Lex.).

## 7.2 TRABAJO DE CAMPO

Se realizaron visitas a los predios de la comunidad donde se estuvo llevando a cabo el aprovechamiento autorizado para hacer la colecta del material de estudio. Se obtuvo del primer trozo de cada árbol una rodaja de 30 cm de espesor (fig. 2-7), tomada a 1.30m del suelo.



Figura 2. Especie *Quercus candicans* Née. a) árbol. b) tronco. c) rodaja.



Figura 3. Especie *Quercus laurina* Humb. & Bonpl. a) árbol. b) tronco. c) rodaja.



Figura 4. Especie *Quercus rugosa* Née. a) árbol. b) tronco. c) rodaja.



Figura 5. Especie *Alnus acuminata* H.B.K. a) árbol. b) tronco. c) rodaja.



Figura 6. Especie *Alnus jorullensis* H.B.K. a) árbol. b) tronco. c) rodaja.



Figura 7. Especie *Symplocos citrea* Lex. a) árbol. b) tronco. c) rodaja.

Cuadro 1. Características de la zona de recolección (INEGI, 2008).

Características climatológicas			
Clima	Templado húmedo	Temperatura mínima	-3 °C
Temperatura promedio anual	16-18 °C	Altura sobre nivel del mar	1880 msnm
Temperatura máxima	20 °C	Precipitación anual	1500-2000 mm

### 7.3 HABILITACIÓN DEL MATERIAL

Los trabajos de laboratorio fueron realizados en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, así como en laboratorios de Ingeniería Química y del Instituto de Metalurgia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, los cuales se determinaron apegados a normas que dan un respaldo científico a la información obtenida.

Los análisis físicos y químicos se realizaron por triplicado y se realizó una comparación de medias (análisis de varianza) al 95% de confianza estadística; la hipótesis general planteada fue:

$$H_0: M_1 = M_2 = \dots = M_K$$

$$H_A: M_1 \neq M_2, \text{ para alguna } F$$

Los datos recabados se procesaron mediante el programa Statistics.

De cada rodaja se separó corteza y madera (fig. 8), y en las maderas que fueron posibles, se separó la madera en albura y duramen.



**Figura 8.** Material de estudio. a) Trozas. b) Madera. c) Corteza.

Las muestras (corteza, madera o albura y duramen), de las trozas de cada árbol, se trituraron y se dejaron secar al aire libre (fig 9.).



**Figura 9.** Material triturado: a) albura. b) duramen.

Posteriormente el material triturado se molió en un molino marca MICRON (Modelo K20F), transformándose en harina, la cual se tamizó obteniendo cuatro fracciones (malla 20, 40, 60 y 80). Utilizando la harina de la malla 40 (420  $\mu\text{m}$ ), (fig. 10).



**Figura 10.** Material molido: **a)** Molino. **b)** Tamices y harina. **c)** Harina clasificada.

## TRABAJO DE LABORATORIO

### 7.4 DETERMINACIONES FÍSICAS

De las especies se determinó dimensiones y volumen de cada árbol, sólo como dato de referencia.

**Cuadro 2.** Datos dendrométricos de las especies.

Datos Dendrométricos de las Especies			
Especie	Diámetro	Altura	Vol. m <sup>3</sup>
<i>Quercus candicans</i> Née.	32 cm	22.7 m	1.095387 m <sup>3</sup>
<i>Quercus laurina</i> Humb. & Bonpl.	30 cm	21.7 m	0.920331 m <sup>3</sup>
<i>Quercus rugosa</i> Née.	28 cm	19.9 m	0.735209 m <sup>3</sup>
<i>Alnus acuminata</i> H.B.K.	19 cm	11.7 m	0.165864 m <sup>3</sup>
<i>Alnus jorullensis</i> H.B.K.	47 cm	24.4 m	2.116637 m <sup>3</sup>
<i>Symplocos citrea</i> Lex.	25 cm	15.6 m	0.382882 m <sup>3</sup>

#### 7.4.1 Determinación de la densidad

Se determinó la densidad básica de la madera, de cada una de las diferentes especies, con apego a la norma (TAPPI, 2000), y para lo cual se utilizó una pequeña rodaja de 2 cm de espesor, misma que cortamos de la rodaja principal destinada para la determinación de la serie de análisis químicos a realizarse. De esta rodaja se trazaron varios cubos con dimensiones de 2cm x 2cm x 2cm, esto fue posible con la ayuda de una sierra cinta marca CELA. Mod: SC-14. Posteriormente y sin que perdieran tanta humedad, se pesaron y midieron, se llevaron a una estufa convencional del laboratorio con temperatura de 105 °C, para llevar a cabo la pérdida de agua contenida en la madera, después de 2 días las probetas se depositaron en un desecador, esto es con el fin de que las muestras pierdan calor, aunado a esto se midieron y pesaron, para obtener la diferencia de pesos para así poder determinar la densidad (fig. 11). Las probetas fueron depositadas nuevamente en la estufa, para comprobar que en realidad habían adquirido su peso constante.



**Figura 11.** Procedimiento para determinar la densidad. **a)** Dimensionado. **b)** Aserrado. **c)** Medición. **d)** Peso. **e)** Deshidratación. **f)** Probetas a peso constante.

#### 7.4.2 Determinación del porcentaje de humedad:

La determinación del contenido de humedad (fig. 12), es indispensable para realizar las determinaciones de las propiedades químicas, las cuales se realizan en base seca. El % de humedad se realizó en harina de las diferentes muestras para cada zona de cada árbol (madera, duramen, albura y corteza), utilizando el método de deshidratación a 105 °C, en una estufa convencional de laboratorio.



**Figura 12.** Procedimiento para determinar % de humedad. **a)** caja Petri con harina. **b)** deshidratación. **C)** desecador y balanza.

#### 7.4.3 Determinación del poder calorífico

La determinación del poder calorífico se realizó con apego a la norma UNE-EN 14918 (2011), de cada muestra (madera, duramen, albura y corteza), tanto en material con extractos y libre de extractos, así como también en lignina y holocelulosa, para lo cual se formaron probetas en forma de tabletas (pastillas), de 0.5 g a base seca, para ello se utilizó una prensa de laboratorio marca CARVER, modelo 4350-L, aplicando una presión de 1,000 Kg/cm<sup>2</sup>. El poder calorífico en las diferentes muestras preparadas se determinó con la técnica T Parr 1341 ns-78 (TAPPI, 2000), utilizando una bomba calorimétrica Marca Parr, modelo 6772 (fig. 13).





**Figura 13.** Determinación del poder calorífico. **a)** Molde para tableta. **b)** Prensa. **c)** Tabletas. **d)** Vaso de bomba. **e)** Bomba calorimétrica. **f)** Residuo de calcinación.

## 7.5 ANÁLISIS QUÍMICOS DE LAS ESPECIES

Los diferentes análisis que se llevaron a cabo para determinación de las propiedades químicas son los siguientes:

### 7.5.1 Determinación de pH

El potencial de hidrógeno (pH), se determinó a las zonas del árbol correspondiente a cada especie, se analizó el material en forma natural y posteriormente al material “libre de extractos” de acuerdo al método de Sandermann y Rothkamm (1959), las lecturas se tomaron con un potenciómetro marca Accumet, modelo AB15, (fig. 14), tomando los registros iniciales y secuencialmente a los 5 minutos, a las 4, 24 y 48 horas secuencialmente.



**Figura 14.** Determinación de pH. **a)** Material para lectura. **b)** Potenciómetro.

### 7.5.2 Determinación de cenizas

El contenido de cenizas de la madera se llevó a cabo gravimétricamente, después de quemar en placas de calentamiento cuidadosamente las muestras depositadas en crisoles de níquel, este paso consiste en evitar por completo la emisión de humo, para así posteriormente calcinar por completo en una mufla a 525 °C (fig.15). Este procedimiento se llevó a cabo con apego a la norma T 211 om-93 (TAPPI 2000), esta prueba se realizó a las diferentes zonas de cada especie (madera, duramen, albura y corteza).



**Figura 15.** Determinación de cenizas. **a)** eliminación de orgánicos. **b)** calcinación en mufla. **c)** cenizas obtenidas.

### 7.5.3 Análisis de las cenizas

El microanálisis determinado a las cenizas obtenidas fue cualitativo y cuantitativo, la prueba se realizó con un espectro de Rayos X (fig.16), conectado a un Microscopio Electrónico de Barrido marca Joel, modelo JSM-6400, bajo las siguientes condiciones de operación: 20kV y 8.5 segundos. Para dicho análisis fue necesario colocar una pequeña muestra de ceniza en un perno de carbón, para después colocarlas en el microscopio y así poder ser visualizadas y de esta manera determinar los diferentes elementos inorgánicos contenidos en cada una de las muestras. Este procedimiento fue desarrollado a las cenizas correspondientes de cada zona (madera, duramen, albura y corteza), de las diferentes especies.



**Figura 16.** Microscopio de barrido para analizar cenizas.

#### 7.5.4 Solubilidad a la sosa

La determinación de solubilidad a la sosa se realizó a cada zona del árbol (madera, duramen, albura y corteza) correspondiente a cada especie, este procedimiento fue posible con apego a la norma T 212 om-98 (TAPPI 2000), adicionando 100 ml de NaOH al 1% a baño María por un lapso de 1 h agitando en lapsos de 10, 15 y 25 minutos, posteriormente se les adicionaron 50 ml de ácido acético preparado al 10 %, después se filtró y se continuó lavando hasta obtener un estado neutro (fig. 17). Finalmente las muestras fueron depositadas en una estufa convencional de laboratorio con una temperatura de 105 °C hasta obtener su peso constante.



**Figura 17.** Solubilidad a la sosa. **a)** Baño María. **b)** Filtrado y lavado.

### 7.5.5 Obtención de extraíbles

La cantidad de sustancias extraíbles se determinó aplicando una secuencia de extracción con solventes de polaridad creciente: ciclohexano, acetona, metanol, finalizando el ciclo de extracciones con agua bajo reflujo, las extracciones se realizaron en un equipo Soxhlet (fig. 18). Todas las extracciones se llevaron a cabo por un lapso de tiempo de 6 horas a cada muestra diferente (madera, duramen, albura y corteza). Los solventes orgánicos fueron recuperados en un rotavapor marca Heidolph (fig. 19) aplicando vacío, para obtener así el extracto correspondiente a cada una de las zonas del árbol correspondiente a cada especie, finalmente los matraces con el extracto concentrado fueron depositados en un desecador para lograr el peso constante, y posterior el extracto fue recuperado y almacenado en un frasco.



**Figura 18.** Secuencia de extracción Equipo Soxhlet.



**Figura 19.** Concentración de Extractos. **a)** Rotavapor. **b)** Extractos.

Después de haber realizado las extracciones a todas las muestras, se almacenó la harina libre de extractos en frascos PETE, los cuales se sellaron perfectamente para evitar contaminación y proseguir con las siguientes determinaciones.

#### 7.5.6 Determinación de lignina

El contenido de lignina se determinó a cada zona de cada árbol (madera, duramen, albura y corteza), este análisis se efectuó siguiendo la técnica de Runkel y Wilke (1951), aplicando a cada muestra, ácido sulfúrico al 72 % y ácido bromhídrico al 40 % dejándoles en reposo durante 2 hrs, posteriormente se les agregó agua destilada para hervirlas por un lapso de tiempo de 5 min, se filtran las muestras y se prosigue lavando con agua para conseguir neutralizarlas, finalmente son llevadas a una estufa convencional con una temperatura de 103-105 °C, hasta obtener un peso constante (fig. 20).



**Figura 20.** Determinación de lignina.

#### 7.5.7 Determinación de holocelulosa

El contenido de polisacáridos de cada zona (madera, duramen, albura y corteza) se determinó a cada árbol de cada especie, con apoyo en el método Wise 1946, *in*: Sanjuán (1991), cada muestra se depositó en un matraz Erlenmeyer, se les adicionó clorito de sodio y ácido acético, las muestras se mantuvieron en baño María a una temperatura de 75 °C, durante un periodo de 4 h, agitándose periódicamente, posteriormente las muestras se vertieron en vasos filtro de fondo poroso, aplicando vacío para facilitar el filtrado, se prosiguió lavando con agua destilada caliente en repetidas ocasiones en el mismo filtrado, y al finalizar se

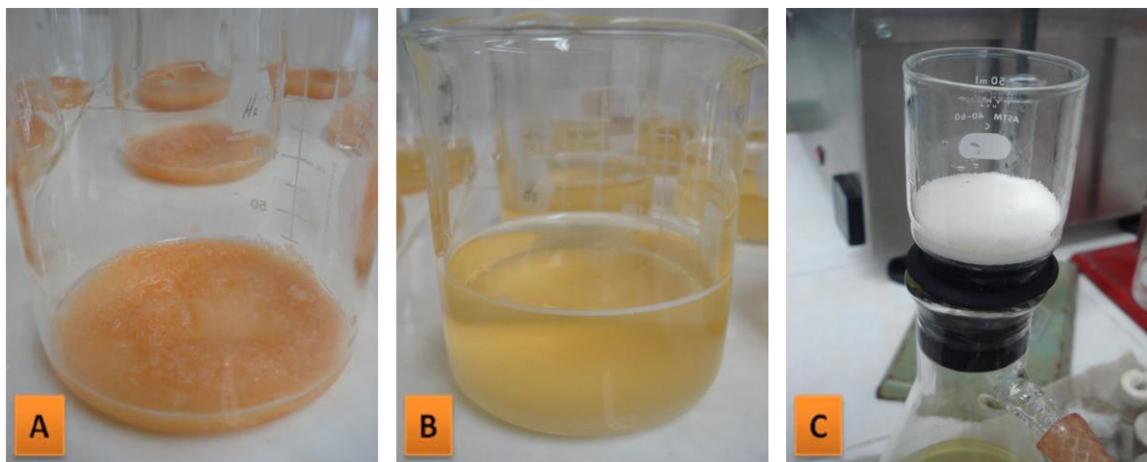
agregó una pequeña cantidad de acetona (fig. 21), por último las muestras se llevaron a una estufa convencional con una temperatura de 40 °C, hasta obtener un peso constante.



**Figura 21.** Obtención de holocelulosa. **a)** Baño María. **b)** Filtrado. **c)** Holocelulosa.

### 7.5.8 Determinación de $\alpha$ -celulosa

El porcentaje de  $\alpha$ -Celulosa se determinó en (madera, duramen, albura y corteza), con apego a la norma D-1103-60 (ASTM, 1981), colocando la muestra de holocelulosa obtenida anteriormente en un vaso de precipitados, a la cual se le agregó NaOH al 17.5 % en lapsos de 5, 10, 15 y 20 minutos, se añadió agua destilada y se dejó en reposo por 1 h, para finalizar se filtró y se le adicionó en el filtrado ácido acético al 10 % para seguirse lavando con agua destilada hasta neutralizar, por último las muestras se llevaron a una estufa convencional, con una temperatura de 102 °C, hasta lograr su peso constante (fig. 22).



**Figura 22.** Obtención de  $\alpha$ -Celulosa. **a)** holocelulosa con NaOH. **b)** holocelulosa con NaOH y agua destilada, en reposo. **c)** filtrado de  $\alpha$ -Celulosa.

### 7.5.9 Determinación de hemicelulosa

Para determinar el contenido de hemicelulosa en las diferentes zonas (corteza, madera, albura y duramen) de las especies, el aproximado porcentaje se calculó por diferencia de porcentajes entre holocelulosa y  $\alpha$ -celulosa.

### 7.6. Obtención de extractos tánicos

Los extractos se obtuvieron a partir de cada zona (madera, duramen, albura y corteza), el material empleado fue en base seca y triturado, tamizado a un tamaño de partícula de malla 20. Se obtuvieron extractos en etanol al 50% y en agua destilada. En los extractos etanólicos se utilizaron 10g de material y 100 ml de etanol al 50%, se maceraron a temperatura ambiente durante 24 hrs y se filtraron sobre papel filtro. Al material remanente se le adicionaron 100 ml de solvente fresco y se repitió el proceso. Los extractos obtenidos de la primera y segunda maceración se combinaron y concentraron en rotavapor a 35°C aplicando vacío, obteniendo así un extracto acuoso concentrado, a partir del cual se realizaron los análisis. Para los extractos acuosos se utilizaron 20g de material y 200 ml de agua, se llevaron a constante agitación y con calentamiento a una temperatura no mayor de 30°C, durante 24 hrs, posteriormente se filtró sobre papel de poro cerrado y se concentró en rotavapor.

## Determinación de taninos

Para la cuantificación de taninos se utilizó el método de Stiasny, como una forma indirecta de medir la concentración de compuestos tanicos presentes, ya que de acuerdo con lo indicado por Yazaki *et al.* (1993); Yazaki y Hillis (1980), el número de Stiasny corresponde a la cantidad de flavonoides o taninos condensados que reaccionan con formaldeído en medio ácido.

### 7.6.1 Extracto total

La cantidad de sólidos solubles se determinó por gravimetría (fig. 23), 50 mL se depositaron en un crisol de porcelana previamente tarado, llevándolo a la estufa con una temperatura de 105 °C, hasta evaporar completamente. El residuo que se queda en el crisol es conocido como extracto total de sólidos, respecto a la cantidad de materia base seca que se disuelve durante la extracción.



**Figura 23.** Obtención de extracto total. **a)** Extracto acuoso. **b)** Evaporación. **c)** crisol con residuos de extracto total.

### 7.6.2 N° de Stiasny

Para poder determinar el N° de Stiasny se utilizan 50 mL de extracto, los cuales se hacen reaccionar con 10 ml de formaldeído en medio ácido (5 mL de HCl) dentro de un matraz de fondo redondo, donde permanece a reflujo durante un periodo de 30 minutos; ya frío el licor se filtra en un vaso de fondo poroso previamente tarado, colocando vacío para facilitar el filtrado. El precipitado restante se introduce a la

estufa convencional a una temperatura de 105 °C, hasta sequedad completa para así obtener los taninos condensados (fig. 24).



**Figura 24.** Obtención de No. Stiasny. **a)** Reacción. **b)** Filtrado. **c)** Condensado.

### 7.6.3 Taninos hidrolizables

El filtrado de la prueba de Stiasny se utilizó para la determinación de los taninos hidrolizables, la cual solamente es una determinación cualitativa de coloración.

A 10 mL del filtrado se le agregó 1 mL de solución de sulfato férrico al 1% (alumbre) añadiéndose enseguida 0.5 g de acetato de sodio. La aparición de una coloración fuerte azul-violeta es la indicación de la presencia de taninos hidrolizables (fig. 25).



**Figura 25.** Prueba cualitativa para Taninos Hidrolizables.

## 8.1 RESULTADOS DEL GÉNERO *Quercus*

### 8.1.1 Densidad de *Quercus*

En el cuadro 3 aparece el análisis de varianza (Anova) para el valor de la densidad en la madera de *Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, e indica que el nivel de significancia calculado (Valor-p) para efecto de zona, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza ya que sí existen diferencias entre las diferentes especies. El cuadro 4 y la figura 26 muestran dichos resultados.

**Cuadro 3.** Anova para Densidad en *Quercus*.

Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	24470528	1	24470528	10376.86	0.0000
Especie	289891	2	144946	61.47	0.0000
Error	134416	57	2358		

**Cuadro 4.** Valores medios para Densidad (Kg/m<sup>3</sup>) de *Quercus*.

	<i>Q. candicans</i>	<i>Q. laurina</i>	<i>Q. rugosa</i>
Madera	707.65 a	664.73 b	543.5 c
C.V. (%)	7.64	7.73	8.51
Dev. std	54.06	46.3	46.3
Error std	12.09	10.01	10.35

\*Las letras iguales en el sentido de renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de renglones indican diferencia en los resultados.

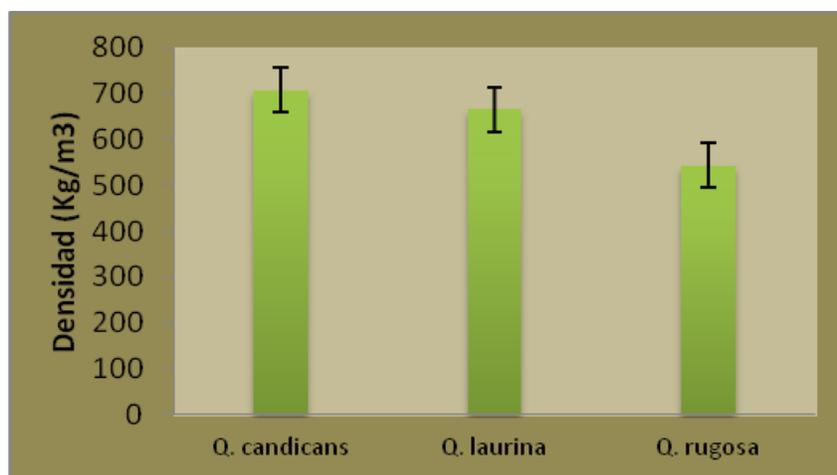


Figura 26. Gráfica de medias para densidad en *Quercus*.

### 8.1.2 Poder calorífico en *Quercus*

En el cuadro 5 aparece el análisis de varianza (Anova) para el valor del poder calorífico en la madera con extractos, madera libre de extractos, lignina y holocelulosa de *Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, e indica que el nivel de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos y sus interacciones, tanto de especie como de zona y ensayo, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza ya que sí existen diferencias significativas entre los diferentes ensayos y en algunas zonas de especies. El cuadro 6 y la figura 27 muestran dichos resultados.

Cuadro 5. Anova para poder calorífico en *Quercus*.

Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1.411149E+09	1	1.411149E+09	1307550	0.0000
Especie	2.171331E+05	2	1.085666E+05	101	0.0000
Zona	1.375250E+05	2	6.876249E+04	64	0.0000
Ensayo	3.223766E+07	3	1.074589E+07	9957	0.0000
Especie*Zona	3.763428E+05	4	9.408569E+04	87	0.0000
Especie*Ensayo	1.671220E+05	6	2.785367E+04	26	0.0000
Zona*Ensayo	2.529947E+05	6	4.216578E+04	39	0.0000
Especie*Zona*Ensayo	2.224191E+05	12	1.853493E+04	17	0.0000
Error	3.885232E+04	36	1.079231E+03		

**Cuadro 6.** Valores medios para Poder calorífico (cal/g) en *Quercus*.

		<i>Q. candicans</i>	<i>Q. laurina</i>	<i>Q. rugosa</i>
Material con Extractos	Duramen	4227.018 a	4259.631 a	4203.009 a
	Albura	4192.687 a	4279.910 a	4174.209 a
	Corteza	4228.796 a	4262.330 a	3769.679 b
	Promedio	4216.167 a	4267.289 a	4048.966 c
	C.V. (%)	0.440	0.57	5.39
	Dev. std	18.90	24.40	218.41
	Error std	7.71	9.96	89.16
	Material sin Extractos	Duramen	4174.438 a	4264.654 a
Albura		4247.620 a	4239.867 a	4214.900 a
Corteza		4215.707 a	4220.799 a	3745.209 b
Promedio		4212.588 a	4241.773 a	4080.438 c
C.V. (%)		0.81	0.75	6.41
Dev. std		34.22	32.00	261.64
Error std		13.97	13.06	106.81
Lignina		Duramen	5366.754 d	5502.152 d
	Albura	5610.393 d	5545.774 d	5565.096 d
	Corteza	5693.938 d	5505.130 d	5684.350 d
	Promedio	5557.028 d	5517.685 d	5588.956 d
	C.V. (%)	2.83	0.61	1.64
	Dev. std	157.74	33.96	91.730
	Error std	64.40	13.86	37.450
	Holocelulosa	Duramen	3897.881 b	3861.514 b
Albura		3804.079 b	3902.798 b	3829.861 b
Corteza		3838.143 b	3834.633 b	3397.375 e
Promedio		3846.701 b	3866.315 b	3681.402 b
C.V. (%)		1.16	0.83	6.00
Dev. std		44.62	32.12	220.99
Error std		18.21	13.11	90.220

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.

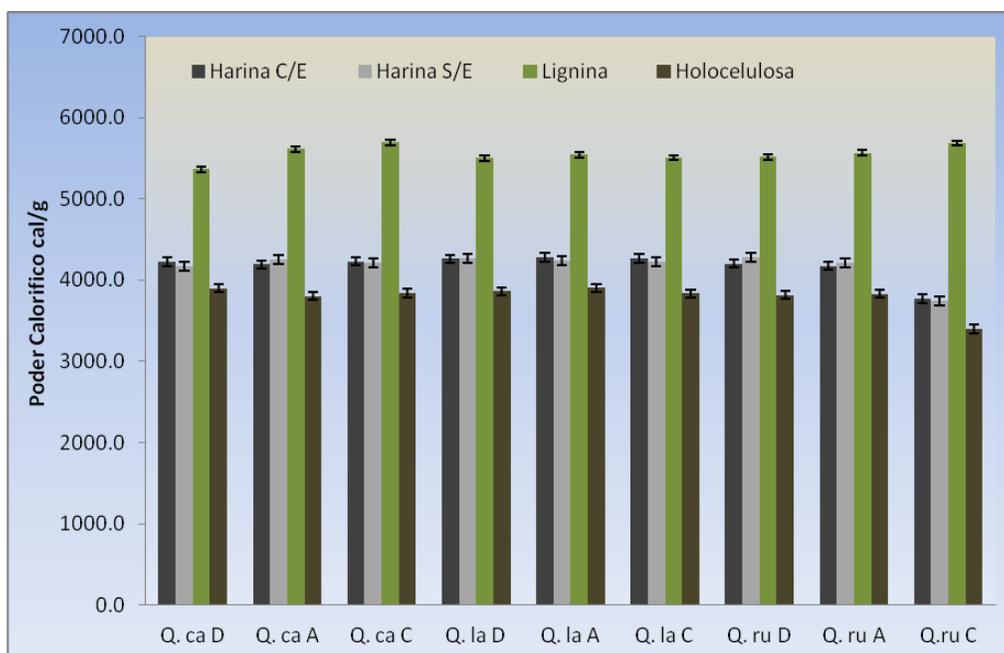


Figura 27. Gráfica de medias para poder calorífico en *Quercus*.

Donde:

Clave	Descripción	Clave	Descripción
Q. ca D	<i>Quercus candicans</i> , Duramen	Q. la C	<i>Quercus laurina</i> , Corteza
Q. ca A	<i>Quercus candicans</i> , Albura	Q. ru D	<i>Quercus rugosa</i> , Duramen
Q. ca C	<i>Quercus candicans</i> , Corteza	Q. ru A	<i>Quercus rugosa</i> , Albura
Q. la D	<i>Quercus laurina</i> , Duramen	Q. ru C	<i>Quercus rugosa</i> , Corteza
Q. la A	<i>Quercus laurina</i> , Albura		

### 8.1.3 Determinación del contenido de cenizas en *Quercus*

El análisis de varianza (Anova) para el valor del contenido de sustancias inorgánicas (cenizas) de la harina de las diferentes zonas (duramen, albura y corteza), de las diferentes especies *Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, antes de las extracciones con solventes aparece en el cuadro 7, e indica que el valor de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos y sus interacciones, tanto de especie como de zona, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza ya que sí existen diferencias entre zonas y especies. El cuadro 8 y la figura 28 muestran los resultados obtenidos.

**Cuadro 7.** Anova para contenido de cenizas en *Quercus*.

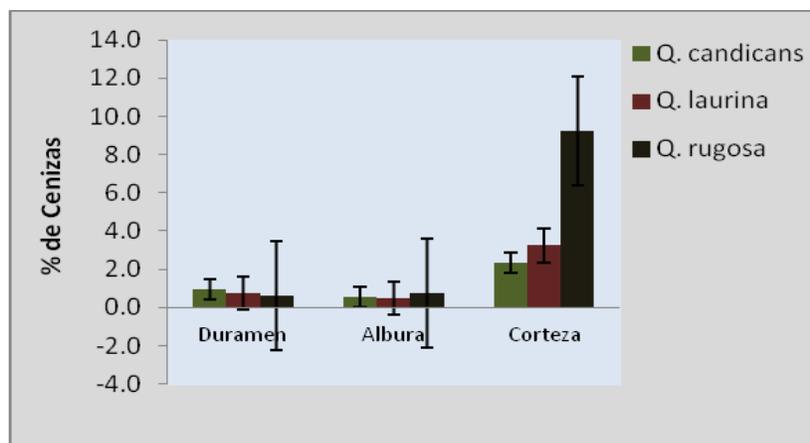
Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parameritización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	120.5323	1	120.5323	157796.4	0.0000
Especie	28.3381	2	14.1691	18549.6	0.0000
Zona	109.3657	2	54.6828	71588.8	0.0000
Especie*Zona	56.5782	4	14.1446	18517.5	0.0000
Error	0.0137	18	0.0008		

**Cuadro 8.** Valores medios para contenido de cenizas (%) en *Quercus*.

	<i>Q. candicans</i>	<i>Q. laurina</i>	<i>Q. rugosa</i>
Duramen	0.948 a	0.751 b	0.627 c
Albura	0.545 c	0.493 c	0.779 b
Corteza	2.356 b	3.254 d	9.263 a
Promedio	1.283 d	1.499 a	3.556 e
C.V. (%)	64.201	88.065	120.365
Dev. std	0.823	1.32	4.281
Error std	0.275	0.44	1.427

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

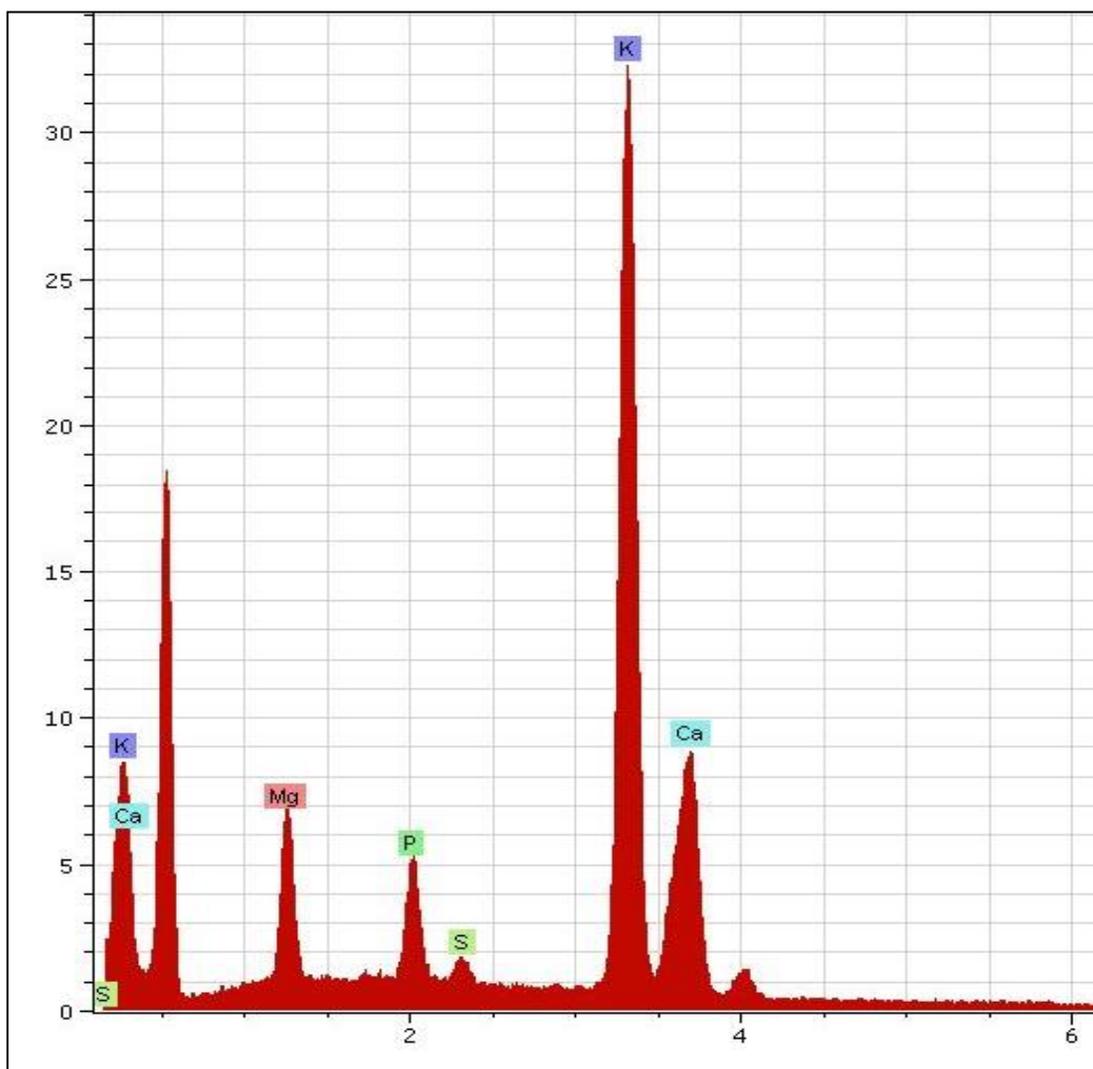
\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los resultados.



**Figura 28.** Gráfica de medias para contenido de cenizas en *Quercus*.

### 8.1.4 Análisis de cenizas en *Quercus*

A continuación aparece, sólo a manera de ejemplo un espectro obtenido de los análisis cualitativos de las cenizas de las diferentes zonas (duramen, albura y corteza), de las diferentes especies *Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, figura 29 y en el cuadro 9 se presenta un resumen del resultado obtenido para cada una de las diferentes muestras.



**Figura 29.** Espectro de Rayos-X para duramen de *Q. laurina*.

**Cuadro 9.** Elementos químicos en las cenizas de las diferentes zonas de los *Quercus* (%).

<b><i>Quercus candicans</i></b>											
<b>Duramen</b>											
<b>F</b>	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>Si</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>
8.29	ND	15.39	ND	0.27	0.98	0.53	ND	53.94	20.60	ND	ND
<b>Albura</b>											
ND	3.24	4.68	4.31	6.11	5.27	1.58	14.94	42.37	15.86	0.64	1.00
<b>Corteza</b>											
ND	ND	9.74	ND	0.12	3.84	0.14	ND	30.44	55.54	ND	ND
<b><i>Quercus laurina</i></b>											
<b>Duramen</b>											
ND	ND	5.38	ND	0.11	0.33	0.34	ND	67.37	26.46	ND	ND
<b>Albura</b>											
ND	ND	14.54	ND	0.85	5.59	0.82	ND	46.40	31.80	ND	ND
<b>Corteza</b>											
ND	ND	5.97	ND	0.01	0.66	0.05	ND	13.19	80.13	ND	ND
<b><i>Quercus rugosa</i></b>											
<b>Duramen</b>											
ND	ND	7.98	7.77	0.54	5.87	0.79	ND	52.09	25.02	ND	ND
<b>Albura</b>											
7.65	ND	16.19	ND	ND	6.45	0.57	ND	38.42	30.72	ND	ND
<b>Corteza</b>											
ND	ND	7.16	ND	0.10	0.38	0.13	ND	6.56	85.67	ND	ND

ND = no detectado

### 8.1.5 pH en harina con extractos para *Quercus*

En el cuadro 10 aparece el análisis de varianza (Anova) para el valor del contenido de pH de la harina de las diferentes zonas (duramen, albura y corteza), de las diferentes especies *Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, esto antes de la extracción con solventes e indica que el valor de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos y sus interacciones, tanto de especie como de zona, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza ya que sí existen diferencias entre zonas y especies. El cuadro 11 y la figura 30 muestran dichos resultados.

**Cuadro 10.** Anova para contenido de pH en diferentes zonas de *Quercus*.

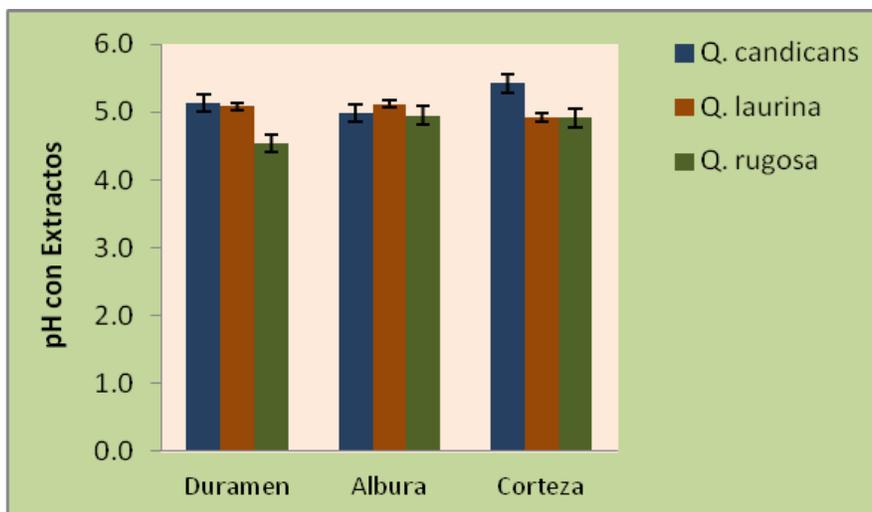
Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	450.6002	1	450.6002	76952.60	0.0000
Especie	0.4460	2	0.2230	38.09	0.0000
Zona	0.0790	2	0.0395	6.75	0.0162
Especie*Zona	0.3674	4	0.0919	15.69	0.0004
Error	0.0527	9	0.0059		

**Cuadro 11.** Valores medios para contenido de pH en diferentes zonas (en harina con extractos) de *Quercus*.

	<i>Q. candicans</i>	<i>Q. laurina</i>	<i>Q. rugosa</i>
Duramen	5.14 a	5.08 a	4.54 b
Albura	4.98 a	5.12 a	4.95 a
Corteza	5.42 b	4.92 a	4.91 a
Promedio	5.178 a	5.035 a	4.796 a
C.V. (%)	3.990	2.372	4.316
Dev. Std	0.207	0.119	0.207
Error std	0.084	0.048	0.084

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 30.** Gráfica de medias para contenido de pH (con extractos) en las diferentes zonas de *Quercus*.

### 8.1.6 pH en harina sin extractos para *Quercus*

El análisis de varianza (Anova) para el valor del contenido de pH de la harina de las diferentes zonas (duramen, albura y corteza), de las especies *Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, esto después de la extracción con solventes aparece en el cuadro 12, e indica que el valor de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos y sus interacciones, tanto de especie como de zona, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza ya que sí existen diferencias entre zonas y especies. El cuadro 13 y la figura 31 muestran dichos resultados.

**Cuadro 12.** Anova para contenido de pH (sin extractos) en diferentes zonas de *Quercus*.

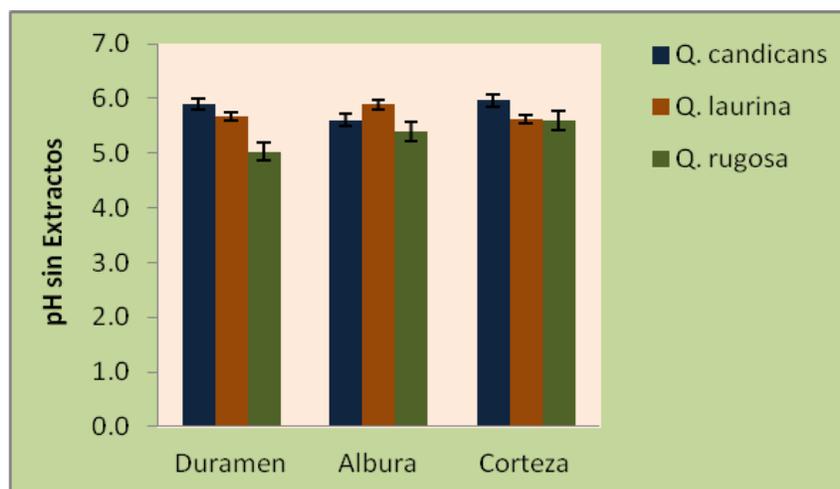
Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	570.8820	1	570.8820	229885.4	0.0000
Especie	0.7908	2	0.3954	159.2	0.0000
Zona	0.1160	2	0.0580	23.4	0.0003
Especie*Zona	0.4534	4	0.1134	45.6	0.0000
Error	0.0223	9	0.0025		

**Cuadro 13.** Valores medios para contenido de pH en diferentes zonas (en harina sin extractos) de *Quercus*.

	<i>Q. candicans</i>	<i>Q. laurina</i>	<i>Q. rugosa</i>
Duramen	5.90 a	5.68 a	5.03 b
Albura	5.61 a	5.89 a	5.40 a
Corteza	5.97 a	5.63 a	5.60 a
Promedio	5.82 a	5.73 a	5.34 b
C.V. (%)	3.019	2.313	4.95
Dev. std	0.176	0.133	0.264
Error std	0.072	0.054	0.108

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 31.** Gráfica de medias para contenido de pH (sin extractos) en las diferentes zonas de *Quercus*.

### 8.1.7 Extraíbles

En el cuadro 14 aparece el análisis de varianza (Anova) para el valor del contenido total de extractos de la harina de las diferentes zonas (duramen, albura y corteza), de las diferentes especies *Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, obtenidos por extracción sucesiva con solventes orgánicos y agua, indica que el valor de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos y sus interacciones, tanto de especie como de zona, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza ya que sí existen diferencias entre zonas y especies. El cuadro 15 y la figura 32 muestran dichos resultados.

**Cuadro 14.** Anova para total de extractos en diferentes zonas de *Quercus*.

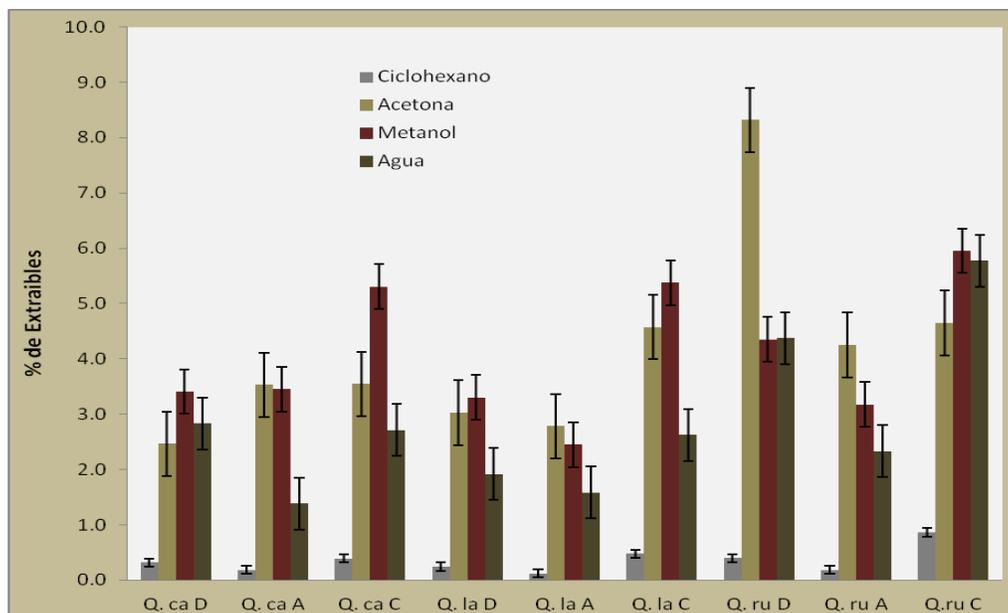
Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	878.0632	1	878.0632	1113677	0.0000
Especie	40.8313	2	20.4156	25894	0.0000
Zona	35.5770	2	17.7885	22562	0.0000
Solvente	253.5166	3	84.5055	107181	0.0000
Especie*Zona	12.0575	4	3.0144	3823	0.0000
Especie*Solvente	21.5901	6	3.5984	4564	0.0000
Zona*Solvente	18.8800	6	3.1467	3991	0.0000
Especie*Zona*Solvente	28.4915	12	2.3743	3011	0.0000
Error	0.0568	72	0.0008		

**Cuadro 15.** Valores medios de extractos (%) con solventes de polaridad creciente, en diferentes zonas de *Quercus*.

		<i>Q. candicans</i>	<i>Q. laurina</i>	<i>Q. rugosa</i>
Ciclohexano	Duramen	0.316 <b>a</b>	0.245 <b>a</b>	0.397 <b>b</b>
	Albura	0.185 <b>c</b>	0.124 <b>b</b>	0.185 <b>c</b>
	Corteza	0.393 <b>d</b>	0.475 <b>c</b>	0.867 <b>a</b>
	Promedio	0.298 <b>a</b>	0.281 <b>a</b>	0.483 <b>d</b>
	C.V. (%)	30.658	54.866	62.669
	Dev. std	0.091	0.154	0.303
	Error std	0.03	0.051	0.1
	Acetona	Duramen	2.464 <b>b</b>	3.027 <b>d</b>
Albura		3.528 <b>f</b>	2.783 <b>e</b>	4.252 <b>f</b>
Corteza		3.545 <b>f</b>	4.577 <b>h</b>	4.647 <b>h</b>
Promedio		3.179 <b>b</b>	3.463 <b>f</b>	5.738 <b>q</b>
C.V. (%)		16.865	24.333	33.824
Dev. std		0.536	0.843	1.941
Error std		0.178	0.281	0.647
Metanol		Duramen	3.409 <b>e</b>	3.305 <b>e</b>
	Albura	3.452 <b>e</b>	2.448 <b>p</b>	3.175 <b>p</b>
	Corteza	5.305 <b>r</b>	5.378 <b>r</b>	5.956 <b>q</b>
	Promedio	4.055 <b>f</b>	3.71 <b>f</b>	4.495 <b>h</b>
	C.V. (%)	23.111	35.174	26.895
	Dev. std	0.937	1.305	1.209
	Error std	0.312	0.435	0.403
	Agua	Duramen	2.836 <b>e</b>	1.915 <b>p</b>
Albura		1.385 <b>h</b>	1.585 <b>z</b>	2.334 <b>z</b>
Corteza		2.714 <b>e</b>	2.623 <b>e</b>	5.778 <b>q</b>
Promedio		2.312 <b>z</b>	2.041 <b>z</b>	4.162 <b>f</b>
C.V. (%)		30.159	22.517	36.079
Dev. std		0.697	0.459	1.501
Error std		0.232	0.153	0.500

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 32.** Gráfica de medias para contenido de extractos con diferentes solventes orgánicos en las diferentes zonas de *Quercus*.

**Donde:**

Clave	Descripción	Clave	Descripción
Q. ca D	<i>Quercus candicans</i> , Duramen	Q. la C	<i>Quercus laurina</i> , Corteza
Q. ca A	<i>Quercus candicans</i> , Albura	Q. ru D	<i>Quercus rugosa</i> , Duramen
Q. ca C	<i>Quercus candicans</i> , Corteza	Q. ru A	<i>Quercus rugosa</i> , Albura
Q. la D	<i>Quercus laurina</i> , Duramen	Q. ru C	<i>Quercus rugosa</i> , Corteza
Q. la A	<i>Quercus laurina</i> , Albura		

### 8.1.8 Lignina

En el cuadro 16 aparece el análisis de varianza (Anova) para el valor del contenido de lignina en harina de las diferentes zonas (duramen, albura y corteza), de las diferentes especies *Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, después de la extracción con solventes orgánicos, e indica que el valor de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos y sus interacciones, tanto de especie como de zona, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza ya que sí existen diferencias entre zonas y especies. El cuadro 17 y la figura 33 muestran los resultados obtenidos.

**Cuadro 16.** Anova para lignina en diferentes zonas de *Quercus*.

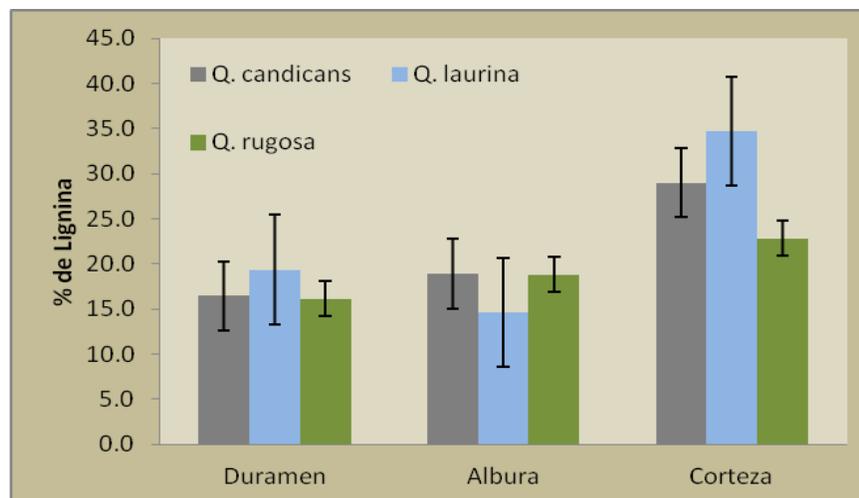
Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	12154.53	1	12154.53	1850665	0.0000
Especie	60.17	2	30.08	4581	0.0000
Zona	785.17	2	392.59	59776	0.0000
Especie*Zona	205.11	4	51.28	7808	0.0000
Error	0.12	18	0.01		

**Cuadro 17.** Valores medios de contenido de lignina (%) en diferentes zonas de *Quercus*.

	<i>Q. candicans</i>	<i>Q. laurina</i>	<i>Q. rugosa</i>
Duramen	16.446 <b>a</b>	19.368 <b>b</b>	16.164 <b>a</b>
Albura	18.926 <b>b</b>	14.667 <b>a</b>	18.841 <b>b</b>
Corteza	29.008 <b>c</b>	34.688 <b>d</b>	22.832 <b>e</b>
Promedio	21.460 <b>d</b>	22.911 <b>e</b>	19.279 <b>b</b>
C.V. (%)	26.84	39.56	15.07
Dev. std	5.76	9.06	2.91
Error std	1.92	3.02	0.96

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 33.** Gráfica de medias para contenido de % de lignina en las diferentes zonas de *Quercus*.

### 8.1.9 Holocelulosa

El análisis de varianza (Anova) para el valor del contenido de Holocelulosa en harina de las diferentes zonas (duramen, albura y corteza), de las diferentes especies *Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, después de la extracción con solventes aparece en el cuadro 18, e indica que el valor de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos y sus interacciones, tanto de especie como de zona, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza ya que sí existen diferencias entre zonas y especies. El cuadro 19 y la figura 34 muestran los resultados que se obtuvieron.

**Cuadro 18.** Anova para holocelulosa en diferentes zonas de *Quercus*.

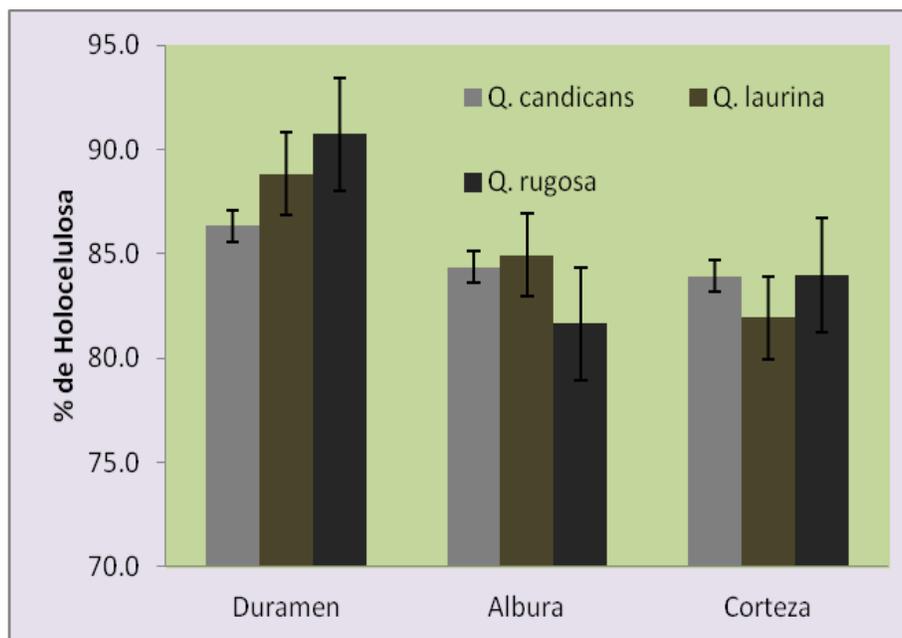
Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	195894.0	1	195894.0	10997569	0.0000
Especie	1.5	2	0.8	43	0.0000
Zona	161.2	2	80.6	4525	0.0000
Especie*Zona	54.0	4	13.5	758	0.0000
Error	0.3	18	0.0		

**Cuadro 19.** Valores medios de contenido de Holocelulosa (%) en diferentes zonas de *Quercus*.

	<i>Q. candicans</i>	<i>Q. laurina</i>	<i>Q. rugosa</i>
Duramen	86.344 a	88.819 b	90.719 e
Albura	84.345 c	84.925 c	81.632 d
Corteza	83.913 c	81.929 a	83.975 c
Promedio	84.867 h	85.224 h	85.442 h
C.V. (%)	1.32	3.51	4.78
Dev. std	1.12	2.99	4.08
Error std	0.38	0.99	1.36

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 34.** Gráfica de medias para contenido de % de Holocelulosa en las diferentes zonas de *Quercus*.

### 8.1.10 $\alpha$ -celulosa

En el cuadro 20 aparece el análisis de varianza (Anova) para el valor del contenido de  $\alpha$ -celulosa en harina de las diferentes zonas (duramen, albura y corteza), de las diferentes especies *Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, después de haber obtenido celulosa, este cuadro indica que el valor de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos y sus interacciones, tanto de especie como de zona, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza ya que sí existen diferencias entre zonas y especies. El cuadro 21 y la figura 35 muestran los resultados que se obtuvieron.

**Cuadro 20.** Anova para  $\alpha$ -celulosa en diferentes zonas de *Quercus*.

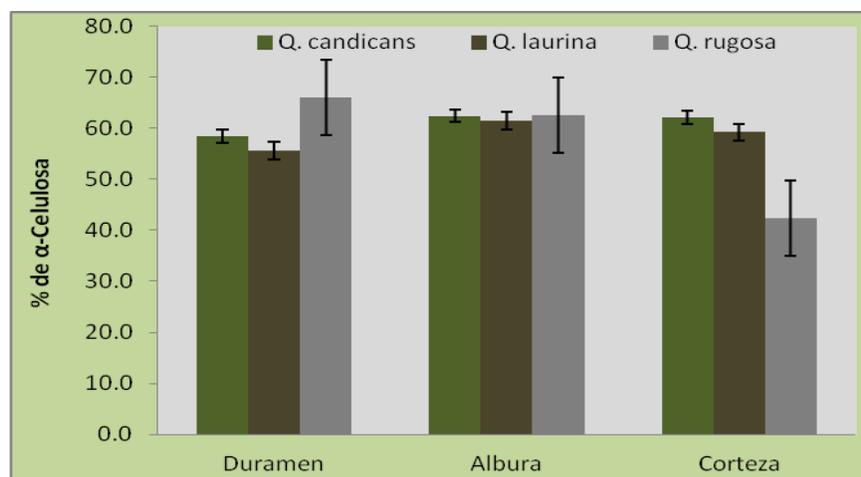
Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso					
Parametrización restringida-sigma					
Descomposición efectiva de hipótesis					
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Effect					
Intercept	93713.38	1	93713.38	3984678	0.0000
Especie	72.76	2	36.38	1547	0.0000
Zona	275.86	2	137.93	5865	0.0000
Especie*Zona	795.57	4	198.89	8457	0.0000
Error	0.42	18	0.02		

**Cuadro 21.** Valores medios de contenido de  $\alpha$ -celulosa (%) en diferentes zonas de *Quercus*.

	<i>Q. candicans</i>	<i>Q. laurina</i>	<i>Q. rugosa</i>
Duramen	58.442 a	55.553 b	66.119 c
Albura	62.447 b	61.412 c	62.571 b
Corteza	62.145 b	59.213 a	42.321 d
Promedio	61.012 d	58.726 a	57.004 e
C.V. (%)	3.17	4.37	19.50
Dev. std	1.93	2.57	11.10
Error std	0.64	0.86	3.70

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 35.** Gráfica de medias para contenido de % de  $\alpha$ -celulosa en las diferentes zonas de *Quercus*.

### 8.1.11 Hemicelulosa

El análisis de varianza (Anova) para el valor del contenido de hemicelulosa en harina de las diferentes zonas (duramen, albura y corteza), de las diferentes especies *Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, se determinó por diferencia entre la obtención de Holocelulosa y  $\alpha$ -celulosa, aparece en el cuadro 22, e indica que el valor de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos y sus interacciones, tanto de especie como de zona, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza ya que sí existen diferencias estadísticas entre zonas y especies. El cuadro 23 y la figura 36 muestran los resultados obtenidos.

**Cuadro 22.** Anova para hemicelulosa en diferentes zonas de *Quercus*.

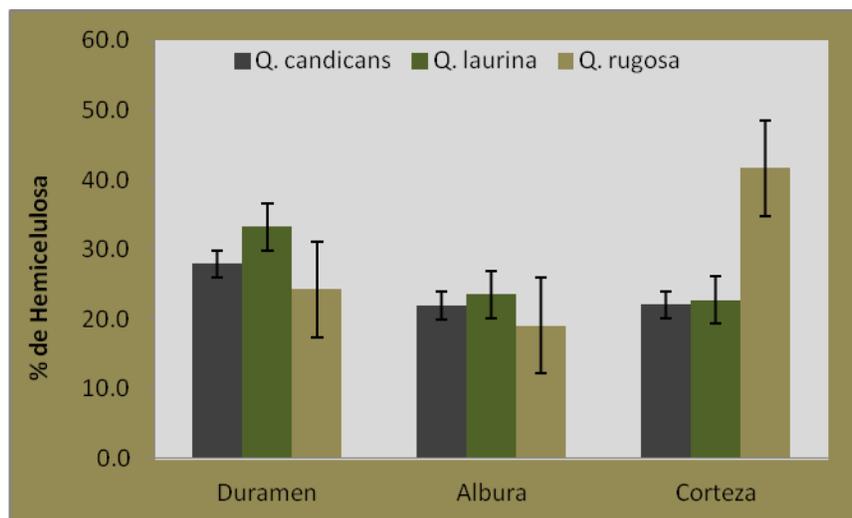
Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	18615.33	1	18615.33	236408.1	0.0000
Especie	87.13	2	43.57	553.3	0.0000
Zona	307.25	2	153.62	1951.0	0.0000
Especie*Zona	810.15	4	202.54	2572.2	0.0000
Error	1.42	18	0.08		

**Cuadro 23.** Valores medios de contenido de hemicelulosa (%) en diferentes zonas de *Quercus*.

	<i>Q. candicans</i>	<i>Q. laurina</i>	<i>Q. rugosa</i>
Duramen	27.902 <b>a</b>	33.266 <b>b</b>	24.266 <b>c</b>
Albura	21.897 <b>d</b>	23.512 <b>c</b>	19.061 <b>a</b>
Corteza	22.040 <b>d</b>	22.715 <b>d</b>	41.654 <b>b</b>
Promedio	23.946 <b>b</b>	26.498 <b>a</b>	28.327 <b>d</b>
C.V. (%)	12.44	19.22	36.18
Dev. std	2.98	5.09	10.25
Error std	0.99	1.70	3.42

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 36.** Gráfica de medias para contenido de % de hemicelulosa en las diferentes zonas de *Quercus*.

### 8.1.12 Solubilidad a la sosa

El cuadro 24, muestra el análisis de varianza (Anova) para el valor del porcentaje de solubilidad a la sosa en harina de las diferentes zonas (duramen, albura y corteza), de las diferentes especies *Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, indica que el nivel de significancia calculado (Valor-p) es menor a 0.05 por lo que la hipótesis nula se rechaza, lo que quiere decir que sí influye la zona del árbol con la solubilidad a la sosa, el cuadro 25 y la figura 37, muestran lo antes dicho y los resultados obtenidos.

**Cuadro 24.** Anova para solubilidad a la sosa en las diferentes zonas de *Quercus*.

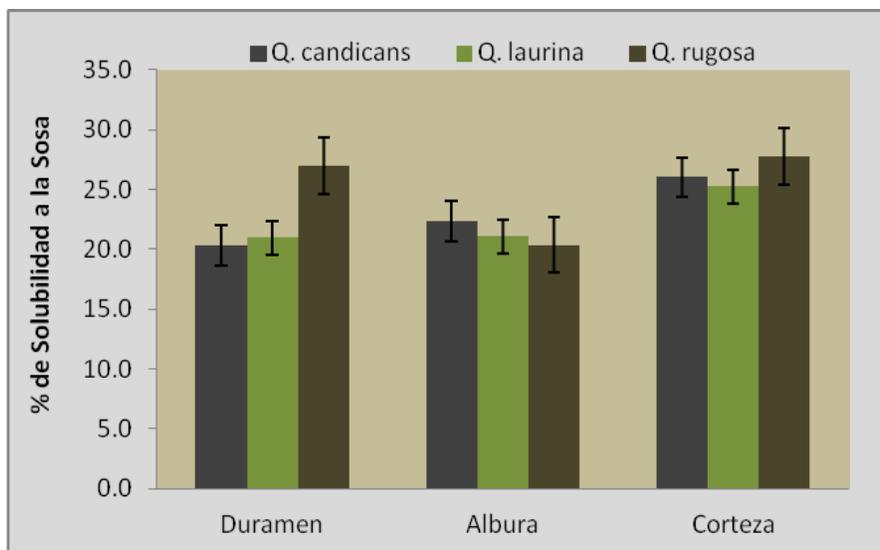
Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	14845.44	1	14845.44	376216.9	0.0000
Especie	35.24	2	17.62	446.6	0.0000
Zona	123.59	2	61.80	1566.1	0.0000
Especie*Zona	62.47	4	15.62	395.8	0.0000
Error	0.71	18	0.04		

**Cuadro 25.** Valores medios de solubilidad a la sosa (%) en diferentes zonas de *Quercus*.

	<i>Q. candicans</i>	<i>Q. laurina</i>	<i>Q. rugosa</i>
Duramen	20.282 a	20.952 a	26.987 b
Albura	22.324 b	21.072 a	20.365 c
Corteza	26.026 d	25.247 c	27.776 b
Promedio	22.879 c	22.424 b	25.043 a
C.V. (%)	11.04	9.45	14.11
Dev. std	2.52	2.12	3.53
Error std	0.84	0.71	1.18

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 37.** Gráfica de medias para solubilidad a la sosa en las diferentes zonas de *Quercus*.

### 8.1.13 Obtención de taninos

Los resultados del análisis estadístico de la extracción de taninos en las diferentes zonas de los *Quercus*, se presentan a continuación:

#### 8.1.13.1 Extracto total

El cuadro 26 muestra el análisis de varianza (Anova) para el extracto total acuoso y etanólico, en harina de las diferentes zonas (duramen, albura y corteza), de las diferentes especies *Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, indica que el nivel de significancia calculado (Valor-p) es menor a 0.05 por lo tanto la hipótesis nula se rechaza, lo que quiere decir que sí influye la zona del árbol con el tipo de extracción, el cuadro 27 y la figura 38, muestran los resultados que se obtuvieron.

**Cuadro 26.** Anova para extracto total acuoso y etanólico en las diferentes zonas de *Quercus*.

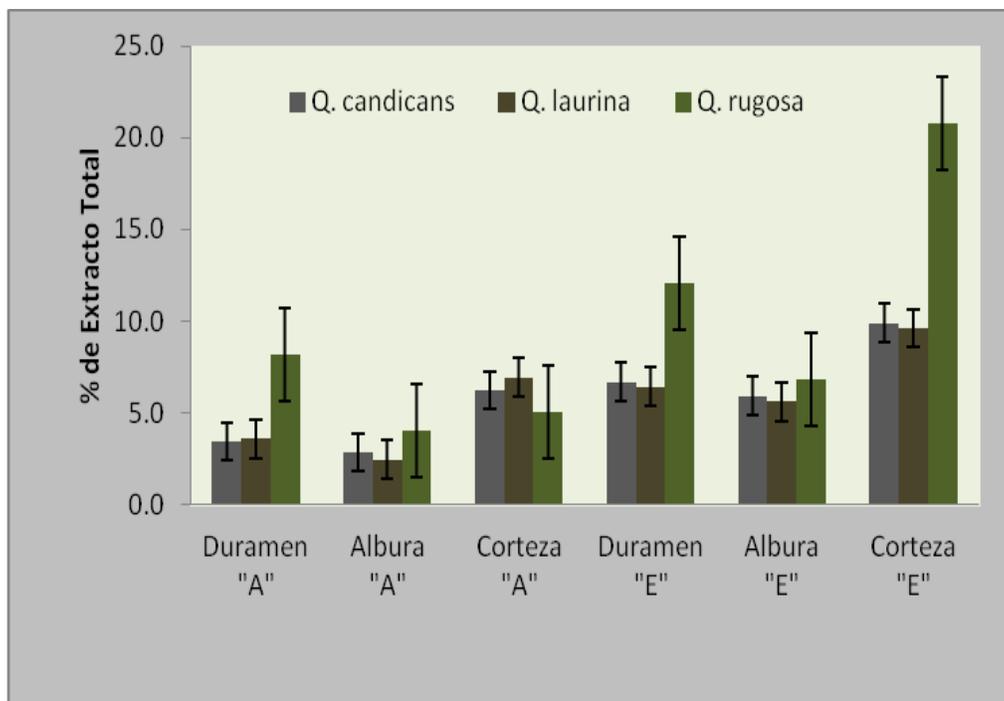
Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1782.472	1	1782.472	263523.4	0.0000
Especie	109.001	2	54.500	8057.4	0.0000
Zona	160.975	2	80.487	11899.4	0.0000
Extraccion	188.275	1	188.275	27834.9	0.0000
Especie*Zona	24.544	4	6.136	907.1	0.0000
Especie*Extraccion	38.552	2	19.276	2849.8	0.0000
Zona*Extraccion	35.079	2	17.540	2593.1	0.0000
Especie*Zona*Extraccion	67.806	4	16.952	2506.1	0.0000
Error	0.122	18	0.007		

**Cuadro 27.** Valores medios para extracto total (%) acuoso y etanólico en diferentes zonas de *Quercus*.

		<i>Q. candicans</i>	<i>Q. laurina</i>	<i>Q. rugosa</i>
Extracción Acuosa	Duramen	3.462 a	3.571 a	8.149 b
	Albura	2.836 b	2.445 b	4.023 a
	Corteza	6.244 c	6.934 d	5.083 e
	Promedio	4.180 d	4.317 c	5.752 f
	C.V. (%)	38.82	48.40	33.32
	Dev. std	1.62	2.09	1.92
	Error std	0.66	0.85	0.78
	Extracción Etanólica	Duramen	6.689 e	6.437 e
Albura		5.924 c	5.612 f	6.855 d
Corteza		9.905 h	9.617 h	20.821 r
Promedio		7.506 r	7.222 r	13.242 h
C.V. (%)		25.18	26.20	47.69
Dev. std		1.89	1.89	6.31
Error std		0.77	0.77	2.57

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 38.** Gráfica de medias para extracto total acuoso ("A") y etanólico ("E"), en las diferentes zonas de *Quercus*.

Donde:

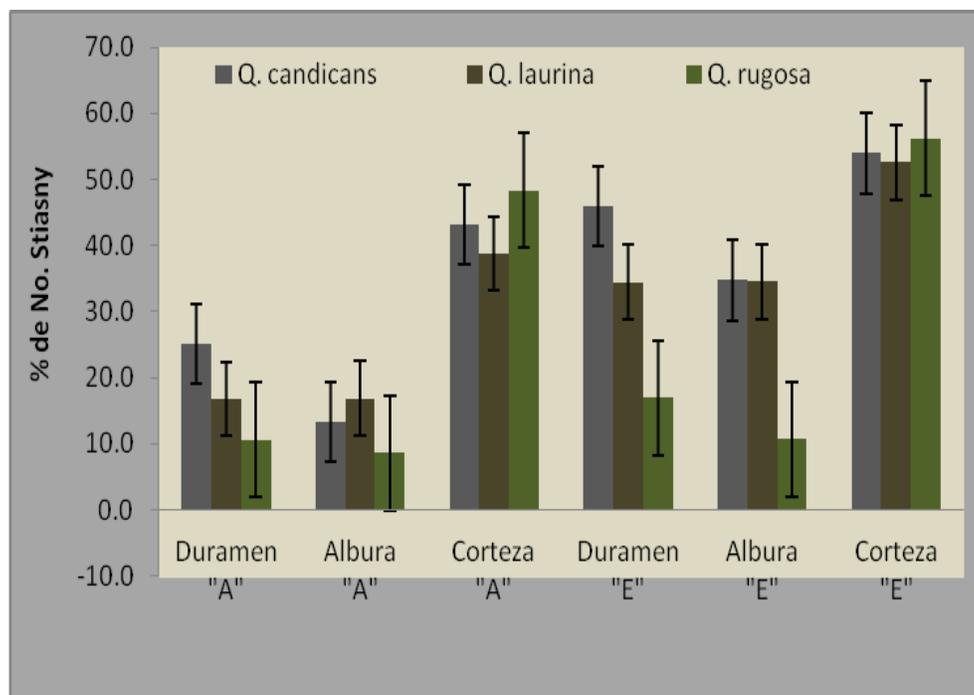
Clave	Descripción	Clave	Descripción
"A"	Extracción Acuosa	"E"	Extracción Etanólica

### 8.1.13.2 Número Stiasny

El cuadro 28 muestra el análisis de varianza (Anova) para el extracto total acuoso y etanólico, en harina de las diferentes zonas (duramen, albura y corteza), de las diferentes especies *Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, e indica que el nivel de significancia calculado (Valor-p) es menor a 0.05 y por lo tanto la hipótesis nula se rechaza, lo que quiere decir que sí influye la zona del árbol con el tipo de extracción, la figura 39 y el cuadro 29, muestran que si existen diferencias significativas en los resultados obtenidos.

**Cuadro 28.** Anova para No. Stiasny acuoso y etanólico en las diferentes zonas de *Quercus*.

Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parameritización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	35058.57	1	35058.57	71433.29	0.0000
Especie	729.02	2	364.51	742.71	0.0000
Zona	5749.72	2	2874.86	5857.65	0.0000
Extraccion	1562.13	1	1562.13	3182.91	0.0000
Especie*Zona	937.12	4	234.28	477.36	0.0000
Especie*Extraccion	269.74	2	134.87	274.80	0.0000
Zona*Extraccion	27.46	2	13.73	27.97	0.0000
Especie*Zona*Extraccion	71.97	4	17.99	36.66	0.0000
Error	8.83	18	0.49		



**Figura 39.** Gráfica de medias para No. Stiasny acuoso ("A") y etanólico ("E"), en las diferentes zonas de *Quercus*.

Donde:

Clave	Descripción	Clave	Descripción
"A"	Extracción Acuosa	"E"	Extracción Etanólica

**Cuadro 29.** Valores medios de No. Stiasny (%) acuoso y etanólico en diferentes zonas de *Quercus*.

		<i>Q. candicans</i>	<i>Q. laurina</i>	<i>Q. rugosa</i>
Extracción Acuosa	Duramen	25.123 <b>a</b>	16.816 <b>b</b>	10.542 <b>c</b>
	Albura	13.360 <b>c</b>	16.899 <b>b</b>	8.577 <b>a</b>
	Corteza	43.211 <b>b</b>	38.714 <b>a</b>	48.332 <b>d</b>
	Promedio	27.231 <b>d</b>	24.143 <b>c</b>	22.484 <b>b</b>
	C.V. (%)	49.40	46.80	89.14
	Dev. std	13.45	11.30	20.04
	Error std	5.49	4.61	8.18
	Extracción Etanólica	Duramen	45.999 <b>e</b>	34.489 <b>d</b>
Albura		34.757 <b>f</b>	34.517 <b>f</b>	10.721 <b>c</b>
Corteza		53.943 <b>h</b>	52.584 <b>h</b>	56.178 <b>e</b>
Promedio		44.899 <b>e</b>	40.530 <b>r</b>	27.951 <b>h</b>
C.V. (%)		19.21	23.04	78.95
Dev. std		8.62	9.33	22.06
Error std		3.52	3.81	9.00

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.

### 8.1.13.3 Taninos

El análisis de varianza (Anova) para taninos tanto en extracto acuoso y etanólico, en harina de las diferentes zonas (duramen, albura y corteza), de las diferentes especies *Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, se muestra en el cuadro 30, e indica que el nivel de significancia calculado (Valor-p) es menor a 0.05 por lo que la hipótesis nula se rechaza, lo que quiere decir que sí influye la zona del árbol con el tipo de extracción, la figura 31 y el cuadro 40, muestran las diferencias significativas en los valores obtenidos.

**Cuadro 30.** Anova para Taninos (acuoso y etanólico) en las diferentes zonas de *Quercus*.

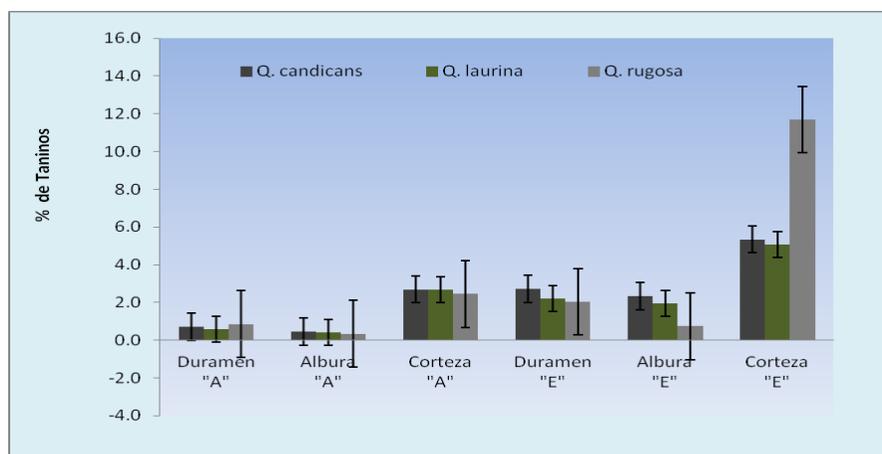
Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parameritización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	228.1207	1	228.1207	27028.88	0.0000
Especie	4.8940	2	2.4470	289.93	0.0000
Zona	111.4050	2	55.7025	6599.91	0.0000
Extraccion	57.9984	1	57.9984	6871.94	0.0000
Especie*Zona	23.0718	4	5.7680	683.42	0.0000
Especie*Extraccion	5.2731	2	2.6365	312.39	0.0000
Zona*Extraccion	22.2171	2	11.1086	1316.20	0.0000
Especie*Zona*Extraccion	26.4767	4	6.6192	784.27	0.0000
Error	0.1519	18	0.0084		

**Cuadro 31.** Valores medios de Taninos (%) acuoso y etanólico en diferentes zonas de *Quercus*.

		<i>Q. candicans</i>	<i>Q. laurina</i>	<i>Q. rugosa</i>
Extracción Acuosa	Duramen	0.712 a	0.601 b	0.859 c
	Albura	0.462 c	0.413 c	0.345 a
	Corteza	2.698 d	2.684 d	2.457 b
	Promedio	1.291 e	1.233 e	1.220 e
	C.V. (%)	84.86	91.48	80.73
	Dev. std	1.09	1.12	0.98
	Error std	0.44	0.46	0.40
Extracción Etanólica	Duramen	2.725 d	2.220 h	2.043 h
	Albura	2.325 h	1.937 h	0.735 d
	Corteza	5.343 f	5.057 f	11.694 r
	Promedio	3.464 b	3.071 a	4.824 f
	C.V. (%)	42.32	50.25	111.03
	Dev. std	1.46	1.54	5.35
	Error std	0.59	0.63	2.18

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 40.** Gráfica de medias Taninos en extracto acuoso ("A") y etanólico ("E"), en las diferentes zonas de *Quercus*.

Donde:

Clave	Descripción	Clave	Descripción
"A"	Extracción Acuosa	"E"	Extracción Etanólica

#### 8.1.15.4 Taninos hidrolizables

Los resultados de todas las pruebas realizadas en las diferentes zonas (duramen, albura y corteza), de las diferentes especies *Quercus candicans*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*, fueron positivas, para lo dicho obsérvese cuadro 32.

**Cuadro 32.** Coloraciones para Taninos Hidrolizables (acuoso y etanólico) en diferentes zonas de *Quercus*

Especie	Zona	Ext. acuoso	Ext. etanólico
<i>Q. candicans</i>	Duramen	Café-verdoso	Azulado-oscuro
	Albura	Café claro	Amarillo-verdoso
	Corteza	Azul-negrusco	Morado oscuro
<i>Q. laurina</i>	Duramen	Café-amarillo	Azul-morado
	Albura	Amarillo-verdoso	Amarillo-azulado
	Corteza	Morado-negrusco	Violáceo
<i>Q. rugosa</i>	Duramen	Azul-violáceo	Café-oscuro
	Albura	Café-amarillo	Amarillo-verdoso
	Corteza	Azul-negrusco	Negrusco

## 8.2 RESULTADOS DEL GÉNERO *Alnus* y *Simplocus*

### 8.2.1 Densidad de *Alnus* y *S. citrea*:

En el cuadro 33 aparece el análisis de varianza (Anova) para el valor de la densidad en la madera de *A. acuminata*, *A. jorullensis*, y *Simplocos citrea*, e indica que el nivel de significancia calculado (Valor-p) para efecto de zona, es mayor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se acepta ya que no existen diferencias estadísticas entre las diferentes especies. El cuadro 34 y la figura 41 muestran los resultados descritos.

**Cuadro 33.** Anova para densidad en *Alnus* y *S. citrea*

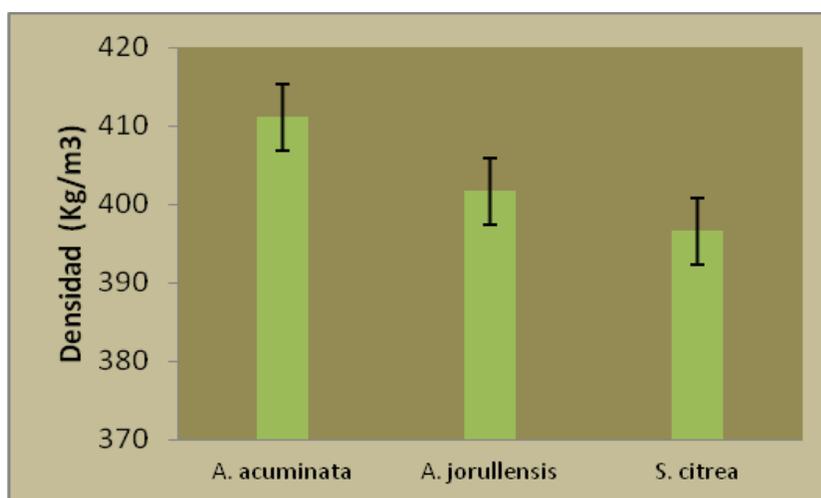
Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	7193306	1	7193306	643.1253	0.0000
Especie	4564	2	2282	0.2040	0.8162
Error	525691	47	11185		

**Cuadro 34.** Valores medios para densidad (Kg/m<sup>3</sup>) en *Alnus* y *S. citrea*.

	<i>A. acuminata</i>	<i>A. jorullensis</i>	<i>S. citrea</i>
Madera	411.09 a	401.71 a	396.63 a
C.V. (%)	8.89	39.69	10.37
Dev. Std	36.57	159.44	40.12

\*Las letras iguales en el sentido de renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 41.** Gráfica de medias para densidad en *Alnus* y *S. citrea*.

### 8.2.2 Poder calorífico de *Alnus* y *S. citrea*

El análisis de varianza (Anova) para el valor del poder calorífico en la madera y corteza con extractos, libre de extractos, material de lignina y holocelulosa de *A. acuminata*, *A. jorullensis* y *S. citrea*, se muestra en el cuadro 35 e indica que el nivel de significancia calculado (Valor-p) para el efecto zona, es mayor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se acepta, pero en el resto de los efectos la hipótesis nula es rechazada. En el cuadro 36 y la figura 42, se presentan de forma descriptiva los resultados.

**Cuadro 35.** Anova para poder calorífico en *Alnus* y *S. citrea*.

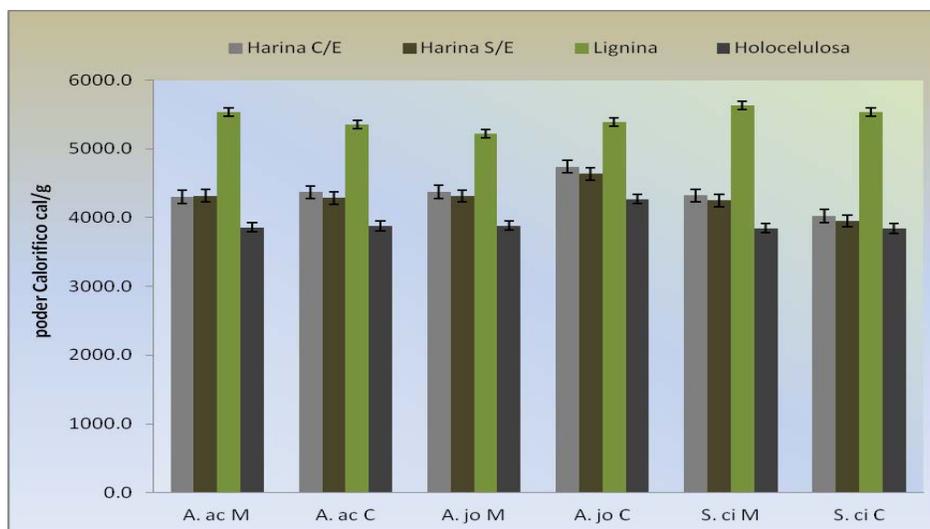
Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	979709937	1	979709937	511227.5	0.0000
Especie	393154	2	196577	102.6	0.0000
Zona	1439	1	1439	0.8	0.3948
Ensayo	16522244	3	5507415	2873.9	0.0000
Especie*Zona	347212	2	173606	90.6	0.0000
Especie*Ensayo	362238	6	60373	31.5	0.0000
Zona*Ensayo	112818	3	37606	19.6	0.0000
Especie*Zona*Ensayo	173077	6	28846	15.1	0.0000
Error	45993	24	1916		

**Cuadro 36.** Valores medios para poder calorífico (cal/g) en *Alnus* y *S. citrea*.

		<i>A. acuminata</i>	<i>A. jorullensis</i>	<i>S. citrea</i>
Material con Extractos	Madera	4300.029 <b>a</b>	4373.161 <b>a</b>	4321.834 <b>a</b>
	Corteza	4368.409 <b>a</b>	4740.244 <b>b</b>	4021.598 <b>c</b>
	Promedio	4334.219 <b>a</b>	4556.702 <b>b</b>	4171.716 <b>d</b>
	C.V. (%)	1.017	4.88	4.29
	Dev. std	44.11	222.55	178.85
	Error std	22.05	111.27	89.42
	Material sin Extractos	Madera	4319.086 <b>a</b>	4311.914 <b>a</b>
Corteza		4286.982 <b>a</b>	4635.994 <b>b</b>	3952.871 <b>c</b>
Promedio		4303.034 <b>a</b>	4473.950 <b>c</b>	4102.106 <b>d</b>
C.V. (%)		0.8	4.27	4.211
Dev. std		34.46	191.33	172.75
Error std		17.23	95.66	86.37
Lignina		Madera	5534.043 <b>b</b>	5221.416 <b>d</b>
	Corteza	5352.155 <b>e</b>	5390.078 <b>e</b>	5540.110 <b>b</b>
	Promedio	5443.099 <b>e</b>	5455.747 <b>e</b>	5584.209 <b>b</b>
	C.V. (%)	2.035	1.65	0.99
	Dev. std	110.80	90.289	55.31
	Error std	55.4	45.14	27.65
	Holocelulosa	Madera	3858.572 <b>f</b>	3882.040 <b>f</b>
Corteza		3878.640 <b>f</b>	4271.008 <b>h</b>	3841.360 <b>f</b>
Promedio		3868.606 <b>f</b>	4076.524 <b>r</b>	3843.825 <b>f</b>
C.V. (%)		0.704	5.549	0.46
Dev. std		27.240	226.24	17.86
Error std		13.62	113.12	8.93

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 42.** Gráfica de medias para poder calorífico en *Alnus* y *S. citrea*.

**Donde:**

Clave	Descripción	Clave	Descripción
A. ac M	<i>Alnus acuminata</i> , Madera	A. jo C	<i>Alnus jorullensis</i> , Corteza
A. ac C	<i>Alnus acuminata</i> , Corteza	S. ci M	<i>Simplocos citrea</i> , Madera
A. jo M	<i>A. jorullensis</i> , Madera	S. ci C	<i>Simplocos citrea</i> , Corteza

### 8.2.3 Determinación del contenido de cenizas en *Alnus* y *S. citrea*

El análisis de varianza (Anova) para el valor del contenido de sustancias inorgánicas (cenizas) de la harina de las diferentes zonas (madera y corteza), con extractos, de las diferentes especies *Alnus acuminata*, *A.jorullensis*, y *Simplocos citrea*, antes de las extracciones con solventes aparece en el cuadro 37, e indica que el valor de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos y sus interacciones, tanto de especie como de zona, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza ya que sí existen diferencias entre zonas y especies. El cuadro 38 y la figura 43 muestran dichos resultados descritos.

**Cuadro 37.** Anova para contenido de cenizas en *Alnus* y *S. citrea*.

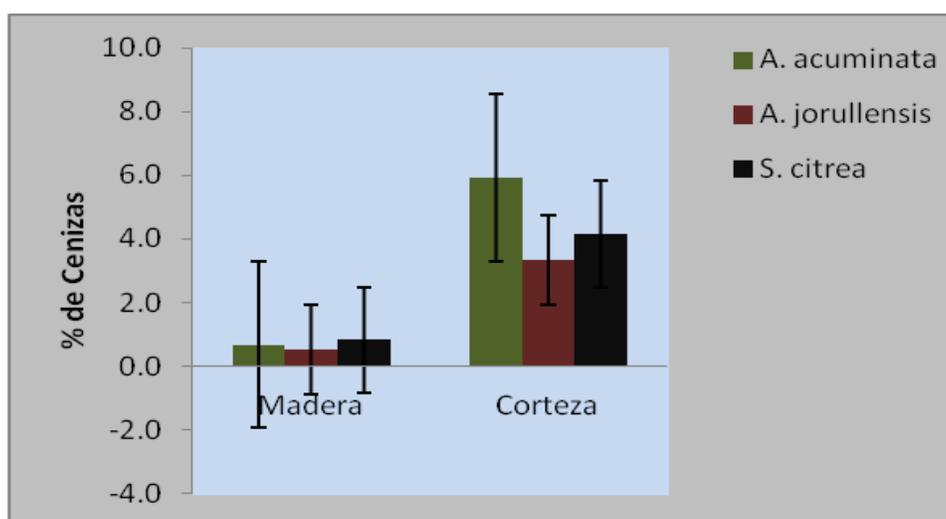
Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	119.8579	1	119.8579	20474.21	0.0000
Especie	5.4328	2	2.7164	464.02	0.0000
Zona	64.4163	1	64.4163	11003.64	0.0000
Especie*Zona	5.0199	2	2.5100	428.75	0.0000
Error	0.0702	12	0.0059		

**Cuadro 38.** Valores medios de contenido de cenizas (%) para *Alnus* y *S. citrea*.

	<i>A. acuminata</i>	<i>A. jorullensis</i>	<i>S. citrea</i>
Madera	0.672 <b>a</b>	0.536 <b>b</b>	0.828 <b>a</b>
Corteza	5.915 <b>b</b>	3.347 <b>c</b>	4.155 <b>c</b>
Promedio	3.293 <b>c</b>	1.957 <b>d</b>	2.492 <b>d</b>
C.V. (%)	87.251	77.835	73.189
Dev. std	2.873	1.523	1.824
Error std	1.173	0.622	0.744

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 43.** Gráfica de medias para contenido de cenizas en *Alnus* y *S. citrea*.

### 8.2.4 Análisis de cenizas en *Alnus* y *S. citrea*

A continuación aparece, sólo a manera de ejemplo un espectro obtenido de los análisis cualitativos de las cenizas de las diferentes zonas (madera y corteza), con extractos, de las diferentes especies *Alnus acuminata*, *A. jorullensis*, y *Simplocos citrea*, figura 44 y en el cuadro 39 se presenta un resumen del resultado obtenido para cada una de las diferentes muestras.

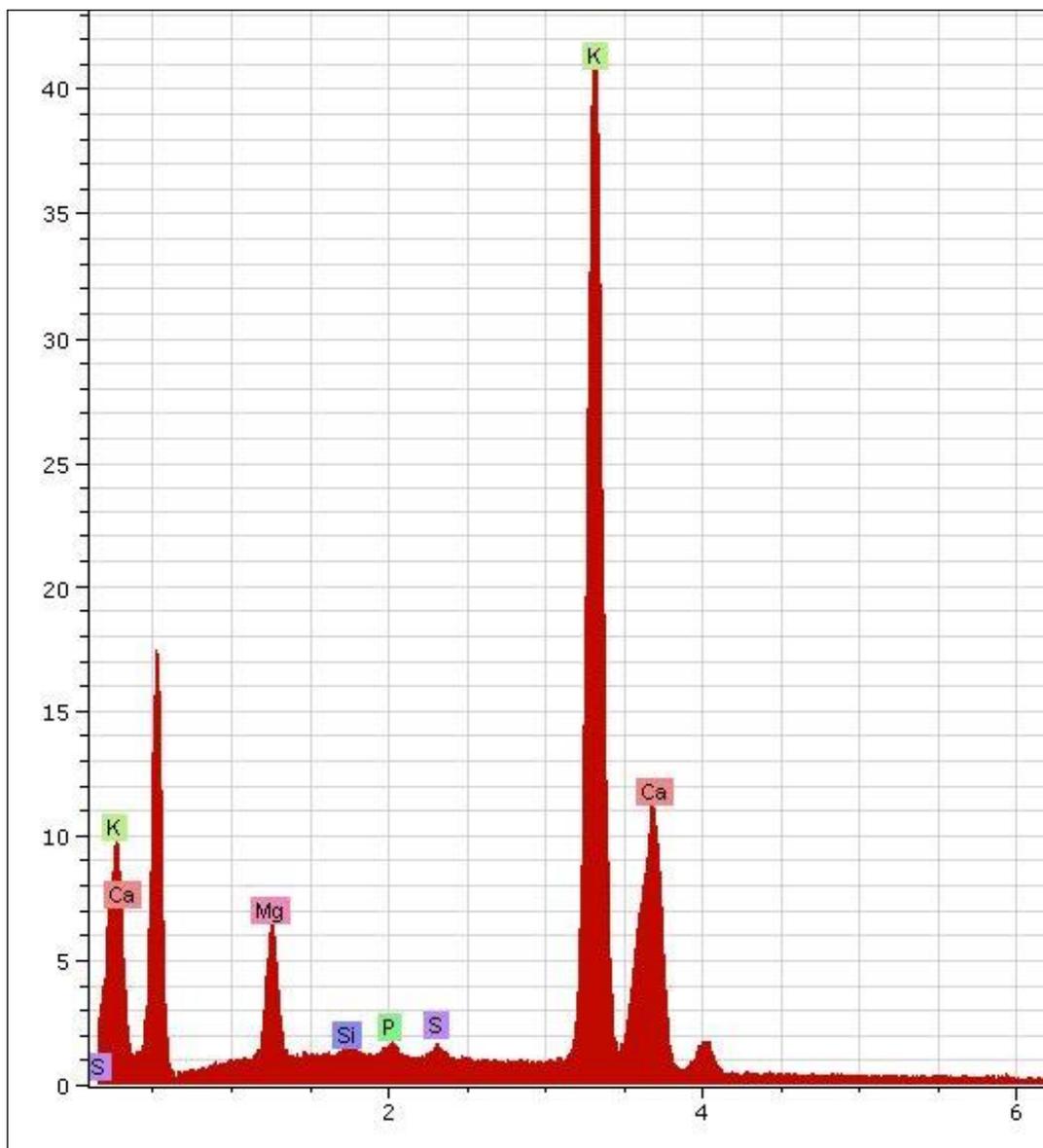


Figura 44. Espectro de Rayos-X para madera de *Alnus acuminata*.

**Cuadro 39.** Elementos químicos en las cenizas de las diferentes zonas de las especies *Alnus* y *S. citrea* (%).

<b><i>Alnus acuminata</i></b>											
<b>Madera</b>											
F	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe
ND	1.05	20.57	0.01	0.52	4.48	2.39	9.85	42.11	18.63	ND	ND
<b>Corteza</b>											
ND	ND	18.58	ND	0.26	1.66	1.36	ND	21.53	56.60	ND	ND
<b><i>Alnus jorullensis</i></b>											
<b>Madera</b>											
ND	ND	6.83	ND	ND	4.65	0.74	ND	62.79	24.99	ND	ND
<b>Corteza</b>											
13.73	ND	5.75	ND	0.10	2.60	0.52	ND	30.94	46.27	ND	ND
<b><i>Symplocos citrea</i></b>											
<b>Madera</b>											
ND	1.40	10.58	0.60	2.95	5.12	0.63	11.88	41.10	24.92	0.54	0.30
<b>Corteza</b>											
22.47	ND	6.04	3.72	0.25	2.05	1.46	ND	36.84	27.10	ND	ND

ND = no detectado

**8.2.5 pH en harina con extractos para *Alnus* y *S. citrea***

En el cuadro 40 aparece el análisis de varianza (Anova) para el valor del contenido de pH de la harina de las diferentes zonas (madera y corteza), de *Alnus acuminata*, *A. jorullensis*, y *Simplocos citrea*, esto antes de la extracción con solventes e indica que el valor de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos y sus interacciones, tanto de especie como de zona, es mayor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se acepta ya que no existen diferencias entre zonas y especies. El cuadro 41 y la figura 45 muestran los valores obtenidos.

**Cuadro 40.** Anova para contenido de pH en *Alnus* y *S. citrea*. (harina con extractos).

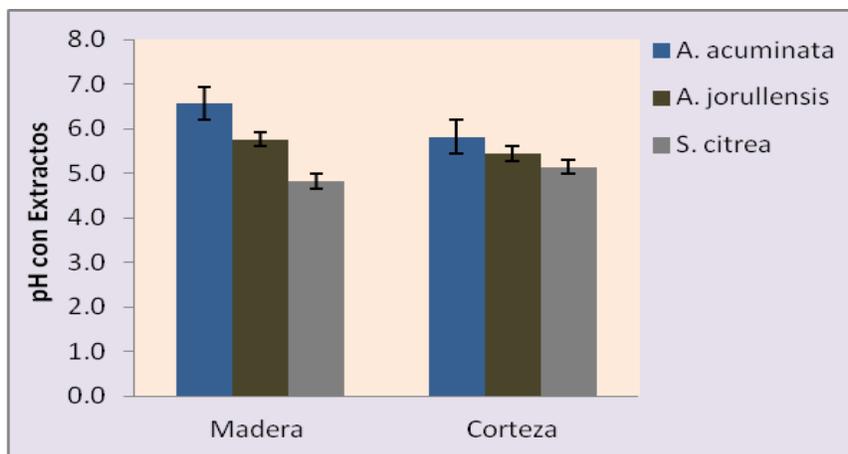
Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2175.136	1	2175.136	2.931470	0.1377
Especie	1605.515	2	802.758	1.081891	0.3970
Zona	768.320	1	768.320	1.035479	0.3481
Especie*Zona	1536.362	2	768.181	1.035291	0.4109
Error	4451.970	6	741.995		

**Cuadro 41.** Valores medios de contenido de pH para *Alnus* y *S. citrea* (harina con extractos)

	<i>A. acuminata</i>	<i>A. jorullensis</i>	<i>S. citrea</i>
Madera	6.57 <b>a</b>	5.76 <b>b</b>	4.82 <b>c</b>
Corteza	5.82 <b>d</b>	5.44 <b>b</b>	5.14 <b>c</b>
Promedio	6.19 <b>b</b>	5.59 <b>b</b>	4.97 <b>c</b>
C.V. (%)	7.067	4.195	3.68
Dev. std	0.437	0.234	0.183
Error std	0.219	0.117	0.092

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 45.** Gráfica de medias para contenido de pH en *Alnus* y *S. citrea* (harina con extractos).

### 8.2.6 pH en harina sin extractos para *Alnus* y *S. citrea*

El análisis de varianza (Anova) para el valor del contenido de pH de la harina de las diferentes zonas (madera y corteza), de las diferentes especies *Alnus acuminata*, *A.jorullensis*, y *Simplocos citrea*, esto después de la extracción con solventes aparece en el cuadro 42, e indica que el valor de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos y sus interacciones, tanto de especie como de zona, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza ya que sí existen diferencias entre zonas y especies. El cuadro 43 y la figura 46 muestran dichos resultados.

**Cuadro 42.** Anova para contenido de pH en *Alnus* y *S. citrea* (harina sin extractos).

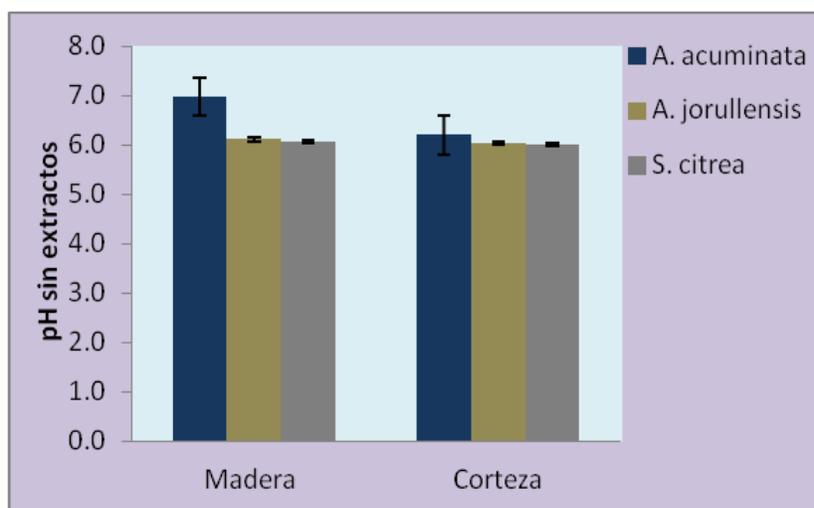
Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	466.0040	1	466.0040	256516.0	0.0000
Especie	0.7736	2	0.3868	212.9	0.0000
Zona	0.2821	1	0.2821	155.3	0.0000
Especie*Zona	0.3361	2	0.1681	92.5	0.0000
Error	0.0109	6	0.0018		

**Cuadro 43.** Valores medios de contenido de pH para *Alnus* y *S. citrea* (harina sin extractos)

	<i>A. acuminata</i>	<i>A. jorullensis</i>	<i>S. citrea</i>
Madera	6.98 <b>a</b>	6.11 <b>b</b>	6.06 <b>b</b>
Corteza	6.20 <b>b</b>	6.04 <b>b</b>	6.00 <b>b</b>
Promedio	6.59 <b>a</b>	6.07 <b>b</b>	6.03 <b>b</b>
C.V. (%)	6.835	0.788	1.11
Dev. std	0.45	0.047	0.067
Error std	0.225	0.024	0.033

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 46.** Gráfica de medias para contenido de pH en *Alnus* y *S. citrea* (harina sin extractos).

### 8.2.7 Extraíbles en *Alnus* y *S. citrea*

En el cuadro 44 aparece el análisis de varianza (Anova) para el valor del contenido total de extractos de la harina de las diferentes zonas (madera y corteza), de las especies *Alnus acuminata*, *A. jorullensis*, y *Simplocos citrea*, obtenidos por extracción sucesiva con solventes orgánicos y agua, e indica que el valor de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos, tanto de especie como de zona, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula respectiva se rechaza ya que sí existen diferencias entre zonas y especies. El cuadro 45 y la figura 47 muestran dichos resultados.

**Cuadro 44.** Anova para contenido de extraíbles en *Alnus* y *S. citrea*.

Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1066.755	1	1066.755	92904.75	0.0000
Especie	50.842	2	25.421	2213.92	0.0000
Zona	318.671	1	318.671	27753.41	0.0000
Solvente	316.836	3	105.612	9197.84	0.0000
Especie*Zona	23.799	2	11.899	1036.33	0.0000
Especie*Solvente	150.822	6	25.137	2189.21	0.0000
Zona*Solvente	113.530	3	37.843	3295.82	0.0000
Especie*Zona*Solvente	125.841	6	20.973	1826.60	0.0000
Error	0.551	48	0.011		

**Cuadro 45.** Valores medios de contenido de extraíbles (%) para *Alnus* y *S. citrea*.

		<i>A. acuminata</i>	<i>A. jorullensis</i>	<i>S. citrea</i>
Ciclohexano	Madera	0.228 <b>a</b>	0.164 <b>a</b>	0.186 <b>a</b>
	Corteza	2.083 <b>b</b>	2.278 <b>b</b>	0.649 <b>f</b>
	Promedio	1.156 <b>c</b>	1.221 <b>c</b>	0.417 <b>b</b>
	C.V. (%)	88.02	94.83	61.00
	Dev. std	1.02	1.16	0.25
	Error std	0.42	0.47	0.1
Acetona	Madera	2.009 <b>b</b>	2.454 <b>d</b>	3.364 <b>e</b>
	Corteza	6.265 <b>e</b>	5.841 <b>e</b>	4.599 <b>d</b>
	Promedio	4.137 <b>f</b>	4.148 <b>f</b>	3.982 <b>h</b>
	C.V. (%)	56.35	44.73	17.63
	Dev. std	2.33	1.86	0.70
	Error std	0.95	0.76	0.29
Metanol	Madera	2.151 <b>b</b>	2.537 <b>d</b>	3.474 <b>e</b>
	Corteza	5.716 <b>e</b>	7.764 <b>h</b>	19.385 <b>q</b>
	Promedio	3.934 <b>f</b>	5.150 <b>r</b>	11.430 <b>s</b>
	C.V. (%)	49.78	55.59	76.25
	Dev. std	1.96	2.86	8.72
	Error std	0.8	1.17	3.56
Agua	Madera	1.528 <b>b</b>	1.421 <b>c</b>	1.423 <b>c</b>
	Corteza	4.966 <b>d</b>	4.758 <b>r</b>	7.126 <b>t</b>
	Promedio	3.248 <b>q</b>	3.089 <b>d</b>	4.274 <b>h</b>
	C.V. (%)	57.98	59.16	73.16
	Dev. std	1.880	1.83	3.12
	Error std	0.77	0.75	1.28

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.

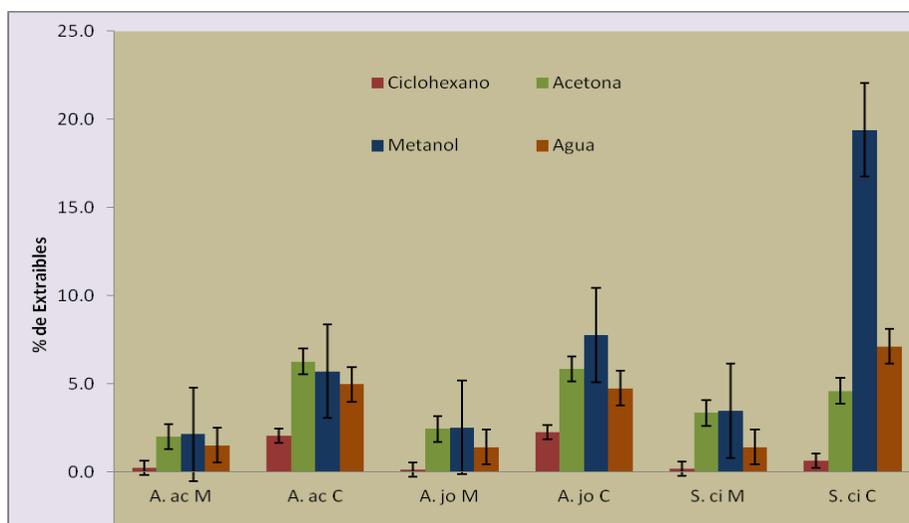


Figura 47. Gráfica de medias para contenido de Extraíbles en *Alnus* y *S. citrea*.

Donde:

Clave	Descripción	Clave	Descripción
A. ac M	<i>Alnus acuminata</i> , Madera	A. jo C	<i>Alnus jorullensis</i> , Corteza
A. ac C	<i>Alnus acuminata</i> , Corteza	S. ci M	<i>Simplocos citrea</i> , Madera
A. jo M	<i>A. jorullensis</i> , Madera	S. ci C	<i>Simplocos citrea</i> , Corteza

### 8.2.8 Lignina

En el cuadro 46 aparece el análisis de varianza (Anova) para el valor del contenido de lignina en harina de las diferentes zonas (madera y corteza), de las especies *Alnus acuminata*, *A. jorullensis*, y *Simplocos citrea*, después de la extracción con solventes orgánicos, e indica que el valor de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos y sus interacciones, tanto de especie como de zona, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula respectiva se rechaza ya que sí existen diferencias entre zonas y especies. El cuadro 47 y la figura 48 muestran dichos resultados en forma descriptiva.

**Cuadro 46.** Anova para contenido de lignina en *Alnus* y *S. citrea*.

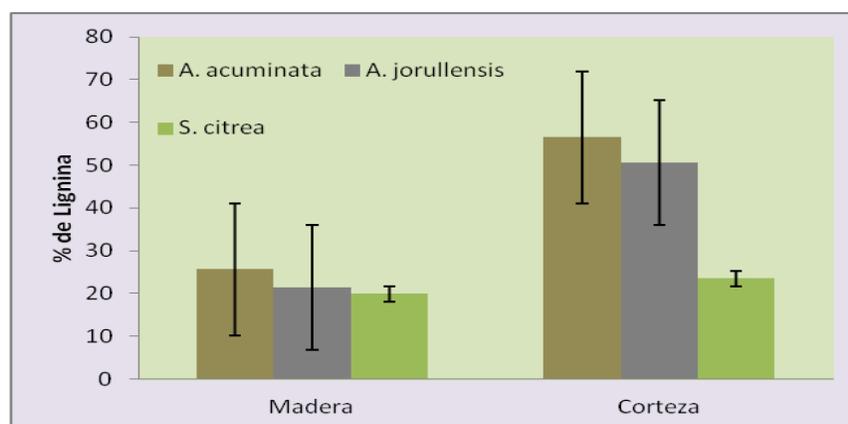
Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parameritización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	19522.84	1	19522.84	230047.0	0.0000
ESpecie	1216.62	2	608.31	7168.0	0.0000
Zona	2024.50	1	2024.50	23855.6	0.0000
ESpecie*Zona	701.39	2	350.70	4132.4	0.0000
Error	1.02	12	0.08		

**Cuadro 47.** Valores medios de contenido de lignina (%) para *Alnus* y *S. citrea*.

	<i>A. acuminata</i>	<i>A. jorullensis</i>	<i>S. citrea</i>
Madera	25.664 <b>a</b>	21.431 <b>b</b>	19.888 <b>b</b>
Corteza	56.510 <b>b</b>	50.636 <b>c</b>	23.468 <b>a</b>
Promedio	41.087 <b>c</b>	36.034 <b>a</b>	21.678 <b>b</b>
C.V. (%)	41.13	44.39	9.06
Dev. std	16.90	15.99	1.96
Error std	6.98	6.53	0.8

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 48.** Gráfica de medias para contenido de lignina en *Alnus* y *S. citrea*.

### 8.2.9 Holocelulosa

El análisis de varianza (Anova) para el valor del contenido de Holocelulosa en harina de las diferentes zonas (madera y corteza), de las especies *Alnus acuminata*, *A. jorullensis*, y *Simplocos citrea*, después de la extracción con solventes aparece en el cuadro 48, e indica que el valor de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos y sus interacciones, tanto de especie como de zona, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza ya que sí existen diferencias entre zonas y especies. El cuadro 49 y la figura 49 muestran dichos resultados obtenidos.

**Cuadro 48.** Anova para contenido de holocelulosa en *Alnus* y *S. citrea*.

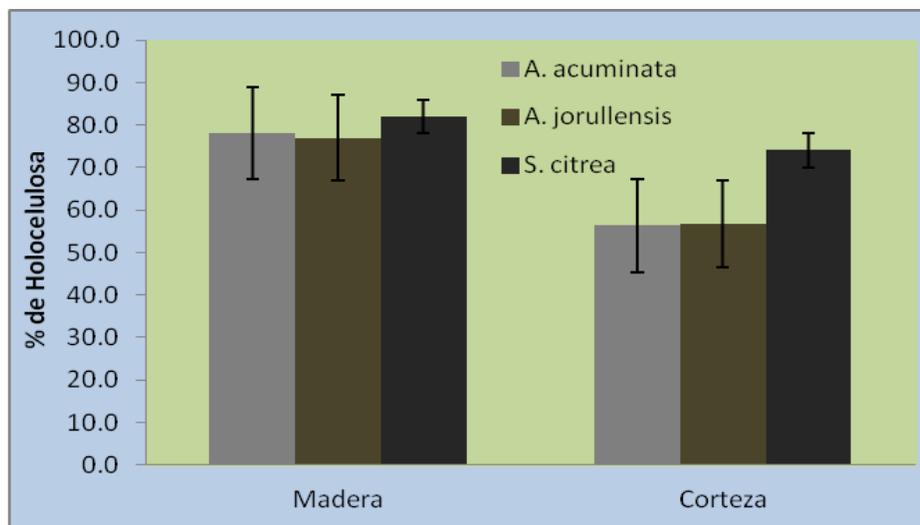
Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis					
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Effect					
Intercept	89970.28	1	89970.28	18381845	0.0000
Especie	483.53	2	241.76	49395	0.0000
Zona	1246.92	1	1246.92	254759	0.0000
Especie*Zona	171.74	2	85.87	17544	0.0000
Error	0.06	12	0.00		

**Cuadro 49.** Valores medios de holocelulosa (%) para *Alnus* y *S. citrea*.

	<i>A. acuminata</i>	<i>A. jorullensis</i>	<i>S. citrea</i>
Madera	78.142 a	76.919 a	82.004 b
Corteza	56.342 b	56.741 b	74.044 c
Promedio	67.241 c	66.830 c	78.024 a
C.V. (%)	17.75	16.53	5.58
Dev. std	11.94	11.05	4.36
Error std	4.87	4.51	1.78

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 49.** Gráfica de medias para contenido de holocelulosa en *Alnus* y *S. citrea*.

### 8.2.10 $\alpha$ -celulosa

En el cuadro 50 aparece el análisis de varianza (Anova) para el valor del contenido de  $\alpha$ -celulosa en harina de las diferentes zonas (madera y corteza), de las diferentes especies *Alnus acuminata*, *A. jorullensis*, y *Simplocos citrea*, después de haber obtenido celulosa, este cuadro indica que el valor de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos y sus interacciones, tanto de especie como de zona, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza ya que sí existen diferencias entre zonas y especies. El cuadro 51 y la figura 50 muestran dichos resultados.

**Cuadro 50.** Anova para contenido de  $\alpha$ -celulosa en *Alnus* y *S. citrea*.

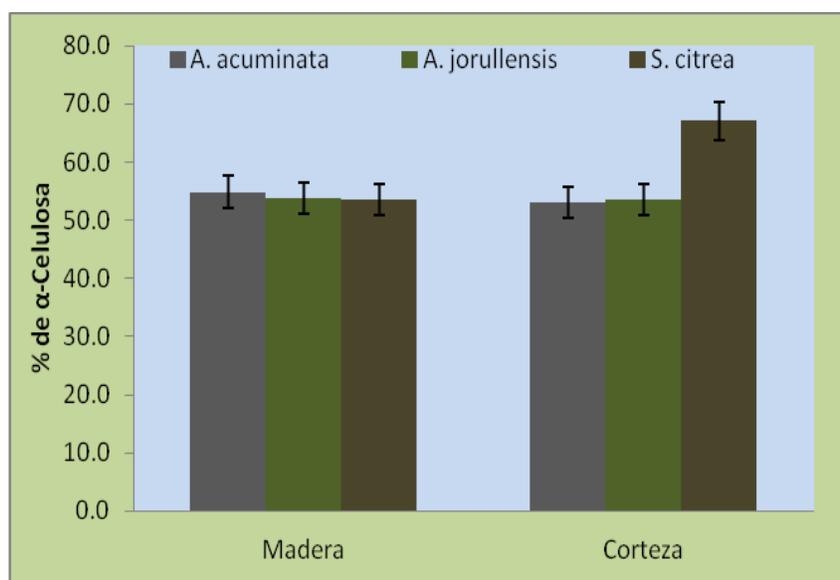
Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso					
Parametrización restringida-sigma					
Descomposición efectiva de hipótesis					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	56397.95	1	56397.95	2031812	0.0000
Especie	166.47	2	83.24	2999	0.0000
Zona	67.12	1	67.12	2418	0.0000
Especie*Zona	215.25	2	107.62	3877	0.0000
Error	0.33	12	0.03		

**Cuadro 51.** Valores medios de contenido de  $\alpha$ -celulosa (%) para *Alnus* y *S. citrea*.

	<i>A. acuminata</i>	<i>A. jorullensis</i>	<i>S. citrea</i>
Madera	54.861 a	53.793 a	53.478 a
Corteza	52.994 a	53.654 a	67.070 b
Promedio	53.927 a	53.723 a	60.274 c
C.V. (%)	1.92	0.27	12.35
Dev. std	1.03	0.14	7.44
Error std	0.42	0.06	3.03

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 50.** Gráfica de medias para contenido de  $\alpha$ -celulosa en *Alnus* y *S. citrea*.

### 8.2.11 Hemicelulosa

El análisis de varianza (Anova) para el valor del contenido de hemicelulosa en harina de las diferentes zonas (madera y corteza), de las diferentes especies *Alnus acuminata*, *A. jorullensis*, y *Simplocos citrea*, se determino por diferencia entre la obtención de Holocelulosa y  $\alpha$ -celulosa, aparece en el cuadro 52, e indica que el valor de significancia calculado (Valor-p) para ambos efectos y sus interacciones, tanto de especie como de zona, es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza ya que sí existen diferencias entre zonas y especies. El cuadro 53 y la figura 51 muestran dichos resultados.

**Cuadro 52.** Anova para contenido de hemicelulosa en *Alnus* y *S. citrea*.

Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3931.716	1	3931.716	71110.64	0.0000
Especie	79.874	2	39.937	722.32	0.0000
Zona	1913.194	1	1913.194	34602.81	0.0000
Especie*Zona	1.996	2	0.998	18.05	0.0002
Error	0.663	12	0.055		

**Cuadro 53.** Valores medios de contenido de hemicelulosa (%) para *Alnus* y *S. citrea*.

	<i>A. acuminata</i>	<i>A. jorullensis</i>	<i>S. citrea</i>
Madera	23.614 <b>a</b>	23.126 <b>a</b>	28.526 <b>b</b>
Corteza	3.347 <b>b</b>	3.087 <b>b</b>	6.974 <b>c</b>
Promedio	13.480 <b>c</b>	13.106 <b>c</b>	17.750 <b>d</b>
C.V. (%)	82.37	83.75	66.51
Dev. std	11.10	10.98	11.81
Error std	4.53	4.48	4.82

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.

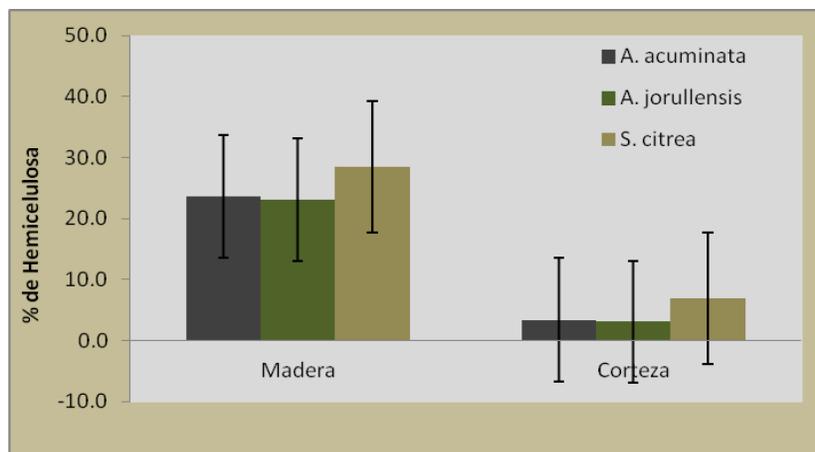


Figura 51. Gráfica de medias para contenido de hemicelulosa en *Alnus* y *S. citrea*.

### 8.2.12 Solubilidad a la sosa

El cuadro 54, muestra el análisis de varianza (Anova) para el valor del porcentaje de solubilidad a la sosa en harina de las diferentes zonas (madera y corteza), de las diferentes especies *Alnus acuminata*, *A. jorullensis*, y *Simplocos citrea*, e indica que el nivel de significancia calculado (Valor-p) es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza, lo que quiere decir que hay diferencias significativas en la solubilidad a la sosa, el cuadro 55 y la figura 52, muestran los resultados.

Cuadro 54. Anova para contenido de solubilidad a la sosa en *Alnus* y *S. citrea*.

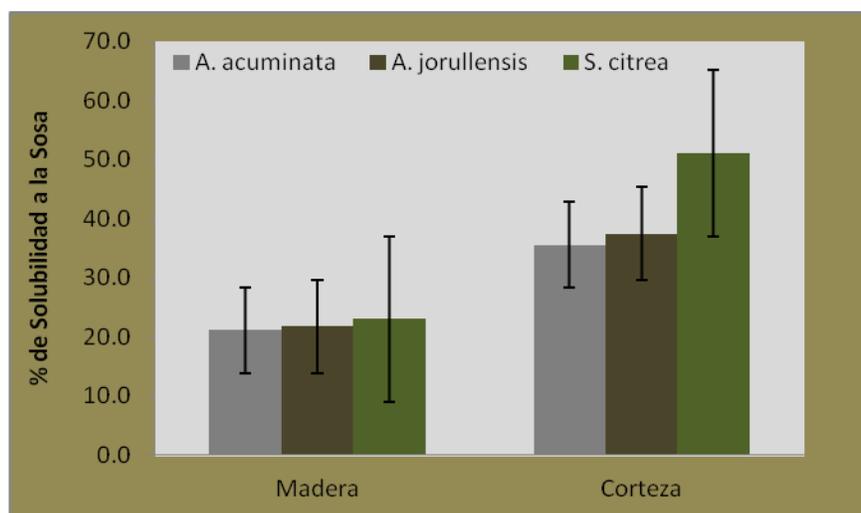
Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	18067.29	1	18067.29	253955.8	0.0000
Especie	265.65	2	132.83	1867.0	0.0000
Zona	1693.73	1	1693.73	23807.3	0.0000
Especie*Zona	168.80	2	84.40	1186.4	0.0000
Error	0.85	12	0.07		

**Cuadro 55.** Valores medios de contenido de solubilidad a la sosa (%) para *Alnus* y *S. citrea*.

	<i>A. acuminata</i>	<i>A. jorullensis</i>	<i>S. citrea</i>
Madera	21.150 <b>a</b>	21.743 <b>a</b>	23.052 <b>b</b>
Corteza	35.583 <b>b</b>	37.482 <b>c</b>	51.082 <b>a</b>
Promedio	28.366 <b>c</b>	29.612 <b>b</b>	37.067 <b>d</b>
C.V. (%)	27.87	29.14	41.42
Dev. std	7.90	8.63	15.35
Error std	3.23	3.52	6.26

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 52.** Gráfica de medias para solubilidad a la sosa en *Alnus* y *S. citrea*.

### 8.2.13.1 Extracto total

El cuadro 56 muestra el análisis de varianza (Anova) para el extracto total acuoso y etanólico, en harina de las diferentes zonas (madera y corteza), de las diferentes especies *Alnus acuminata*, *A. jorullensis*, y *Simplocos citrea*, indica que el nivel de significancia calculado (Valor-p) es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza, ya que si existen diferencias estadísticas, el cuadro 57 y la figura 53, muestran los resultados.

**Cuadro 56.** Anova para Extracto total en *Alnus* y *S. citrea*.

Effect	Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso Parametrización restringida-sigma Descomposición efectiva de hipótesis				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2166.627	1	2166.627	290772.0	0.0000
Especie	252.332	2	126.166	16932.1	0.0000
Zona	814.929	1	814.929	109367.5	0.0000
Extraccion	158.451	1	158.451	21264.9	0.0000
Especie*Zona	150.466	2	75.233	10096.7	0.0000
Especie*Extraccion	0.788	2	0.394	52.9	0.0000
Zona*Extraccion	45.158	1	45.158	6060.4	0.0000
Especie*Zona*Extraccion	0.347	2	0.173	23.3	0.0001
Error	0.089	12	0.007		

**Cuadro 57.** Valores medios de Extracto total (%)acuoso y etanólico para *Alnus* y *S. citrea*.

		<i>A. acuminata</i>	<i>A. jorullensis</i>	<i>S. citrea</i>
Extracción Acuosa	Madera	1.884 a	1.613 a	3.932 b
	Corteza	7.317 b	7.232 b	19.612 c
	Promedio	4.600 c	4.423 c	11.772 a
	C.V. (%)	68.18	73.34	76.90
	Dev. std	3.14	3.24	9.05
	Error std	1.56	1.62	4.52
	Extracción Etanólica	Madera	4.590 c	4.523 c
Corteza		15.430 d	15.084 d	27.295 e
Promedio		10.010 e	9.804 e	16.399 f
C.V. (%)		62.52	62.20	76.72
Dev. std		6.26	6.09	12.58
Error std		3.12	3.04	6.29

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.

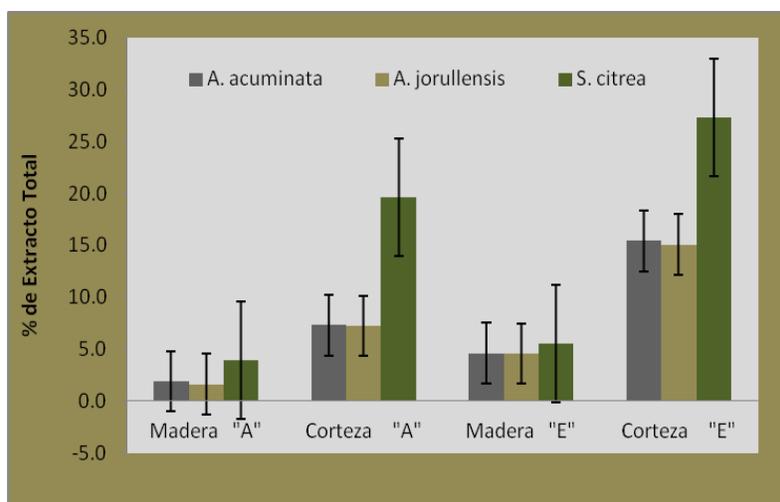


Figura 53. Gráfica de medias para Extracto total en *Alnus* y *S. citrea*.

Donde:

Clave	Descripción	Clave	Descripción
"A"	Extracto acuoso	"E"	Extracto Etanólico

### 7.2.13.2 Número Stiasny

El cuadro 58 muestra el análisis de varianza (Anova) para el extracto total acuoso y etanólico, en harina de las diferentes zonas (madera y corteza), de las diferentes especies *Alnus acuminata*, *A. jorullensis*, y *Simplocos citrea*, e indica que el nivel de significancia calculado (Valor-p) es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza, ya que si existen diferencias significativas. El cuadro 59 y la figura 54, muestran lo antes dicho.

Cuadro 58. Anova para No. Stiasny en *Alnus* y *S. citrea*.

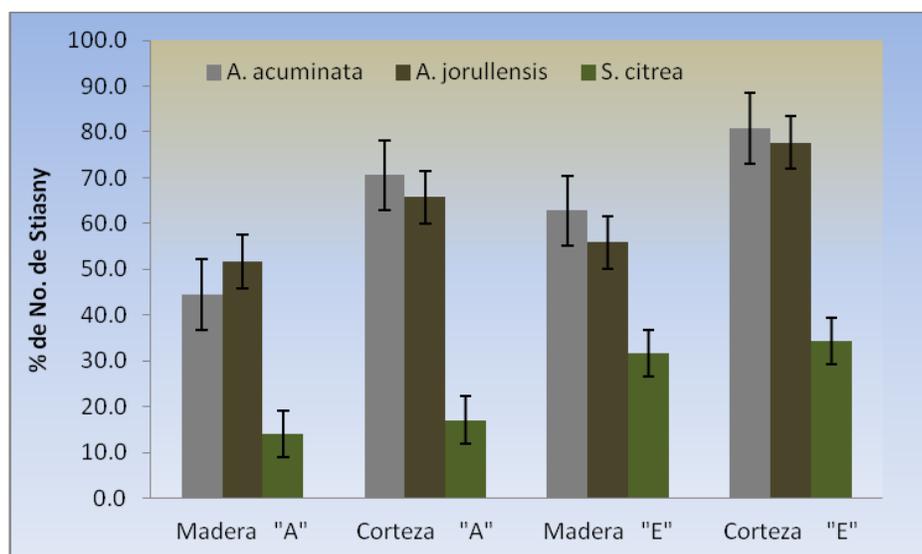
Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso					
Parametrización restringida-sigma					
Descomposición efectiva de hipótesis					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	61224.51	1	61224.51	65723.41	0.0000
Especie	8268.18	2	4134.09	4437.87	0.0000
Zona	1207.10	1	1207.10	1295.80	0.0000
Extraccion	573.01	1	573.01	615.11	0.0000
Especie*Zona	404.31	2	202.16	217.01	0.0000
Especie*Extraccion	191.75	2	95.87	102.92	0.0000
Zona*Extraccion	79.41	1	79.41	85.25	0.0000
Especie*Zona*Extraccion	357.86	2	178.93	192.08	0.0000
Error	11.18	12	0.93		

**Cuadro 59.** Valores medios de No. Stiasny (%)acuoso y etanólico para *Alnus* y *S. citrea*.

		<i>A. acuminata</i>	<i>A. jorullensis</i>	<i>S. citrea</i>
Extracción Acuosa	Madera	44.399 <b>a</b>	51.719 <b>b</b>	14.012 <b>c</b>
	Corteza	70.530 <b>b</b>	65.711 <b>c</b>	17.084 <b>d</b>
	Promedio	57.465 <b>d</b>	58.715 <b>d</b>	15.548 <b>a</b>
	C.V. (%)	26.27	13.80	11.43
	Dev. std	15.09	8.10	1.77
	Error std	7.54	4.05	0.88
	Extracción Etanólica	Madera	62.794 <b>c</b>	55.875 <b>a</b>
Corteza		80.802 <b>e</b>	77.712 <b>e</b>	34.348 <b>f</b>
Promedio		71.798 <b>b</b>	66.498 <b>c</b>	33.021 <b>e</b>
C.V. (%)		14.63	18.47	4.82
Dev. std		10.51	12.28	1.59
Error std		5.25	6.14	0.79

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.



**Figura 54.** Gráfica de medias para No. stiasny en *Alnus* y *S. citrea*.

Donde:

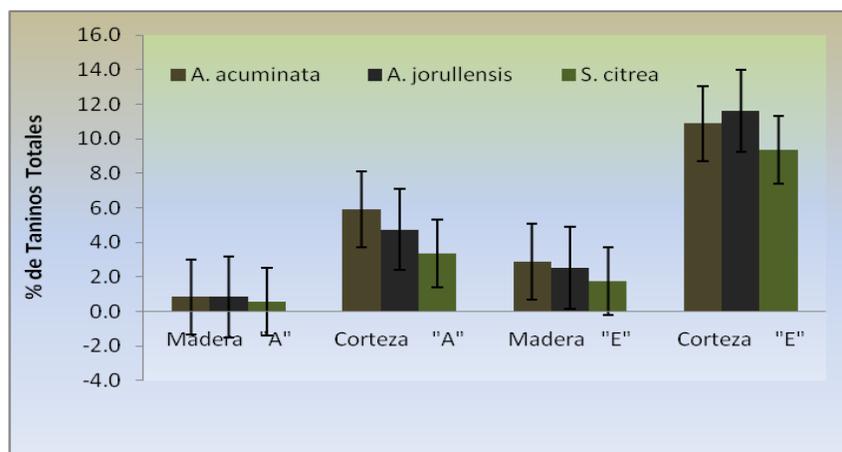
Clave	Descripción	Clave	Descripción
"A"	Extracto acuoso	"E"	Extracto Etanólico

### 8.2.13.3 Taninos

El análisis de varianza (Anova) para taninos tanto en extracto acuoso y etanolico, en harina de las diferentes zonas (madera y corteza), de las diferentes especies *Alnus acuminata*, *A. jorullensis*, y *Simplocos citrea*, se muestra en el cuadro 60, e indica que el nivel de significancia calculado (Valor-p) es menor a 0.05, por lo que la hipótesis nula se rechaza, ya que si existen diferencias estadísticas. La figura 55 y el cuadro 61, muestran lo antes dicho.

**Cuadro 60.** Anova para Taninos en *Alnus* y *S. citrea*.

Tabla de pruebas de significancia univariadas por caso					
Parameritización restringida-sigma					
Descomposición efectiva de hipótesis					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	509.3131	1	509.3131	186629.9	0.0000
Especie	8.8480	2	4.4240	1621.1	0.0000
Zona	222.4068	1	222.4068	81497.6	0.0000
Extraccion	86.6856	1	86.6856	31764.6	0.0000
Especie*Zona	2.2875	2	1.1437	419.1	0.0000
Especie*Extraccion	0.7173	2	0.3587	131.4	0.0000
Zona*Extraccion	27.9245	1	27.9245	10232.5	0.0000
Especie*Zona*Extraccion	1.4812	2	0.7406	271.4	0.0000
Error	0.0327	12	0.0027		



**Figura 55.** Gráfica de medias para Taninos en *Alnus* y *S. citrea*.

Donde:

Clave	Descripción	Clave	Descripción
"A"	Extracto acuoso	"E"	Extracto Etanólico

**Cuadro 61.** Valores medios de taninos totales (%) acuoso y etanólico en diferentes zonas de *Alnus* y *S. citrea*.

		<i>A. acuminata</i>	<i>A. jorullensis</i>	<i>S. citrea</i>
Extracción Acuosa	Madera	0.836 <b>a</b>	0.835 <b>a</b>	0.551 <b>b</b>
	Corteza	5.912 <b>b</b>	4.753 <b>c</b>	3.351 <b>a</b>
	Promedio	3.374 <b>d</b>	2.793 <b>d</b>	1.951 <b>c</b>
	C.V. (%)	86.87	80.98	82.85
	Dev. std	2.93	2.26	1.62
	Error std	1.46	1.13	0.8
Extracción Etanólica	Madera	2.882 <b>d</b>	2.527 <b>d</b>	1.744 <b>c</b>
	Corteza	10.882 <b>c</b>	11.633 <b>b</b>	9.375 <b>d</b>
	Promedio	6.882 <b>e</b>	7.080 <b>e</b>	5.559 <b>f</b>
	C.V. (%)	67.12	74.26	79.25
	Dev. std	4.62	5.26	4.40
	Error std	2.31	2.63	2.20

\*Las letras iguales en el sentido de columnas y renglones indican igualdad en los resultados.

\*Las letras diferentes en el sentido de columnas y renglones indican diferencia en los valores.

#### 8.2.13.4 Taninos hidrolizables

Los resultados de todas las pruebas realizadas en las diferentes zonas (madera y corteza), de las diferentes especies *Alnus acuminata*, *A. jorullensis*, y *Simplocos citrea*, fueron positivas, los resultados se muestran en el cuadro 62.

**Cuadro 62.** Coloraciones para Taninos Hidrolizables (acuoso y etanólico) en diferentes zonas de *Alnus* y *S. citrea*.

Especie	Zona	Ext. Acuoso	Ext. Etanólico
<i>A. acuminata</i>	Madera	Café-oscuro	Café-Morado
	Corteza	Morado-Negrusco	Café-oscuro
<i>A. jorullensis</i>	Madera	Café- Amarillo	Azul-Violáceo
	Corteza	Azul-Violeta	Café-Azulado
<i>S. citrea</i>	Madera	Amarillo- Verdoso	Amarillo-Azulado
	Corteza	Azul-Negrusco	Café-Morado

## 9. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 9.1 DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL GÉNERO *Quercus*.

#### 9.1.1 Densidad

La densidad básica es el indicador más usado para determinar el rendimiento y la calidad de la madera (Dickson y Walter, 1997), se considera la característica que mayor información aporta sobre la calidad de la madera, ya que existe una buena relación entre ella y la mayoría de las características físico-mecánicas (Gutiérrez y Plaza, 1967). La densidad encontrada en las diferentes especies de *Quercus* fue de: 707.65 Kg/m<sup>3</sup> para *Q. candicans*, 664.73 Kg/m<sup>3</sup> para *Q. laurina*, y de 543.5 Kg/m<sup>3</sup> para *Q. rugosa*. En el Cuadro 4, se puede observar que el valor correspondiente a cada especie es diferente entre ellas mismas, y no por ser del mismo género tiene que ser igual, pero si es posible una relación cercana. Los valores obtenidos como resultado, fueron comparados con los reportados por Sotomayor (2008), que obtuvo 730 Kg/m<sup>3</sup> para *Q. candicans*, 660 Kg/m<sup>3</sup> para *Q. laurina* y 580 Kg/m<sup>3</sup> para *Q. rugosa*, por lo tanto la madera de estos *Quercus* se clasifica de media (401 a 600 Kg/m<sup>3</sup>) a alta (601 a 800 Kg/m<sup>3</sup>).

#### 9.1.2 Poder calorífico

Los valores promedio caloríficos obtenidos por el análisis calorimétrico reportan para *Q. candicans* 4216.17 cal/g, *Q. laurina* 4267.29 cal/g, lo cual las hace poseedoras del valor más alto, la especie que presentó un valor más bajo fue *Q. rugosa* 4048.97 cal/g. Camps y Marcos (2002), presentan valores de poder calorífico de algunas especies forestales, entre ellas algunas del género *Quercus* para las cuales reporta rangos de 23.27 MJ/Kg (5559.27 cal/g) a 13.83 MJ/Kg (3304.03 cal/g). En el Cuadro 6 y la figura 27, se puede observar claramente que el mayor poder calorífico se presentó en lignina para las tres especies y en sus diferentes zonas, encontrando como valor máximo 5693.94 cal/g y como valor mínimo 5366.75 cal/g pertenecientes a la corteza y duramen de *Q. candicans*, respectivamente se observa que los valores obtenidos tanto en material con

extractos como en material libres de extractos no hay diferencia estadística significativa ya que los valores reportados oscilan dentro de un rango de 3745.209 cal/g a 4281.205 cal/g y son muy cercanos entre las diferentes zonas de las especies estudiadas, mas sin embargo se aprecia que los valores más bajos se presentan en material de holocelulosa donde se reporta de 3397.375 cal/g a 3902.798 cal/g.

### 9.1.3 Contenido de cenizas

Los valores obtenidos correspondientes para el % de cenizas fueron diferentes para cada zona de las diferentes especies de *Quercus* estudiadas, muestran que en la corteza se presenta mayor contenido de cenizas, con rango de 0.62% a 0.94% para la zona duramen, y de 0.49% a 0.77% para la zona albura, Kollmann (1959), afirma que para maderas de latifoliadas de clima templado el contenido de cenizas se encuentra de 0.1 a 1.0%, por lo que los resultados coinciden con los resultados mencionados. En el Cuadro 8 podemos observar que el valor de cenizas de 2.35% es para la corteza de *Q. candicans*, 3.25% para la corteza de *Q. laurina* y 9.26% corresponde a la corteza de *Q. rugosa*, siendo este el valor más alto de los obtenidos para este ensayo, el amplio rango refleja la variabilidad natural existente en este material lignocelulosico. Gil (1995), menciona que para las plantas superiores pueden existir notables diferencias entre los grupos encontrándose valores de 3% a 5% y hasta de un 20% de cenizas. Esta diferencia fue observada en los resultados aquí obtenidos para la corteza de *Q. rugosa*. Las cenizas promedio obtenidas fueron, para *Q. candicans* 1.28%, para *Q. laurina* 1.49% y para *Q. rugosa* 3.55%.

### 9.1.4 Análisis de cenizas

El resultado del análisis de las cenizas de las muestras de las diferentes zonas de las especies de *Quercus*, Cuadro 9, refleja la típica presencia de elementos químicos. Es conocido que, sobre todo Calcio, Potasio y Magnesio son elementos

nutritivos de las plantas, Fengel y Wegener (1983), mencionan que al igual el Manganeso, Sodio, Cloro, y así como Fosforo, y trazas de otros elementos como Aluminio, Hierro y Zinc, también aportan ciertos nutrientes al crecimiento de las plantas. Rutiaga (2001), presentó el análisis de minerales para *Quercus laurina* (albura: K, Ca, P, Mg; y en duramen: Ca, K, Mg, P, S), similares al del presente estudio.

### 9.1.5 pH

El pH promedio encontrado en la madera con extractos se observa en el Cuadro 11, para la zona del duramen varió de 5.08 a 4.54, para la zona de albura, se obtuvo de 5.12 a 4.95, en lo que respecta a la corteza es de 5.42 a 4.91. En general se deduce que los valores encontrados en las diferentes zonas son clasificados como “ligeramente ácidos” ya que están dentro de un rango de 4 a 6, según datos reportados por Kollman (1936). Es conocido que el valor del pH esta por la cantidad y tipo de sustancias extraíbles presentes en una muestra de madera, concretamente por la presencia de ácidos libres y grupos ácidos, según Fengel y Wegener (1983).

Volz (1971), reporta para una especie del género *Quercus* pH de 4.2. Rutiaga (2001) reporta pH de 4.6 para *Quercus laurina* y de 5.6 para duramen de *Quercus candicans*. Con lo cual se compara que los valores obtenidos oscilan alrededor de otros reportados para el mismo género.

Después de las extracciones se volvió a tomar la lectura de pH correspondiente para cada zona diferente de las especies lo cual se observa en el Cuadro 13. Existen diferencias significativas entre el pH “libre de extractos” y la zona de cada especie como se aprecia en la Figura 31, teniendo para duramen 5.90 en *Q. candicans*, 5.68 para *Q. laurina* y 5.03 para *Q. rugosa*, mientras para albura se tiene 5.61 para *Q. candicans*, 5.89 para *Q. laurina* y 5.40 para *Q. rugosa*. En tanto que para corteza se obtuvo 5.97 para *Q. candicans*, 5.63 para *Q. laurina*, y 5.60 para *Q. rugosa*, lo cual deduce que los valores del material “libre de extractos”

comparados con los tomados inicialmente antes de las extracciones con solventes, son menos ácidos, se comprueba entonces que las sustancias extraíbles si influyen en el valor del pH.

### 9.1.6 Extraíbles

Los resultados de las diferentes extracciones en las zonas de las especies aparecen en el Cuadro 15, donde se observa el % de las extracciones con solventes de polaridad ascendente (ciclohexano, acetona, metanol y agua). En la figura 32 se observa que la mayor solubilidad para las diferentes zonas y especies es con Metanol, seguido por Acetona, posteriormente con Agua y finalmente con Ciclohexano. Mediante una extracción sucesiva con estos solventes de polaridad ascendente, se logra en general una mejor separación de los solubles de la madera en clases o tipos de sustancias (Hillis, 1971; Fengel, Weneger 1983). Los valores que a continuación se mencionan son los obtenidos para cada zona con la suma de extractos con los diferentes solventes, de las diferentes especies de *Quercus* estudiadas, teniendo para duramen 9.025% en *Q. candicans*, 8.49% en *Q. laurina* y 17.44% en *Q. rugosa*, mientras que en albura existe un 8.55% en *Q. candicans*, 6.94% en *Q. laurina* y 9.94% en *Q. rugosa*, y finalmente en lo que respecta para las cortezas se obtuvo un 11.96% en *Q. candicans*, 13.05% en *Q. laurina*, y 17.24% en *Q. rugosa*. Honorato y Hernández (1999) reportan contenido de extraíbles para el género *Quercus* de 2.79% a 7.21% con solventes orgánicos. Los valores obtenidos en las cortezas de las especies resultan ser muy superiores a los de la madera dejando de manifiesto que existe mayor cantidad de extractos en corteza como lo indica Fengel y Weneger (1983).

Las comparaciones efectuadas con lo que indica la literatura no son fáciles de realizar, ya que la toma de muestras no siempre esta estandarizada y se extrae normalmente con otros solventes y diferentes métodos de extracción y secuencia de extracción, por otro lado, se debe de considerar que en el rendimiento de los extraíbles influyen factores como los ambientales y genéticos, la edad del árbol, el clima, cantidad de agua suministrada, nutrientes disponibles y la época de corta

(Hillis, 1971; Shiraishi *et al.* 1991). En promedio el total de extraíbles es de 9.84% para *Q. candicans*, de 9.50% para *Q. laurina* y de 14.88% para *Q. rugosa*, coincidiendo que la última especie mencionada es la que más porcentaje de extraíbles concentra.

### 9.1.7 Lignina

La cantidad de lignina encontrada en las diferentes zonas de la especies *Quercus* analizadas, en duramen el valor mayor encontrado es de 19.638% y es para *Q.laurina*, mientras que para *Q.candicans* es de 16.446% y de 16.664 para *Q.rugosa*. En el Cuadro 16. El análisis de varianza indica que el nivel de significancia es menor a 0.05, es decir existen diferencias estadísticas entre la zona y las especie, tal y como se muestra en la figura 33. En el Cuadro 17, se observa que los valores para la zona de albura son de 18.93% para *Q. candicans*, de 14.67% para *Q. laurina* y de 18.84% para *Q. rugosa*, mencionando que en el cuadro los valores promedio correspondiente a cada zona, se hacen acompañar de una letra, la cual indica que la misma letra en sentido de columna o renglón da a conocer la igualdad entre diferentes cantidades, y las letras diferentes indica que los valores son totalmente diferentes. En lo que respecta a la zona de corteza se tiene 29.00% para *Q. candicans*, 34.69% para *Q. laurina* y 22.83% para *Q. rugosa*. Bautista y Honorato (2005) reportan para el género *Quercus* valores de 19.84% a 22.57%, lo cual está por debajo de los valores reportados en este trabajo, y a lo cual se hace mención de que si influye la edad de los arboles, en la figura 35 se puede ver con claridad que los valores obtenidos son totalmente diferentes.

### 9.1.8 Holocelulosa

El porcentaje Holocelulosa encontrado en las zonas de las especies de *Quercus* estudiadas es para la zona de duramen en *Q. candicans* un 86.34%, *Q. laurina* un 88.82%, y 90.72% para *Q.rugosa*. En el Cuadro 18 el análisis de varianza (Anova) indica que existe diferencia estadística entre los efectos analizados, lo cual

observamos en la figura 34, que los valores obtenidos para las diferentes zonas de las especies mencionadas anteriormente, se comportan de manera desigual entre ellas; en el cuadro 19 encontramos que para la zona de albura existe un 84.34% para *Q. candicans*, 84.92% para *Q. laurina* y 81.63% para *Q. rugosa*, mientras que en el mismo cuadro se encuentran los valores para las cortezas y para las cuales se obtuvo un 83.91% para *Q. candicans*, 81.93% para *Q. laurina* y 83.97% para *Q. rugosa*. Honorato (2002) reporta en general un rango de los valores de holocelulosa el cual va de 60% a 82% para algunos encinos mexicanos, a lo cual si se muestra el porcentaje de holocelulosa obtenido por especie, coincide cercanamente a los valores reportados y para lo cual se tiene que 84.86% para *Q. candicans*, 85.22% para *Q. laurina* y 85.44% para *Q. rugosa*.

#### 9.1.9 $\alpha$ -celulosa

De acuerdo con el cuadro 20 el análisis de varianza (Anova) existen diferencias estadísticas en el contenido de alfa-celulosa entre secciones de las especies de *Quercus* estudiadas. Para la zona de duramen se obtuvieron valores de contenido de alfa-celulosa, de 58.44% en *Q. candicans*, 55.55% para *Q. laurina*, y 66.12% en *Q. rugosa*, para la zona de albura se reporta un 62.44% en *Q. candicans*, 61.41% en *Q. laurina* y 62.57% en *Q. rugosa*, de igual manera para la zona de la corteza en los diferentes *Quercus* se tiene que un 62.15% para *Q. candicans*, 59.21% en *Q. laurina* y 42.32 en *Q. rugosa*. Honorato (2002), reporta de forma general el rango de 37% a 56% de contenido de alfa-celulosa para encinos mexicanos. Mientras que Rowell (1984), reporta un 49.2% para *Quercus rubra*. En la figura 35 y cuadro 21, se observa que en la zona albura los valores son aproximados y no hay mucha desigualdad, pero si analizamos en la zona de duramen y corteza, la especie que se comporta diferente es *Q. rugosa* la cual contiene mayor contenido de alfa-celulosa en el duramen pero menor en la corteza, esto a diferencia de *Q. candicans* y *Q. laurina*.

### 9.1.10 Hemicelulosa

Para los resultados de la obtención de hemicelulosa en las diferentes especies de *Quercus*, se observa en el cuadro 22 del análisis de varianza (Anova) que existen diferencias estadísticas entre las secciones estudiadas, en el cuadro 23, se reportan los valores que fueron obtenidos en esta investigación para lo que se tiene que en la zona duramen existe un 27.90% en *Q. candicans*, 33.26% en *Q. laurina* y 24.26% en *Q. rugosa*. Mientras que para la zona albura en ambas especies se llegó a obtener un 21.90% para *Q. candicans*, 23.51% para *Q. laurina* y 19.06% para *Q. rugosa*. Finalmente se hace mención a los valores correspondientes a la zona de corteza para lo que se tiene que existe un 22.04% en *Q. candicans*, 22.72% en *Q. laurina* y 41.65% en *Q. rugosa*, en la figura 36 se puede apreciar claramente los valores reportados. Mientras que Bautista y Honorato, (2005) menciona que el rango de celulosa para encinos mexicanos gira entre 22% a 30%. Si se comparan los datos con los valores reportados para encinos mexicanos, encontramos que estos valores están muy por debajo de los mencionados.

### 9.1.11 Solubilidad a la sosa

El porcentaje de material soluble en sosa al 1%, presentó valores diferentes para cada zona de las diferentes especies reportados en el cuadro 25 y gráficamente en la figura 37 del capítulo de resultados, teniendo para la zona de duramen 20.28% para *Q. candicans*, 20.95% para *Q. laurina* y 26.98% en *Q. rugosa*. Los valores para la zona albura vienen siendo más altos que en duramen para dos de las especies estudiadas, teniendo que 22.32% en *Q. candicans*, 21.07% en *Q. laurina* y 20.36% en *Q. rugosa*. Lo cierto es que los valores obtenidos en corteza fueron los más altos, para lo cual se tiene que existe un 26.03% en *Q. candicans*, un 25.25% en *Q. laurina* y un 27.78% en *Q. rugosa*. Rowell (1984) hace referencia de un estudio realizado a 241 especies de maderas templadas y tropicales, donde reporta un rango de 6% a 31%, encontrándose dentro de estos parámetros los datos obtenidos en este estudio.

## 9.1.12 DETERMINACION DE TANINOS

### 9.1.12.1 Extracto total

El porcentaje promedio para las diferentes zonas de las especies se reporta en el cuadro 27, donde se especifican los valores resultantes con una extracción acuosa y comparándose con un extracción etanólica al 50%, donde claramente se observa que con una solución etanólica la cantidad de extractos tánicos es casi el doble a los obtenidos con una solución acuosa al 100%. En el cuadro 26 del análisis de varianza (Anova) indica que los valores de los diferentes efectos son diferentes y por lo cual existen diferencias significativas en los resultados, los valores obtenidos en este estudio son en promedio para cada especie para *Q. candicans* de 4.18% en extracción acuosa y de 7.51% en extracción etanólica; mientras que para *Q. laurina* 4.32% en extracción acuosa y 7.22% con extracción etanólica; y finalmente para *Q. rugosa* se obtuvo un 5.75% con extracción acuosa y 13.24% con extracción etanólica, en la figura 38 se observan los valores gráficamente, donde es muy notable que los valores obtenidos con solución etanólica doblan el valor obtenido que con extracción acuosa, esto en cada una de las diferentes zonas de cada especie. Hillis (1987) menciona que los resultados pueden variar a los reportados en la literatura, ya que la cantidad de extractos en el árbol pueden verse influidas por diversos factores como, las condiciones climáticas, el tipo de suelo, la edad del árbol, las características genéticas, entre otras.

Una comparación se puede realizar con otras especies Colín (2005), reporta rendimientos del 11.2% y 18.7% para algunas especies de latifoliadas, de los datos obtenidos en este estudio se acercan los valores de las cortezas obtenidos con una extracción etanólica para lo que se tiene que existe un 9.91% en *Q. candicans*, un 9.62% en *Q. laurina* y 20.82% en *Q. rugosa*. Al igual que las consideraciones hechas por (Hillis, 1971), se debe de tomar en cuenta el tipo de extracción aplicada en los diferentes procesos de obtención de extracto total.

### 9.1.12.2 No. de Stiasny

En relación al porcentaje de taninos condensables presentes en el No. de Stiasny, el valor mayor lo reportan las cortezas en ambos tipos de extracción, pero si es más notable el rendimiento con la extracción etanólica, en el cuadro 29, se reportan los valores que corresponden a cada zona de las diferentes especies estudiadas, para analizar los rendimientos obtenidos con cada tipo de extracción utilizada en este estudio, se hace referencia a los valores promedios de cada especie teniendo un 27.23% con extracción acuosa y un 44.89% con extracción etanólica esto para la especie *Q. candicans*, 24.14% con extracción acuosa y 40.53% con extracción etanólica dichos valores corresponden a *Q. laurina*, y por ultimo tenemos que existe un 22.48% con extracción acuosa y un 27.95% con extracción etanólica para *Q. rugosa*. Colín (2005) reporta para algunas especies de latifoliadas un rango de rendimiento de 56.3% a 79.2%, de lo cual se concluye que los valores aquí reportados como promedio para cada especie están por debajo de los comparados, pero si los comparamos con los obtenidos a la zona de corteza y con la extracción etanólica se tiene que hay un 53.94% en *Q. candicans*, un 52.58% en *Q. laurina* y 55.17% en *Q. rugosa*, para lo cual se afirma que estos valores se aproximan a los reportados por Colín. Por otra parte Pedraza (2006) reporta valores que oscilan entre el rango de 29.09% y 33.36% para algunas especies de *Eucaliptos*.

### 9.1.12.3 Taninos

Para los valores promedio de contenido de Taninos, la corteza de *Q. rugosa* con una extracción etanólica es la que posee mayor contenido con un 11.69%, que comparada con los demás valores reportados es la que más sobresale con un alto valor, lo mencionado se puede observar en el cuadro 31 y en la figura 40. Enseguida se prosigue a la comparación de los promedios de taninos en cada una de las diferentes especies estudiadas con las diferentes extracciones, de lo que se tiene que para *Q. candicans* presenta un 1.29% con extracción acuosa y un 3.46% con extracción etanólica, mientras que para *Q. laurina* se reporta un 1.23% con

extracción acuosa y un 3.07% con extracción etanólica, y finalmente para *Q. rugosa* se reporta un valor de 1.22% con extracción acuosa y un 4.82% con extracción etanólica. Colín (2005) reporta valores dentro del rango de 5.2% a 14.4% para algunas latifoliadas, a lo que si comparamos los resultados promedio por especie obtenidos en este estudio, se deduce que la especie más cercana a dicho rango es sin duda *Q. rugosa*. Mientras que por otro lado Trugilho *et al.* (2003) reporta para cortezas de *Eucaliptos*, valores de 1.06% a 6.24%, a lo que se hace referencia que los valores reportados en este estudio para las zonas de corteza con extracción acuosa y corteza y duramen con extracción etanólica, están dentro del rango reportado para comparación.

#### 9.1.12.4 Taninos Hidrolizables.

Las tres zonas de las especies de *Quercus* en estudio, en cuanto a taninos hidrolizables presentaron coloraciones de pardas a muy fuertes tal y como se menciona en el cuadro 32, se dan en una escala de colores de amarillos a azules, siendo más intensas en duramen y corteza, lo que a diferencia de albura donde la coloración fue más tenue. La coloración nos indica la presencia de taninos hidrolizables aunque la cantidad se relaciona con el tipo de coloración, entre más fuerte es la coloración más concentración de taninos hidrolizables existe en la zona de la especie.

## 9.2 DISCUSIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS DEL GENERO *Alnus* y la Especie *Simplocos citrea* Lex.

### 9.2.1 Densidad

A diferencia de *S.citrea* se presentó una igualdad muy parecida entre los valores reportados para las especies del género *Alnus*, en el cuadro 33 de análisis de varianza (Anova), se acepta la hipótesis nula, en la cual nos dice que si existen diferencias significativas para la densidad determinada en la madera de las especies estudiadas, los valores que se reportan son 411.09 Kg/m<sup>3</sup> para *A. acuminata*, 401.71 Kg/m<sup>3</sup> para *A. jorullensis*, y 386.63 Kg/m<sup>3</sup> para *S. citrea*. En la figura 41, se refleja el comportamiento gráficamente de los valores obtenidos, así como en el cuadro 34 se presentan los valores obtenidos para cada especie. Sotomayor (2008), reporta para *Alnus acuminata* 430 Kg/m<sup>3</sup> y *Alnus jorullensis* 430 Kg/m<sup>3</sup> lo cual las clasifica como media (401 a 600 Kg/m<sup>3</sup>), en lo que respecta a *S. citrea* no se encontró densidad reportada en la bibliografía consultada, como ya se mencionó la densidad básica es el indicador más usado para determinar el rendimiento y la calidad de la madera según Dickson y Walter (1997), por otro lado Brown *et al.*, (1952) nos dice que la densidad de la madera puede variar considerablemente a lo largo del radio, es decir, de la medula a la corteza.

### 9.2.2 Poder calorífico

El máximo valor de poder calorífico se presenta en ambas especies pero en material de lignina, en el cuadro 35 del análisis de varianza nos indica que para el efecto zona se acepta la hipótesis nula, la cual nos dice que existen diferencias significativas, no obstante con ello también se deduce de que existen diferencias estadísticas en todos los efectos analizados, para lo cual se tiene que la especie que presenta mayor valor es *A. jorullensis* con un promedio de 4556.702 cal/g, y las de menor valor fueron *A. acuminata* con 4334.219 cal/g y *S. citrea* con 4171.716 cal/g. Estos datos son en material con extractos, en el cuadro 36 se observa que no hay gran diferencia en el material con extractos y libre de

extractos, mas sin embargo los valores más altos se presentan en material de lignina y los más bajos en material de holocelulosa, tal como se muestra en la figura 42, el valor calorífico depende mucho de la parte del árbol y de las especies, la FAO (1983) reporta que generalmente las coníferas tienen valor calorífico superior a las maderas duras o frondosas, con un rango que va de 17 a 23 MJ/Kg (4061.35 cal/g a 5494.77 cal/g); esto por la concentración de gomas y resinas, y con ello se afirma que es mayor su valor en la corteza que en la madera.

### 9.2.3 Contenido de cenizas

Los valores obtenidos correspondientes para el % de cenizas fueron diferentes para cada zona de las diferentes especies estudiadas, todas muestran que en la corteza se presenta mayor contenido de cenizas presentando 5.92% para *A. acuminata*, 3.35% para *A. jorullensis*, 4.16% para *S. citrea*. Mientras que para la madera se obtuvo 0.67% en *A. acuminata*, 0.54% en *A. jorullensis*, y 0.83% en *S. citrea*. El amplio rango refleja la variabilidad natural existente en este material lignocelulosico. Gil (1995), menciona que para las plantas superiores pueden existir notables diferencias entre los grupos, encontrándose valores de 3% a 5% y hasta de un 20% de cenizas. Esta diferencia fue observada en los resultados aquí obtenidos para las diferentes especies, puesto que se tiene un 3.29% para *A. acuminata*, 1.96% para *A. jorullensis* y 2.49% para *S. citrea*.

### 9.2.4 Análisis de cenizas

El resultado del análisis de las cenizas de las muestras de las diferentes zonas de las especies de *A. acuminata*, *A. jorullensis* y *S. citrea*, en el cuadro 39, donde se refleja la típica presencia de elementos químicos y la figura 44, imagen que corresponde a la madera de *A. acuminata* y la cual se observa la presencia de los elementos que aquí se mencionan y así como la cantidad que posee. Es conocido que, sobre todo Calcio, Potasio y Magnesio son elementos nutritivos de las

plantas, Fengel y Wegener (1983) mencionan que al igual el Manganese, Sodio, Cloro, y así como Fosforo, y trazas de otros elementos como Aluminio, Fierro y Zinc, también aportan ciertos nutrientes al crecimiento de las plantas, y según con Rutiaga (2001) reporta análisis de minerales para *Quercus laurina* (albura: K, Ca, P, Mg; y en duramen: Ca, K, Mg, P, S), muy similares al del presente estudio, teniendo presente que el bosque donde se colectaron estas especies fue la misma para los *Quercus*, es por ello que es el atrevimiento de hacer dicha comparación.

### 9.2.5 pH

El valor de pH encontrado en la madera con extractos se observa en cuadro 41, obteniéndose un rango de 4.82 a 6.57. De lo cual 6.57 corresponde a *A. acuminata*, 5.76 para *A. jorullensis*, y 4.82 para *S. citrea*, mientras que para las diferentes cortezas se reporta un rango de 5.82 a 5.14, en general se deduce que los valores encontrados en las diferentes zonas son clasificados como “ligeramente ácidos” ya que están dentro de un rango de 4 a 6, según datos reportados por Kollman (1936). Es conocido que el valor del pH esta por la cantidad y tipo de sustancias extraíbles presentes en una muestra de madera, concretamente por la presencia de ácidos libres y grupos ácidos, según Fengel y Wegener (1983).

Después de las extracciones se volvió a tomar la lectura de pH correspondiente para cada zona diferente de las especies lo cual se observa en el cuadro 42, del análisis de varianza (Anova) el cual indica que existen diferencias significativas entre el pH “libre de extractos” y la zona de cada especie como se aprecia en el cuadro 43 y figura 46. En promedio se reporta 6.59 en *A. acuminata*, 6.07 en *A. jorullensis* y 6.03 para *S. citrea*, en lo cual se deduce que los valores de material “libre de extractos” comparados con los tomados inicialmente antes de las extracciones con solventes, son menos ácidos, se comprueba entonces que las sustancias extraíbles si influyen en el valor del pH. Una comparación con algunos datos reportados para otras especies que se encuentran entre estos rangos es para cortezas de especies de *Eucaliptos*, las cuales reporta Pedraza (2006) en lo

cual se marca un rango de 4.7 a 4.9 ya que datos comparativos no fueron encontrados en literatura sobre estas especies que se estudiaron.

### 9.2.6 Extraíbles

Los resultados de las diferentes extracciones en las zonas de las especies, se dan a conocer en el cuadro 44 del análisis de varianza (Anova), el cual indica que en todos los efectos e iteraciones existen diferencias significativas, las extracciones con solventes de polaridad ascendente (ciclohexano, acetona, metanol y agua), en el cuadro 45 se observa que la mayor solubilidad para las diferentes zonas y especies se dio su mayoría seccional con Metanol, seguido por Acetona, posteriormente con Agua y finalmente con Ciclohexano. Mediante una extracción sucesiva con estos solventes de polaridad ascendente, se logra en general una mejor separación de los solubles de la madera en clases o tipos de sustancias (Hillis, 1971; Fengel, Wegener 1983). Los valores que a continuación se mencionan son los obtenidos para cada zona de las diferentes especies en suma de extractos con los diferentes solventes que se utilizaron en toda la corrida, teniendo que para *A. acuminata* se reporta 5.92% en madera y 19.03 en corteza, para *A. jorullensis* se obtuvo 6.58% en madera y 20.64% para corteza y finalmente para *S. citrea* se tiene un 8.45% en madera y 31.76% en corteza. Los valores obtenidos en las cortezas de las especies resultan ser muy superiores a los de la madera dejando de manifiesto que existe mayor cantidad de extractos en corteza como lo indican Fengel y Wegener (1983).

Hillis (1987) reporta valores de extracto en agua caliente para duramen de algunos *Eucaliptos*, dentro de un rango de 1.3% a 29.1%. Se debe de considerar que en el rendimiento de los extraíbles influyen factores como los ambientales y genéticos, la edad del árbol, el clima, cantidad de agua suministrada, nutrientes disponibles y la época de corta tal como lo afirma Hillis (1971) y Shiraishi *et al.* (1991).

### 9.2.7 Lignina

El porcentaje de lignina encontrada en las diferentes zonas de las especies analizadas, es muy variado para las zonas en las que se seccionó, en madera el valor más alto corresponde a *A. acuminata* con un 25.66%, en cuanto para *A. jorullensis* se reporta 21.43%, y para *S.citrea* 19.89%. Lo cual deja observar en el cuadro 47, donde se presentan los valores promedio para cada zona y promedio para cada especie, en cuanto a la zona de corteza el valor más alto corresponde a *A. acuminata* con un 56.51%, y 50.63% para *A. jorullensis*, valores muy distantes del valor mínimo encontrado en *S. citrea* de 23.47%. Fengel y Wegener (1983) reporta para la especie *Lophira alata* un valor de 39.8%, mientras que Akira *et al.* (2003), en su estudio reporta valores de lignina para *Eucaliptos* dentro de un rango de 27.13% a 34.65%, lo cual está muy por debajo de los valores reportados en este trabajo, y a lo cual se hace mención de que si influye la edad de los árboles, en la figura 48 se puede ver con claridad que los valores obtenidos son totalmente diferentes.

### 9.2.8 Holocelulosa

El porcentaje Holocelulosa encontrado en las zonas de las diferentes especies estudiadas, en madera se obtuvo 78.14% para *A. acuminata*, 76.92% para *A. jorullensis*, y 82.00% para *S. citrea*. En el cuadro 48 se muestra el análisis de varianza, el cual indica que existe diferencia significativa para los efectos zona-especie, en el cuadro 49 se muestran los diferentes valores obtenidos en relación al contenido de holocelulosa, para lo cual se tiene que los valores reportados para la zona corteza existe un 56.34% para *A. acuminata*, 56.74% para *A. jorullensis* y un 74.04% para *S. citrea*. Rowell (1984) reporta para algunas especies de *Eucaliptos*, valores dentro de un rango de 52.49% a 74%, con lo que se puede mencionar que los valores obtenidos son muy similares a los reportados en la literatura consultada y también refleja la variabilidad en la composición química de las maderas.

### 9.2.9 $\alpha$ -celulosa

De acuerdo con el cuadro 50 en el análisis de varianza (Anova) existen diferencias estadísticas en el contenido de alfa-celulosa entre secciones de las especies estudiadas, para la zona de madera se obtiene un rendimiento 54.86% para *A. acuminata*, 53.79% para *A. jorullensis* y 53.48% en *S. citrea*. Mientras que para la zona de corteza se obtuvo un rango de 52.99% a 67.07%. En base a los resultados, se menciona que son muy semejantes a los obtenidos en *Quercus*, los cuales se estudiaron en este mismo trabajo, y para lo cual se tomara como referencia de comparación lo reportado por Rowell (1984), quien obtuvo un 49.2% para *Quercus rubra*. Por otro lado Campbell *et al.* (1990) reporta para un rango de 46% a 53% para algunas maderas americanas, a lo cual se afirma que los valores obtenidos en este trabajo coinciden en su mayoría.

### 9.2.10 Hemicelulosa

Para los resultados de la obtención de hemicelulosa en las diferentes especies estudiadas, se observa en el cuadro 52 del análisis de varianza (Anova) que existen diferencias estadísticas entre los diferentes efectos realizados, en el cuadro 53 se reportan los valores que fueron obtenidos en esta investigación para lo que se tiene que en la zona madera existe un 23.61% para *A. acuminata*, 23.13% en *A. jorullensis*, lo cual refleja la igualdad de concentración de celulosa, que a diferencia de *S. citrea* con 28.52%, hace que sobresalga con un mayor contenido, lo cual se observa en la figura 51, lo que corresponde a la zona corteza, se tienen valores muy bajos, se obtuvo 3.35% en *A. acuminata*, 3.09% en *A. jorullensis* y 6.97% en *S. citrea*. Bland (1985) reporto para algunas especies de *Eucaliptos*, valores dentro de un rango de 21.6% a 34.8%, con lo que se puede mencionar que los valores obtenidos son muy similares a los reportados en la literatura consultada y con lo cual se refleja la variabilidad en la composición química de las maderas.

### 9.2.11 Solubilidad a la sosa

El porcentaje de material soluble en sosa al 1%, reporto valores diferentes para cada zona de las diferentes especies reportados en el cuadro 55 y gráficamente en la figura 52 del capítulo de resultados, teniendo para la zona de madera 21.15% en *A. acuminata*, 21.74% en *A. jorullensis* y 23.95% en *S. citrea*. Mientras que en la zona corteza de las mismas especies se obtuvieron valores desde 35% hasta 51%. La prueba de análisis de varianza (Anova) (cuadro 54), indica que existe diferencia estadística en los diferentes efectos de zona y especie, para comparar los resultados obtenidos, Rowell (1984) hace referencia de un estudio realizado a 241 especies de maderas templadas y tropicales, donde reporta un rango de 6% a 31%, encontrándose dentro de estos parámetros los datos obtenidos en este estudio.

### 9.2.12 DETERMINACION DE TANINOS

#### 9.2.12.1 Extracto total

El porcentaje promedio para las diferentes zonas de las especies se reporta en el cuadro 57, donde se especifican los valores resultantes con una extracción acuosa y comparándose con un extracción etanolica al 50%, donde claramente se observa que con una solución etanolica la cantidad de extractos tánicos es casi el doble a los obtenidos con una solución acuosa al 100%. En el cuadro 56 del análisis de varianza (Anova) indica que los valores de los diferentes efectos son diferentes y por lo cual existen diferencias significativas en los resultados, los valores obtenidos en este estudio son en promedio para cada especie para *A. acuminata* de 4.6% en extracción acuosa y de 10.01% en extracción etanolica, 4.23% en extracción acuosa y 9.8% en extracción etanolica valores correspondientes a *A. jorullensis*, mientras que un 11.77% en extracción acuosa y 16.40% en extracción etanolica para *S. citrea*, en la figura 53 se observan los valores gráficamente, donde es muy notable que los valores obtenidos con solución etanolica doblan el valor obtenido con extracción acuosa, esto en cada una de la diferentes zonas de cada especie.

Una comparación se puede realizar con otras especies Colín (2005), reporta rendimientos del 11.2% y 18.7% para algunas especies de latifoliadas, de los datos obtenidos en este estudio se acercan los valores que se obtuvieron con la extracción etanólica, como también el valor promedio en especie y zona corteza de *S. citrea* con extracción acuosa, tomando en cuenta el tipo de extracción aplicada en los diferentes procesos de obtención de extracto total. Hillis (1987) nos recuerda que los resultados pueden variar a los reportados en la literatura, ya que hay que la cantidad de extractos en el árbol pueden verse influidas por diversos factores como, las condiciones climáticas, el tipo de suelo, la edad del árbol, las características genéticas, entre otras.

#### 9.2.12.2 No. de Stiasny

En relación al porcentaje de taninos condensables presentes en el No. de Stiasny, el valor mayor lo reportan las cortezas en ambos tipos de extracción, pero es más notable el rendimiento con la extracción etanólica, en el cuadro 59 se reportan los valores que corresponden a cada zona de las diferentes especies estudiadas, para analizar los rendimientos obtenidos con cada tipo de extracción utilizada en este estudio, se hará referencia a los valores promedios de cada especie teniendo un 57.47% con extracción acuosa y un 71.80% con extracción etanólica esto para la especie *A. acuminata*, 58.72% con extracción acuosa y 66.50% con extracción etanólica dichos valores corresponden a *A. jorullensis* y mientras que un 15.55% con extracción acuosa y un 33.02% con extracción etanólica para *S. citrea*. Colín (2005) reporta para algunas especies de latifoliadas un rango de rendimiento de 56.3% a 79.2% , de lo cual se afirma que los valores aquí reportados como promedio para cada especie están dentro del rango de los comparados a excepción de *S. citrea* la cual se encuentra por debajo de los comparados. Por otra parte Pedraza ( 2006), reporta valores que oscilan entre el rango de 29.09% y 33.36% para algunas especies de *Eucaliptos*, los cuales coinciden con los obtenidos en este estudio para *S. citrea*.

### 9.2.12.3 Taninos

Para los valores promedio de contenido de Taninos, observamos en el cuadro 60 del análisis de varianza se afirma que existen diferencias significativas en todos los efectos, los valores obtenidos se reportan en el cuadro 61 del capítulo de resultados en este trabajo, teniendo como valores promedio de 3.37% con extracción acuosa y 6.88% con extracción etanólica, valores correspondientes a *A. acuminata*, teniendo un 2.79% con extracción acuosa y 7.08% con extracción etanólica, que son los valores correspondientes a *A. jorullensis*, cuando para *S. citrea* se obtuvo 1.95% con extracción acuosa y 5.56% con extracción etanólica. Para hacer mención a los valores más altos que se obtuvieron en este caso fue con extracción etanólica y corresponden a las diferentes cortezas de las especies, un 10.88% en *A. acuminata*, 11.63% para *A. jorullensis* y 9.37% en *S. citrea*. Colín (2005) reporta valores dentro del rango de 5.2% a 14.4% para algunas latifoliadas, a lo que los valores reportados en este estudio con extracción etanólica, tanto en promedio especie y corteza se asemejan en su totalidad con los comparados. Trugilho *et al.* (2003) reporta para cortezas de *Eucaliptos*, valores de 1.06% a 6.24%, a lo que se hace referencia que los valores reportados en este estudio para las zonas de corteza con extracción acuosa y madera con extracción etanólica, están dentro del rango reportado para comparación.

### 9.2.12.4 Taninos Hidrolizables

La presencia de taninos hidrolizables, tanto en madera como en la corteza de las especies estudiadas, en ambas especies se presentaron coloraciones desde coloraciones pardas a muy fuertes, en una escala de colores de amarillos a azules, siendo más intensas en corteza, lo que a diferencia de la madera, donde la coloración fue más tenue. La coloración nos indica la presencia de taninos hidrolizables aunque la cantidad se relaciona con el tipo de coloración, entre más fuerte es la coloración más concentración de taninos hidrolizables existe en la zona de la especie.

## 10. CONCLUSIONES

### 10.1. Para las maderas del género *Quercus*

- Se encontró que la densidad de la madera corresponde a la siguiente clasificación: *Q. candicans* (alta), *Q. laurina* (alta) y *Q. rugosa* (media).
- En relación al poder calorífico, se encontró lo siguiente; los valores obtenidos en el material original (duramen, albura y corteza), es decir, sin extraer, de las tres especies, resultaron ser estadísticamente iguales, a excepción del valor encontrado en corteza de *Q. rugosa*. El mismo esquema se detectó, en el material ya extraído y no se observó efecto de las sustancias extraíbles sobre el poder calorífico. En la lignina los valores encontrados fueron estadísticamente iguales en todas las maderas. Para la holocelulosa se encontró que todos los valores obtenidos en las muestras fueron estadísticamente iguales a excepción del valor obtenido en la corteza de *Q. rugosa*. En general se observó la siguiente tendencia en el poder calorífico: lignina > material original > material extraído > holocelulosa.
- Se encontraron diferencias estadísticas en el contenido de cenizas en las maderas estudiadas y en general se observó mayor concentración en corteza, seguido de duramen y albura.
- En relación al microanálisis se encontró variación en el total de elementos químicos detectados, observando que en general en todas las muestras los elementos químicos con mayor concentración fueron el Potasio y el Calcio.
- La corteza de *Q. candicans* resulto tener un pH más ácido a diferencia de las otras zonas estudiadas, y el valor más bajo se observó en el duramen de *Q. rugosa*, esto antes de la extracción con solventes. Posteriormente

después de haber realizado las extracciones, se observó que el valor más bajo se encontraba en duramen de *Q. rugosa*.

- De las diferentes especies, la que mayor porcentaje de sustancias extraíbles presentó fue *Q. rugosa*, se observa que los valores encontrados son tan iguales tanto en la zona de duramen como en corteza. En general se observó que para ambas especies la zona con mayor porcentaje de sustancias fue la corteza, seguido de duramen y albura.
- En relación al contenido de lignina, se encontraron diferencias estadísticas en las diferentes zonas de las maderas estudiadas, el mayor porcentaje se presentó en la corteza de *Q. laurina*, y el menor porcentaje se observó en la zona de la albura de la misma especie mencionada. En general se observó mayor contenido en las diferentes cortezas.
- En lo que corresponde al contenido de holocelulosa, se observaron diferencias estadísticas en las diferentes partes de las maderas estudiadas, el valor más alto se presenta en el duramen de *Q. rugosa*, mientras que el valor más bajo lo presentó la albura de la misma especie mencionada. De manera general se observa que el mayor contenido existe en el duramen de las diferentes especies estudiadas.
- Se encontraron diferencias estadísticas en el contenido de  $\alpha$ -celulosa de las diferentes zonas de las especies estudiadas, observando que el mayor contenido se encontró en el duramen de *Q. rugosa*, así como también el menor contenido se presentó en la corteza de la misma especie mencionada. De manera general en las especies estudiadas, se observa que el mayor contenido se presenta en albura a excepción de *Q. rugosa*.
- En relación al contenido de hemicelulosa, se encontraron diferencias estadísticas en las diferentes zonas de las especies estudiadas, el mayor

porcentaje se presentó en la corteza de *Q. rugosa*, y el menor porcentaje se observó en la zona de la albura de la misma especie mencionada. En general se observó que el mayor contenido se presenta en el duramen a excepción de *Q. rugosa*.

- En lo correspondiente al material soluble en sosa, se observaron diferencias estadísticas en las diferentes partes de las especies estudiadas, el valor más alto se presentó en la corteza de *Q. rugosa*, mientras que el valor más bajo lo presentó el duramen de *Q. candicans*. De manera general se observa que la mayor solubilidad se presentó en duramen y corteza de *Q. rugosa* y en la albura de *Q. candicans*.
- La evaluación de taninos a nivel laboratorio reportó que para Extracto total se observaron diferencias estadísticas a los resultados obtenidos con los dos tipos de extracciones aplicados, siendo más efectiva la extracción etanólica que la extracción acuosa, en el rendimiento obtenido. Para la extracción acuosa se observa que el valor mayor se encontró en el duramen de *Q. rugosa*, y el valor más bajo se reflejó en la albura de *Q. laurina*. Para la extracción etanólica se observó que el valor más alto se encontró en la corteza de *Q. rugosa*, mientras el valor más bajo se observó en la albura de *Q. laurina*, de lo cual se aprecia la coincidencia que el valor más bajo se presentó en la albura de *Q. laurina* empleando ambos tipos de extracción. En general se observó que para las diferentes especies el valor más bajo se presentó en la zona de la albura, y que por tanto, la secuencia fue: corteza > duramen > albura, esto último en relación con la extracción etanólica.
- Para el No. de Stiasny, se observaron diferencias estadísticas a los resultados obtenidos tanto con extracción etanólica y con extracción acuosa. Observando que para la extracción acuosa el valor mayor se

encontró en la corteza de *Q. rugosa*, y el valor más bajo se encontró en la albura de la misma especie. Para la extracción etanólica se observó que el valor más alto se encontró en la corteza de *Q. rugosa*, mientras el valor más bajo se observó en la albura de la misma especie, de lo que se observó que con ambos tipos de extracción y que en las mismas zonas de la misma especie coincide tanto el valor más bajo como el valor más alto. En general se observó que para las diferentes especies el valor más bajo se presento en la zona de la albura y los más altos en las cortezas, y que por tanto, la secuencia fue: corteza > duramen > albura, en relación a lo obtenido con la extracción etanólica.

- Se encontraron diferencias estadísticas en el contenido de taninos de las diferentes especies estudiadas, el valor más alto se presentó en la corteza de *Q. rugosa* y fue posible su obtención con la extracción etanólica. En general los valores más altos se observaron en las cortezas, y claramente se noto que con la extracción etanólica, se obtiene hasta tres veces más que con la extracción acuosa.
- Todas las muestras indicaron la presencia de taninos hidrolizables, siendo menor la coloración en la zona albura y mayor en corteza y duramen, de las especies estudiadas.

## 10.2. Para las maderas del género *Alnus* y *S. citrea*

- Se encontró que la densidad de la madera corresponde a la siguiente clasificación: *A. acuminata* (media), *A. jorullensis* (media) y *S. citrea* (media).
- En relación al poder calorífico, se encontró lo siguiente; los valores obtenidos en el material original (madera y corteza), es decir, sin extraer, de las tres especies, resultaron ser estadísticamente iguales, a excepción del valor encontrado en corteza de *A. jorullensis* y *S. citrea*. El mismo esquema se detectó, en el material ya extraído y no se observó gran efecto de las sustancias extraíbles sobre el poder calorífico. En la lignina los valores encontrados fueron estadísticamente diferentes en todas las maderas y los más altos a diferencia de las demás determinaciones. Para la holocelulosa se encontró que todos los valores obtenidos en las muestras fueron estadísticamente iguales a excepción del valor obtenido en la corteza de *A. jorullensis*. En general se observó la siguiente tendencia en el poder calorífico: lignina > material original > material extraído > holocelulosa.
- Se encontraron diferencias estadísticas en el contenido de cenizas en las maderas estudiadas y en general se observó mayor concentración en corteza, seguido de la madera.
- En relación al microanálisis se encontró variación en el total de elementos químicos detectados, observando que en general en todas las muestras los elementos químicos con mayor concentración fueron el Potasio y el Calcio.
- Se encontraron diferencias estadísticas en relación al pH, la madera de *A. acuminata*, resultó ser más ácido a diferencia de las otras zonas estudiadas, y el valor más bajo se observó en la madera de *S. citrea*, esto antes de la extracción con solventes. Posteriormente después de haber

realizado las extracciones, se observó que no hubo diferencias estadísticas a excepción de la madera de *A. acuminata*.

- De las diferentes especies, la que mayor porcentaje de sustancias extraíbles presento fue *S. citrea*, se observó que los valores son muy semejantes en la madera usando el ciclohexanos como solvente. En general se observo que para ambas especies la zona con mayor porcentaje de sustancias fue la corteza.
- En relación al contenido de lignina, se encontraron diferencias estadísticas en las diferentes zonas de las maderas estudiadas, el mayor porcentaje se presentó en la corteza de *A. acuminata*, y el menor porcentaje se observó en la madera de *S. citrea*. En general se observó mayor contenido en las diferentes cortezas.
- En lo que corresponde al contenido de holocelulosa, se observó que existen diferencias estadísticas en las diferentes partes de las maderas estudiadas, el valor más alto se presenta en la madera de *S. citrea*, mientras que el valor más bajo lo presento la corteza de *A. acuminata*. De manera general se observó que los resultados de madera y corteza de *A. acuminata* y *A. jorullensis* son muy semejantes.
- En relación al contenido de  $\alpha$ -celulosa, se observó que las diferencias estadísticas en las diferentes partes de las maderas estudiadas son mínimas, el valor más alto se presenta en la corteza de *S. citrea*, mientras que el valor más bajo lo presentó la corteza de *A. acuminata*. De manera general se observó que los resultados de madera y corteza coinciden a excepción de la corteza de *S. citrea*.
- Para el contenido de hemicelulosa, se encontraron diferencias estadísticas en las diferentes zonas de las especies estudiadas, el mayor porcentaje se

presentó en la madera de *S. citrea*, y el menor porcentaje se observó en la corteza de *A. jorullensis*. En general se observó que el mayor contenido se presenta en las diferentes maderas.

- En lo correspondiente al material soluble en sosa, se observaron diferencias estadísticas en las diferentes partes de las especies estudiadas, el valor más alto se presentó en la corteza de *S. citrea*, mientras que el valor más bajo lo presentó la madera de *A. acuminata*. De manera general se observa que la mayor solubilidad se presentó en las diferentes cortezas.
- La evaluación de taninos a nivel laboratorio reportó que para Extracto total se observaron diferencias estadísticas a los resultados obtenidos con los dos tipos de extracciones aplicados, siendo más efectiva la extracción etanólica que la extracción acuosa, en el rendimiento obtenido. Para la extracción acuosa se observa que el valor mayor se encontró en la corteza de *S. citrea*, y el valor más bajo se reflejó en la madera de *A. jorullensis*. Para la extracción etanólica se observó que el valor más alto se encontró en la corteza de *S. citrea*, mientras el valor más bajo se observó en la madera de *A. jorullensis*, de lo cual se aprecia la coincidencia de dichos resultados, utilizando ambos tipos de extracción. En general se observó utilizando cualquier tipo de extracción, la secuencia fue: corteza > madera.
- Para el No. de Stiasny, se observaron diferencias estadísticas a los resultados obtenidos tanto con extracción etanólica y con extracción acuosa. Observando que para la extracción acuosa el valor mayor se encontró en la corteza de *A. acuminata*, y el valor más bajo se encontró en la madera de *S. citrea*. Para la extracción etanólica se observó que el valor más alto se encontró en la corteza de *A. acuminata*, mientras el valor más bajo se observó en la madera de *S. citrea*, de lo que se observó que con ambos tipos de extracción y que en las mismas zonas de la misma especie coincidía tanto el valor más bajo como el valor más alto. En general se

observó que para las diferentes especies el valor más bajo se presentó en la zona de la madera y los más altos en las cortezas, y que por tanto, la secuencia fue: corteza > madera, en relación a lo obtenido con los dos tipos de extracción.

- Se encontraron diferencias estadísticas en el contenido de taninos de las diferentes especies estudiadas, para la extracción acuosa el valor más alto se presentó en la corteza de *A. acuminata*. Y para la extracción etanólica el más alto valor se observó en la corteza de *A. jorullensis*. En general los valores más altos se observaron en las cortezas, y claramente se notó que con la extracción etanólica, se obtiene el triple que con la extracción acuosa.
- Todas las muestras indicaron la presencia de taninos hidrolizables, siendo menor la coloración en la zona albura y mayor en corteza y duramen, de las especies estudiadas.

**11. RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda que los residuos forestales de estas maderas sean aprovechados para la elaboración de productos como pellets y briquetas, mediante los cuales se puede determinar el rendimiento en la producción de bioenergía, ya que presentaron un alto índice de poder calorífico.
- Se recomienda realizar cromatografía a los extractos obtenidos de las diferentes zonas de las especies, para determinar los componentes químicos y ver las diferentes aplicaciones que pudiesen tener en productos industriales.
- Se recomienda realizar HPLC (Cromatografía Líquida de Alta Eficacia), para determinar los diferentes azúcares que se concentran en estas especies así como la cantidad de cada uno.
- Se recomienda que los extractos de las cortezas con mayor valor obtenido sean evaluadas siguiendo las técnicas del American Leather Chemist Association (ALCA) para determinar la pureza de los taninos que contienen estas especies y así poder considerarlas como subproductos, debido a que la materia prima tiene otros usos.
- Hacer las extracciones acuosas con aditivos químicos como Carbonato de sodio, Sulfito de sodio, Hidróxido de sodio, etc., para lograr una mayor cantidad en la extracción de taninos.
- Determinar el tipo de compuestos presentes tanto en los extraíbles y en el extracto tánico de las cortezas ya que fueron las que mejores resultados presentaron.
- Realizar estudios físico-mecánicos y de propiedades tecnológicas.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar R. S., Barajas M. J., Tejero D. J. D., 2000. Anatomía de Maderas de Mexico: Especies de un Bosque Mesofilo de Montaña. Instituto de Biología. UNAM. Mexico, D. F. 12-40 pp.
- Akira Morí F, Marín Mendes L, Trugilho P F, das Gracias Cardoso M., 2003. Use of Wood of *Eucalyptus* sp and native in the storage of the sugar cane spirit, Ciencia e Tecnologia de Alimentos. Vol. 23, no. 3 Campinas.
- Avendaño R., S.; J.S. Flores G. 1999. Registro de plantas tóxicas para ganado en el estado de Veracruz. Veterinaria Mexicana. 30(1):79-94.
- Barajas M. J. 1980. Anatomía de la Maderas de México No.3. Diez especies del Bosque Caducifolio de las cercanías de Xalapa. Ver. México. Dep. Bot. Univ. Nacional Autónoma de México. Biótica. 5 (1) 23-40 pp.
- Bárcenas P., G. M. 1985. Recomendaciones para el uso de 80 Maderas de acuerdo con su estabilidad dimensional. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. (INIREB). Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera. Nota Tec. No. 11. Xalapa Ver. México. 18 pp.
- Bárcenas P., G.M. 2002. Efecto del contenido de lignina, extractivos, radios y densidad relativa en las contracciones de cinco especies de madera. tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montesillos, Edo. De México. 65 p.
- Bautista H., R.; J.A. Honorato S. 2005. Composición química de la madera de cuatro especies del genero *Quercus*. Ciencia Forestal. 30(98):25-50.
- Bello G. M. A. 1987. Los encinos (*Quercus*) del Estado de Michoacán México. Collection Etudes Mésoaméricaines Série II-9. 9-97 pp.
- Bland, D.E., 1985. "The composition and Analysis of eucalyptus wood" Appita, Vol. 38, N°4, p.291-294.
- Caballero M.,1985, "Investigación forestal para el desarrollo rural" en resumen de ponencias del XI congreso mundial forestal, México D.F., SARH, FAO.
- Cadahia F., E.; B. Fernández de Simón. 2004. Utilización del roble español en el envejecimiento de vinos. Comparación con roble francés y americano. Monografía Especial No.10.INIA.madrid, España.136 p.

- Camps, M.M., Marcos M.F, 2002. Energías Renovables “Los Biocombustibles”. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Camps, M., M. and M. F. Marcos, 2008. Los biocombustibles 2da. Ed. Madrid, España. Ediciones Mundi-prensa.
- Carreño, Gloria, 1989. El Pueblo que se Negó a Morir, México, D.F., Editorial, S.A., 121 págs.
- Cataño, R., 1979. “la actividad forestal en México” en México y sus bosques, vol. XVI, núm. 5, México, D.F.
- Chang M.C.Y, 2007. Harnessing energy from plant biomass. Current Opinion in Chemical Biology 11: 677-684.
- COFOM.2007. Programa de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Michoacán 2030 *Documento Principal* (pp. 66). Morelia, Mich.: Talleres Grafico de la Comisión Forestal del Estado de Michoacán.
- Colín Urieta S, 2005. Determinación experimental de las condiciones optimas de extracción de taninos a partir de dos cortezas (*Erythroxylon compactum* Rose y *Senna skinneri* (Benth) Irwin & Barneby).
- De la Paz Pérez. O. C.P.; R. Dávalos S.; E. Guerrero C. 2000. Aprovechamiento de la madera de encino. Madera y Bosques. 6(1):1-13.
- De la Paz Pérez. O., C 2000. Relación estructura propiedades físico-mecánicas de la madera de algunas especies de encinos (*Quercus*) mexicanos. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. México. 266 p
- Delgado F., E. 1980. Estudio analítico de los carbohidratos de cuatro especies de encino, tesis profesional. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. 104 p.
- Díaz, I. R., 1978. “La importancia energética de la leña”, en simposio sobre fuentes energéticas renovables, Panamá, Pan., ILLA.
- Dickson, R. L. and Walker, J.C.F. 1997. Selecting wood quality characteristics for pines. In timber Management Toward Wood Quality and End-Product Value. S. Y. Zhang, R. Gosselin and G. Chauret (eds). Proceedings of the CTIA/IUFRO International Wood Quality Workshop, Quebec City. Part IV. 45-52 pp.

- Echenique M.,R. y R.R. Plumptre, 1994. *Guía para el Uso de Maderas de Belice y México*. Universidad de Guadalajara, Consejo británico, Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera, A.C., Universidad de Oxford. 196 pp.
- FAO, 1983. "producción de leña" en métodos simples para fabricar carbón vegetal, SPIMM, DIFDM.
- Faria, J.B.; H.M.A.B. Cardello; M. boscolo; W.D. Isique; L. Odello; D.W. Franco. 2003. Evaluation of Brazilian Woods as an alternative to oak for cachacas aging. *Eur. Food. Res. Technol.*218:83-87.
- Fengel D, Wegener G. 1983. *Wood: chemistry, ultraestructure, reactions*. Walter de Gruyter. Berlín.
- Fuentes M., J.G. 1980. Estudio analítico de los carbohidratos de la madera de *Quercus resinosa*. Tesis profesional, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. 109 p.
- García J., H. 1976. Utilización de la bellota de encino (*Quercus laceyi* Schall.) en engorda de conejos. Tesis profesional. ITESM. México. 240 p.
- García H. C., D. Guyat M. A., O. Martell D. y V. Capote P. 2004. Caracterización química del follaje, corteza y madera de cinco especies forestales del grupo de Guamuhaya. *Revista Forestal Baracoan*. Vol. 24. No. 1
- Gil, M. F., 1995. *Elementos de fisiología vegetal*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- González, J., Suarez M., Granada, E., Orozco, M. (1988). Constituyentes Antifungicos en Nódulos Radicales de *Alnus acuminata* H:B:K: *Agronomía Colombiana*. Vol. V: 83-85
- Guridi Gómez, L. I. 1980. La Madera en las Artesanías del estado de Michoacán. *Bol. Div. No.50. Ins. Nal. De Invest. For. S.A.R.H. México, D.F.* 132 pp.
- Guridi Gómez, L. I. y A. García López . 1995. *Las Maderas en los Instrumentos Musicales de Cuerda de Paracho Mich.* De universitaria. UMSNH. México (en prensa).
- Gutiérrez, A. y F. Plaza, 1967. Características físico-mecánicas de las maderas españolas. IFIE, Ministerio de Agricultura. Madrid. 103 pp.

- Hernández Gil, R. 1987. Estudio fenológico de dos poblaciones de Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) del Valle de Río Chama, Mérida, Venezuela. *Pittieria*. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela, 27-40 pp.
- Hernandez, R.E. and G. Restrepo. 1995. Natural Variation In Wood Properties of *Alnus acuminata* H.B.K. Grown in Colombia *Wood and Fiber Science*, 27 (1) : 41-48.
- Hernández, S., L.; C. González R.; F. González M. 1991. Plantas útiles de Tamaulipas. *Anales del Instituto de Biología Serie Botánica*. 62(1):1-38.
- Hernández-Vital, C.R; Álvarez-Moctezuma, J.G; Zavala-Chávez, F.; Espinosa-Robles, P. 2009. "Estudio cariológico de *Quercus laurina* Humb. et Bonpl". *Rev. Cien. For. Mex* v.34 n.105 México ene./jun.
- Hillis W E (1971) Distribution Properties and Formation of Some Wood Stability *Wood Sc. Technol.* 5: 272-289.
- Hillis W E (1987) *Heratwood and Tree Exudates*. Springer Series in Wood Science. Springer-Verlag. Alemania.
- Honorato S., J.A. 2002a. la composición química de la madera de encino. En: J. Quintanar O. (Ed.) características, propiedades y procesos de transformación de la madera de los encinos de México. Libro Técnico No. 2. INIFAP-CIRCE. C.E. San Martinito. Tlahuapan, Puebla. México. Pp.86-106.
- Honorato S., J.A., 2002b. La composición química de la Madera de Encino. En: J. Quintanar O. (Ed.). Características, propiedades y procesos de transformación de la madera de los encinos de México. Libro Técnico No. 2. INIFAP-CIRCE. C.E. San Martinito. Tlahuapan, Puebla. México. pp. 86-106.
- Honorato S., J.A.; J. Hernández P. 1999. Determinación de componentes químicos de la madera de cinco especies de encinos de Puebla. *Madera y Bosques*. 4(2):79-93.
- Kollmann F, 1936. *Technologie des Holzes*. Springer . Berlin.
- Lastra R., J. 1967. Algunas características Anatómicas y Tecnológicas de la Madera de *Alnus jorullensis* H.B.K. (Aliso) de la zona de Manizales, Colombia. *Boletín Forestal de la Facultad de Ingeniería*. Universidad de Tolima. pp. 27-31.

- López, E. 1988. Contribución etnobotánica en plantas medicinales utilizadas por dos grupos étnicos de Mecapalapa, municipio de Pantepec, Puebla. Tesis profesional. UNAM. México, D.F. México. 349 p.
- Luna J., A.L.; L. Montalvo E.; B. Rendón A. 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 72:107-117.
- Maser, M., Navia. 1998. Dinámica y Usos de los Recursos Forestales de la Región Purépecha *Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriada*: Michoacán, México.
- Niembro Rocas, A. 1990. Árboles y Arbustos Útiles de México. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Bosques. Limusa, México., D.F. 206 pp.
- Ordoñez, C., V.R., G.M. Bárcenas, P. y A. Quiroz. 1989. Características físico-mecánicas de la Madera de Diez Especies de San Pablo Macuitianguis, Oax. La Madera y su uso No. 21, Instituto de Ecología, A.C. Universidad Autónoma Metropolitana, Xalapa, Ver. 30 pp.
- Pedraza Bucio F E, 2006. Composición Química de la Corteza de 4 Especies de Eucalipto y Evaluación de las Propiedades de sus Extractos Tánicos. Tesis de Maestría. Morelia; Mich.
- Pulido C., J.R. 1985. Estudio del uso del bosque para la extracción de leña, madera para construcción de casas y fabricación de herramientas en una comunidad otomí, San Andrés Timilpan, Edo. de México. Tesis profesional. UNAM. México, D.F. México. 230 p.
- Quintanar O., J. (Editor). 2002. Características, propiedades y procesos de transformación de la madera de los encinos de México. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRCE, C.E. San Martinito. Tlahuapan, Puebla, México. 194 p.
- Resch, H. 1980. Utilization of Red Alder in the Pacific northwest. *Forest prod.J.* 30 (4) : 21-26.
- Reyna, N., 1981 “La leña como fuente de energía” en simposio internacional sobre las ciencias forestales y su contribución al desarrollo sobre la América Tropical, Caracas, Ven., CONICIT, Federación Interciencia, SCITEC.

- Ricalde C., M. y G. Bárcenas p. 1990. 1.4 Propiedades Mecánicas de la Madera. manual para Diseño de Estructuras de Madera. Instituto de Ecología, A.C. Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera. Xalapa, Ver. 42 pp.
- Rondón, J.A. y Hernández G.1987. Estudio Anatómico de la Hoja y Madera de *Alnus acuminata* H.B.K. *pittieria*. Universidad de los Andes Mérida Venezuela. 26 pp.
- Rowell M R, 1984. The chemistry of Solid Wood. American Chemical Society, Washington, D. C. U.S.A.
- Rowell M R. (1984) "The chemistry of solid Wood. American Chemical Society", Washington, D.C.U.S.A.
- Rutiaga Q., J.G., C. Strobel, E. Windeisen y G. Wegener. 2000b. Composición química de la madera de un encino. En: Memorias del III Congreso Mexicano de Tecnología de Productos Forestales. Durango, Dgo. México. Pp. 93-94.
- Rutiaga Q., J.G., Windeisen y C. Strobel. 2000a. Composición química del duramen de la Madera de *Quercus candicans* née. Madera y Bosques 6(2):73-80.
- Rutiaga-Quiñones JG, 2001. Chemische und biologische Untersuchungen zum Verhalten dauerhafter Holzarten and ihrer Extrakte gegenüber holzabbauenden pilzen. Buchverlag Grafelfing. Munchen.
- Rzedowsky, J. 1978. *Vegetación de México*. Escuela Nacional de Ciencias biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. limusa. 397 pp.
- Sachsse, H. and A. Schulte, 1991. Holzeigenschaften der Anden-Erle (*Alnus acuminata*) . *Fortarchiv* 62 (5) : 196-199 pp. Institut Fur Forestbenutzung 3400 Guttinguen, Germany.
- Sanchez R., L. 2000. Análisis de calidad de carbón vegetal para exportación de algunas especies mexicanas. Memorias III Congreso Mexicano de Tecnología de Productos Forestales. Morelia, Mich. México. Pp.39-40.
- Sanchez S., O. 1984. La flora del valle de México. Herrero. México, D.F. 519 pp.

- Sandermann, W.; Rothkamm, M. 1950. Über die Bedeutung der pH-Werte von Handelsholzern und deren Bedeutung für die Praxis. Holz Roh-Werkst. 17: 433-440.
- Sandoval O., A. 1979. Estudio analítico de sustancias extraíbles de cuatro especies del género *Quercus*. Tesis profesional. Fac. de Química, Univ. de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. México. 77 p.
- Saucedo S., A. y A. Rodríguez E. 1994. La distribución actual y condiciones ecológicas propias como una alternativa para el manejo tecnificado del Aile. (*Alnus* spp.) en los bosques de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Inédito.
- Shiraishi N. et al. 1991. Wood and Cellulose Chemistry. Pp 1225. (in: David N. Hon S. C. (Eds). University South Carolina. U. S.
- Solana, M., Avendaño, I. (2005). Actividad antiinflamatoria de  $\delta$ -amirona y 4,7-dimetoxiapigenina aislados de *Alnus acuminata*. Rev. Col. Cienc. Quím. Farm., Vol. 34, No 2.
- Sotomayor Castellanos J R, 2008. TABLA FITECMA de clasificación de características mecánicas de maderas mexicanas. U.M.S.N.H. Morelia, Michoacán, México. 2ª Edición.
- TAPPI. 2000. Tappi Test Methods. TAPPI Press. Atlanta.
- Trugilho PF, Mori FA, Lima JT, Pereira CD (2003) Determinação teor de taninos na casca de *Eucalyptos* spp. Nota técnica. Cerne, Lavras, 9 (2): 246-254.
- UNE-EN 14918. 2011. Biocombustibles sólidos. Determinación del poder calorífico. CIEMAT - AEN/CTN 164 Biocombustibles sólidos CONFEMADERA, AENOR, Grupo 35, Madrid, España, Feb. 2011, 60 p.
- Volz KR (1971) Holz-Zentralbl. 97: 1783 (In: Fengel D, Weneger G (1983) Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Walter de Gruyter. Berlin).
- Wagenfuhr, 1987. (Timber properties table: *Alnus glutinosa*). Holzeingeschaftstafel. Holztechnologie. VED WTZ Holzverad. Ind; Dresden, German Democratic Republic. 28. 159-160 pp.
- Yazaki, Y., Gu, R., Lin, Y., Chen, W., Nguyen, K. 1993. Analysis of black wattle (*Acacia mearnsii*) tannins- Relationships among the hidepowder, the Stiasny and ultraviolet (UV) methods. Holzforschung 47 (1): 57-61.

- Yazaki, Y., Hillis, W. E. 1977. Polyphenolic extractives of *pinus radiata* bark. *Holzforschung* 31: 20-25.
- Zavala Z., D. 1976. Características de Maquinado de Seis Especies Maderables. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura, Unidad de Enseñanza Investigación y Servicio en Bosque. Chapingo, Mex. 69 pp.
- Zavala Z., D. y M. R. Hernández C. 1995. Análisis del Secado al Aire Libre de Madera Aserrada de pino, Encino y aile. *Ciencia y Tecnología de la Madera*. No. 5. Facultad de ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. 15-23 pp.
- Zavala Z., F. 1990. Los encinos mexicanos: un recurso desaprovechado. *Ciencia y Desarrollo*. 16 (95):43-51.

#### **Hemerografía de internet:**

<http://www.comunidadindigena.com.mx> (citado Dic. 2012)

<http://mapserver.inegi-2010.org.mx/geografía>

<http://www.inegi-2008.org.mx/>

### 13.1 ANEXOS para *Quercus*

**TABLA 1.** Arreglo de columnas para análisis de densidad en *Quercus*.

Column Labels (Spreadsheet3)				
Labels for the columns of the design matrix (densidad)				
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1			
Especie	2	Especie	Q. candicans	Q. rugosa
Especie	3	Especie	Q. laurina	Q. rugosa

**TABLA 2.** Arreglo de columnas para análisis de poder calorífico en *Quercus*.

Column Labels (Spreadsheet123)							
Labels for the columns of the design matrix (poder calorifico)							
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	Q. candicans	Q. rugosa			
Especie	3	Especie	Q. laurina	Q. rugosa			
Zona	4	Zona	Duramen	Corteza			
Zona	5	Zona	Albura	Corteza			
Ensayo	6	Ensayo	Harina C/E	Holocelulosa			
Ensayo	7	Ensayo	Harina S/E	Holocelulosa			
Ensayo	8	Ensayo	Lignina	Holocelulosa			
Especie*Zona	9	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	10	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Zona	11	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	12	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Ensayo	13	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Ensayo	Harina C/E	Holocelulosa
Especie*Ensayo	14	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Ensayo	Harina S/E	Holocelulosa
Especie*Ensayo	15	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Ensayo	Lignina	Holocelulosa
Especie*Ensayo	16	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Ensayo	Harina C/E	Holocelulosa
Especie*Ensayo	17	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Ensayo	Harina S/E	Holocelulosa
Especie*Ensayo	18	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Ensayo	Lignina	Holocelulosa
Zona*Ensayo	19	Zona	Duramen	Corteza	Ensayo	Harina C/E	Holocelulosa
Zona*Ensayo	20	Zona	Duramen	Corteza	Ensayo	Harina S/E	Holocelulosa
Zona*Ensayo	21	Zona	Duramen	Corteza	Ensayo	Lignina	Holocelulosa
Zona*Ensayo	22	Zona	Albura	Corteza	Ensayo	Harina C/E	Holocelulosa
Zona*Ensayo	23	Zona	Albura	Corteza	Ensayo	Harina S/E	Holocelulosa
Zona*Ensayo	24	Zona	Albura	Corteza	Ensayo	Lignina	Holocelulosa

**TABLA 3.** Arreglo de columnas para análisis de contenido de cenizas en *Quercus*.

Label	Column Labels (Spreadsheet53) Labels for the columns of the design matrix (Cenizas)						
	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	Q. candicans	Q. rugosa			
Especie	3	Especie	Q. laurina	Q. rugosa			
Zona	4	Zona	Duramen	Corteza			
Zona	5	Zona	Albura	Corteza			
Especie*Zona	6	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	7	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Zona	8	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	9	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza

**TABLA 4.** Arreglo de columnas para análisis de contenido de pH con extractos en *Quercus*.

Label	Column Labels (Spreadsheet115) Labels for the columns of the design matrix (pH, con extractos)						
	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	Q. candicans	Q. rugosa			
Especie	3	Especie	Q. laurina	Q. rugosa			
Zona	4	Zona	Duramen	Corteza			
Zona	5	Zona	Albura	Corteza			
Especie*Zona	6	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	7	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Zona	8	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	9	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza

\*El mismo arreglo para pH sin Extractos.

**TABLA 5.** Arreglo de columnas para análisis de contenido de extraíbles en *Quercus*.

Column Labels (Spreadsheet170)							
Labels for the columns of the design matrix (Extraíbles)							
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	Q. candicans	Q. rugosa			
Especie	3	Especie	Q. laurina	Q. rugosa			
Zona	4	Zona	Duramen	Corteza			
Zona	5	Zona	Albura	Corteza			
Solvente	6	Solvente	Ciclohexano	Agua			
Solvente	7	Solvente	Acetona	Agua			
Solvente	8	Solvente	Metanol	Agua			
Especie*Zona	9	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	10	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Zona	11	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	12	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Solvente	13	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Solvente	Ciclohexano	Agua
Especie*Solvente	14	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Solvente	Acetona	Agua
Especie*Solvente	15	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Solvente	Metanol	Agua
Especie*Solvente	16	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Solvente	Ciclohexano	Agua
Especie*Solvente	17	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Solvente	Acetona	Agua
Especie*Solvente	18	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Solvente	Metanol	Agua

**TABLA 6.** Arreglo de columnas para análisis de contenido de lignina en *Quercus*.

Column Labels (Spreadsheet44)							
Labels for the columns of the design matrix (lignina)							
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	Q. candicans	Q. rugosa			
Especie	3	Especie	Q. laurina	Q. rugosa			
Zona	4	Zona	Duramen	Corteza			
Zona	5	Zona	Albura	Corteza			
Especie*Zona	6	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	7	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Zona	8	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	9	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza

**TABLA 7.** Arreglo de columnas para análisis de contenido de holocelulosa en *Quercus*.

Column Labels (Spreadsheet62)							
Labels for the columns of the design matrix (holocelulosa)							
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	Q. candicans	Q. rugosa			
Especie	3	Especie	Q. laurina	Q. rugosa			
Zona	4	Zona	Duramen	Corteza			
Zona	5	Zona	Albura	Corteza			
Especie*Zona	6	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	7	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Zona	8	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	9	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza

**TABLA 8.** Arreglo de columnas para análisis de contenido de alfa-celulosa en *Quercus*.

Column Labels (Spreadsheet82)							
Labels for the columns of the design matrix (alfa-celulosa)							
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	Q. candicans	Q. rugosa			
Especie	3	Especie	Q. laurina	Q. rugosa			
Zona	4	Zona	Duramen	Corteza			
Zona	5	Zona	Albura	Corteza			
Especie*Zona	6	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	7	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Zona	8	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	9	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza

**TABLA 9.** Arreglo de columnas para análisis de contenido de celulosa en *Quercus*.

Column Labels (Spreadsheet102)							
Labels for the columns of the design matrix (celulosa)							
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	Q. candicans	Q. rugosa			
Especie	3	Especie	Q. laurina	Q. rugosa			
Zona	4	Zona	Duramen	Corteza			
Zona	5	Zona	Albura	Corteza			
Especie*Zona	6	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	7	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Zona	8	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	9	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza

**TABLA 10.** Arreglo de columnas para análisis de solubilidad a la sosa en *Quercus*.

Column Labels (Spreadsheet2)							
Labels for the columns of the design matrix (solubilidad a la sosa)							
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	Q. candicans	Q. rugosa			
Especie	3	Especie	Q. laurina	Q. rugosa			
Zona	4	Zona	Duramen	Corteza			
Zona	5	Zona	Albura	Corteza			
Especie*Zona	6	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	7	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Zona	8	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	9	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza

**TABLA 11.** Arreglo de columnas para análisis de extracto total en *Quercus*.

Label	Column Labels (Spreadsheet20) Labels for the columns of the design matrix (extracto total)						
	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variabl	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	Q. candicans	Q. rugosa			
Especie	3	Especie	Q. laurina	Q. rugosa			
Zona	4	Zona	Duramen	Corteza			
Zona	5	Zona	Albura	Corteza			
Extraccion	6	Extraccion	Etandlica	Acuosa			
Especie*Zona	7	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	8	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Zona	9	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	10	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Extraccion	11	Especie	Q. candicans	Q. rugosa	Extraccion	Etandlica	Acuosa
Especie*Extraccion	12	Especie	Q. laurina	Q. rugosa	Extraccion	Etandlica	Acuosa
Zona*Extraccion	13	Zona	Duramen	Corteza	Extraccion	Etandlica	Acuosa
Zona*Extraccion	14	Zona	Albura	Corteza	Extraccion	Etandlica	Acuosa

**TABLA 12.** Arreglo de columnas para análisis de No. de Stiasny en *Quercus*.

Label	Column Labels (Spreadsheet2) Labels for the columns of the design matrix (No. de Stiasny)						
	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	Quercus candicans	Quercus rugosa			
Especie	3	Especie	Quercus laurina	Quercus rugosa			
Zona	4	Zona	Duramen	Corteza			
Zona	5	Zona	Albura	Corteza			
Extraccion	6	Extraccion	etandlica	acuosa			
Especie*Zona	7	Especie	Quercus candicans	Quercus rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	8	Especie	Quercus candicans	Quercus rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Zona	9	Especie	Quercus laurina	Quercus rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	10	Especie	Quercus laurina	Quercus rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Extraccion	11	Especie	Quercus candicans	Quercus rugosa	Extraccion	etandlica	acuosa
Especie*Extraccion	12	Especie	Quercus laurina	Quercus rugosa	Extraccion	etandlica	acuosa
Zona*Extraccion	13	Zona	Duramen	Corteza	Extraccion	etandlica	acuosa
Zona*Extraccion	14	Zona	Albura	Corteza	Extraccion	etandlica	acuosa

**TABLA 13.** Arreglo de columnas para análisis de total de Taninos en *Quercus*.

Label	Column Labels (Spreadsheet2) Labels for the columns of the design matrix (total-Taninos)						
	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	Quercus candicans	Quercus rugosa			
Especie	3	Especie	Quercus laurina	Quercus rugosa			
Zona	4	Zona	Duramen	Corteza			
Zona	5	Zona	Albura	Corteza			
Extraccion	6	Extraccion	etandica	acuosa			
Especie*Zona	7	Especie	Quercus candicans	Quercus rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	8	Especie	Quercus candicans	Quercus rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Zona	9	Especie	Quercus laurina	Quercus rugosa	Zona	Duramen	Corteza
Especie*Zona	10	Especie	Quercus laurina	Quercus rugosa	Zona	Albura	Corteza
Especie*Extraccion	11	Especie	Quercus candicans	Quercus rugosa	Extraccion	etandica	acuosa
Especie*Extraccion	12	Especie	Quercus laurina	Quercus rugosa	Extraccion	etandica	acuosa
Zona*Extraccion	13	Zona	Duramen	Corteza	Extraccion	etandica	acuosa
Zona*Extraccion	14	Zona	Albura	Corteza	Extraccion	etandica	acuosa

### 13.2 ANEXOS para *Alnus* y *S. citrea*

**TABLA 14.** Arreglo de columnas para análisis de densidad en *Alnus* y *Simplocos*.

Column Labels (Spreadsheet26) Labels for the columns of the design matrix (densidad)				
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1			
Especie	2	Especie	A acuminata	S. citrea
Especie	3	Especie	A jorullensis	S. citrea

**TABLA 15.** Arreglo de columnas para análisis de poder calorífico en *Alnus* y *Simplocos*.

Column Labels (Spreadsheet2) Labels for the columns of the design matrix (poder calorifico)							
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	A. acuminata	S. citrea			
Especie	3	Especie	A. jorullensis	S. citrea			
Zona	4	Zona	Corteza	Madera			
Ensayo	5	Ensayo	Harina C/E	Holocelulosa			
Ensayo	6	Ensayo	Harina S/E	Holocelulosa			
Ensayo	7	Ensayo	Lignina	Holocelulosa			
Especie*Zona	8	Especie	A. acuminata	S. citrea	Zona	Corteza	Madera
Especie*Zona	9	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Zona	Corteza	Madera
Especie*Ensayo	10	Especie	A. acuminata	S. citrea	Ensayo	Harina C/E	Holocelulosa
Especie*Ensayo	11	Especie	A. acuminata	S. citrea	Ensayo	Harina S/E	Holocelulosa
Especie*Ensayo	12	Especie	A. acuminata	S. citrea	Ensayo	Lignina	Holocelulosa
Especie*Ensayo	13	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Ensayo	Harina C/E	Holocelulosa
Especie*Ensayo	14	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Ensayo	Harina S/E	Holocelulosa
Especie*Ensayo	15	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Ensayo	Lignina	Holocelulosa
Zona*Ensayo	16	Zona	Corteza	Madera	Ensayo	Harina C/E	Holocelulosa
Zona*Ensayo	17	Zona	Corteza	Madera	Ensayo	Harina S/E	Holocelulosa
Zona*Ensayo	18	Zona	Corteza	Madera	Ensayo	Lignina	Holocelulosa

**TABLA 16.** Arreglo de columnas para análisis de cenizas en *Alnus* y *Simplocos*.

Column Labels (Spreadsheet100)							
Labels for the columns of the design matrix (cenizas)							
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	A. acuminata	S. citrea			
Especie	3	Especie	A. jorullensis	S. citrea			
Zona	4	Zona	Madera	Corteza			
Especie*Zona	5	Especie	A. acuminata	S. citrea	Zona	Madera	Corteza
Especie*Zona	6	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Zona	Madera	Corteza

**TABLA 17.** Arreglo de columnas para análisis de pH con extractos en *Alnus* y *Simplocos*.

Column Labels (Spreadsheet166)							
Labels for the columns of the design matrix (pH, con extractos)							
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	A. acuminata	S. citrea			
Especie	3	Especie	A. jorullensis	S. citrea			
Zona	4	Zona	Madera	Corteza			
Especie*Zona	5	Especie	A. acuminata	S. citrea	Zona	Madera	Corteza
Especie*Zona	6	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Zona	Madera	Corteza

\*El mismo arreglo para Contenido de pH sin Extractos.

**TABLA 18.** Arreglo de columnas para análisis de Contenido de extraíbles en *Alnus* y *Simplocos*.

		Column Labels (Spreadsheet2) Labels for the columns of the design matrix (Extraíbles)					
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	A. acuminata	S. citrea			
Especie	3	Especie	A. jorullensis	S. citrea			
Zona	4	Zona	Madera	Corteza			
Solvente	5	Solvente	Ciclohexano	Agua			
Solvente	6	Solvente	Acetona	Agua			
Solvente	7	Solvente	Metanol	Agua			
Especie*Zona	8	Especie	A. acuminata	S. citrea	Zona	Madera	Corteza
Especie*Zona	9	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Zona	Madera	Corteza
Especie*Solvente	10	Especie	A. acuminata	S. citrea	Solvente	Ciclohexano	Agua
Especie*Solvente	11	Especie	A. acuminata	S. citrea	Solvente	Acetona	Agua
Especie*Solvente	12	Especie	A. acuminata	S. citrea	Solvente	Metanol	Agua
Especie*Solvente	13	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Solvente	Ciclohexano	Agua
Especie*Solvente	14	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Solvente	Acetona	Agua
Especie*Solvente	15	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Solvente	Metanol	Agua
Zona*Solvente	16	Zona	Madera	Corteza	Solvente	Ciclohexano	Agua
Zona*Solvente	17	Zona	Madera	Corteza	Solvente	Acetona	Agua
Zona*Solvente	18	Zona	Madera	Corteza	Solvente	Metanol	Agua

**TABLA 19.** Arreglo de columnas para análisis de Contenido de lignina en *Alnus* y *Simplocos*.

		Column Labels (Spreadsheet53) Labels for the columns of the design matrix (lignina)					
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
ESpecie	2	ESpecie	A. acuminata	S. citrea			
ESpecie	3	ESpecie	A. jorullensis	S. citrea			
Zona	4	Zona	Madera	Corteza			
ESpecie*Zona	5	ESpecie	A. acuminata	S. citrea	Zona	Madera	Corteza
ESpecie*Zona	6	ESpecie	A. jorullensis	S. citrea	Zona	Madera	Corteza

**TABLA 20.** Arreglo de columnas para análisis de Contenido de holocelulosa en *Alnus* y *Simplocos*.

Column Labels (Spreadsheet72)							
Labels for the columns of the design matrix (holocelulosa)							
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	A. acuminata	S. citrea			
Especie	3	Especie	A. jorullensis	S. citrea			
Zona	4	Zona	Madera	Corteza			
Especie*Zona	5	Especie	A. acuminata	S. citrea	Zona	Madera	Corteza
Especie*Zona	6	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Zona	Madera	Corteza

**TABLA 21.** Arreglo de columnas para análisis de Contenido de alfa-celulosa en *Alnus* y *Simplocos*.

Column Labels (Spreadsheet92)							
Labels for the columns of the design matrix de alfa-celulosa							
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	A. acuminata	S. citrea			
Especie	3	Especie	A. jorullensis	S. citrea			
Zona	4	Zona	Madera	Corteza			
Especie*Zona	5	Especie	A. acuminata	S. citrea	Zona	Madera	Corteza
Especie*Zona	6	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Zona	Madera	Corteza

**TABLA 22.** Arreglo de columnas para análisis de Contenido de celulosa en *Alnus* y *Simplocos*.

Column Labels (Spreadsheet111)							
Labels for the columns of the design matrix (celulosa)							
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	A. acuminata	S. citrea			
Especie	3	Especie	A. jorullensis	S. citrea			
Zona	4	Zona	Madera	Corteza			
Especie*Zona	5	Especie	A. acuminata	S. citrea	Zona	Madera	Corteza
Especie*Zona	6	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Zona	Madera	Corteza

**TABLA 23.** Arreglo de columnas para análisis de solubilidad a la sosa en *Alnus* y *Simplocos*.

Column Labels (Spreadsheet11)							
Labels for the columns of the design matrix (solubilidad a la sosa)							
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	A. acuminata	S. citrea			
Especie	3	Especie	A. jorullensis	S. citrea			
Zona	4	Zona	Madera	Corteza			
Especie*Zona	5	Especie	A. acuminata	S. citrea	Zona	Madera	Corteza
Especie*Zona	6	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Zona	Madera	Corteza

**TABLA 24.** Arreglo de columnas para análisis de Extracto Total en *Alnus* y *Simplocos*.

Column Labels (Spreadsheet2)							
Labels for the columns of the design matrix (extracto-total)							
Label	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	A. acuminata	S. citrea			
Especie	3	Especie	A. jorullensis	S. citrea			
Zona	4	Zona	Corteza	Madera			
Extraccion	5	Extraccion	etandica	acuosa			
Especie*Zona	6	Especie	A. acuminata	S. citrea	Zona	Corteza	Madera
Especie*Zona	7	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Zona	Corteza	Madera
Especie*Extraccion	8	Especie	A. acuminata	S. citrea	Extraccion	etandica	acuosa
Especie*Extraccion	9	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Extraccion	etandica	acuosa
Zona*Extraccion	10	Zona	Corteza	Madera	Extraccion	etandica	acuosa

**TABLA 25.** Arreglo de columnas para análisis de No. de Stiasny en *Alnus* y *Simplocos*.

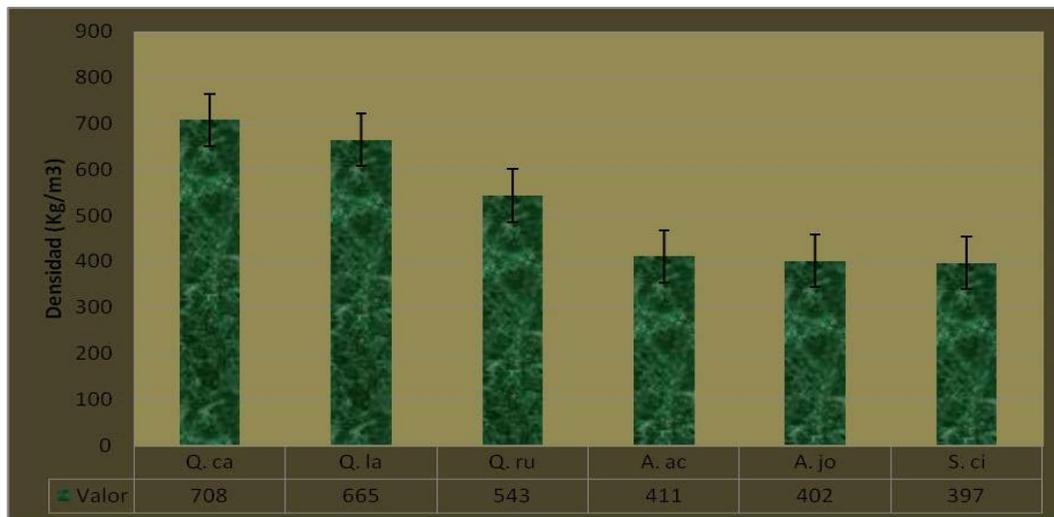
Label	Column Labels (Spreadsheet2) Labels for the columns of the design matrix (No. de Stiasny)						
	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	A. acuminata	S. citrea			
Especie	3	Especie	A. jorullensis	S. citrea			
Zona	4	Zona	Corteza	Madera			
Extraccion	5	Extraccion	etandica	acuosa			
Especie*Zona	6	Especie	A. acuminata	S. citrea	Zona	Corteza	Madera
Especie*Zona	7	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Zona	Corteza	Madera
Especie*Extraccion	8	Especie	A. acuminata	S. citrea	Extraccion	etandica	acuosa
Especie*Extraccion	9	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Extraccion	etandica	acuosa

**TABLA 26.** Arreglo de columnas para análisis de Total de Taninos en *Alnus* y *Simplocos*.

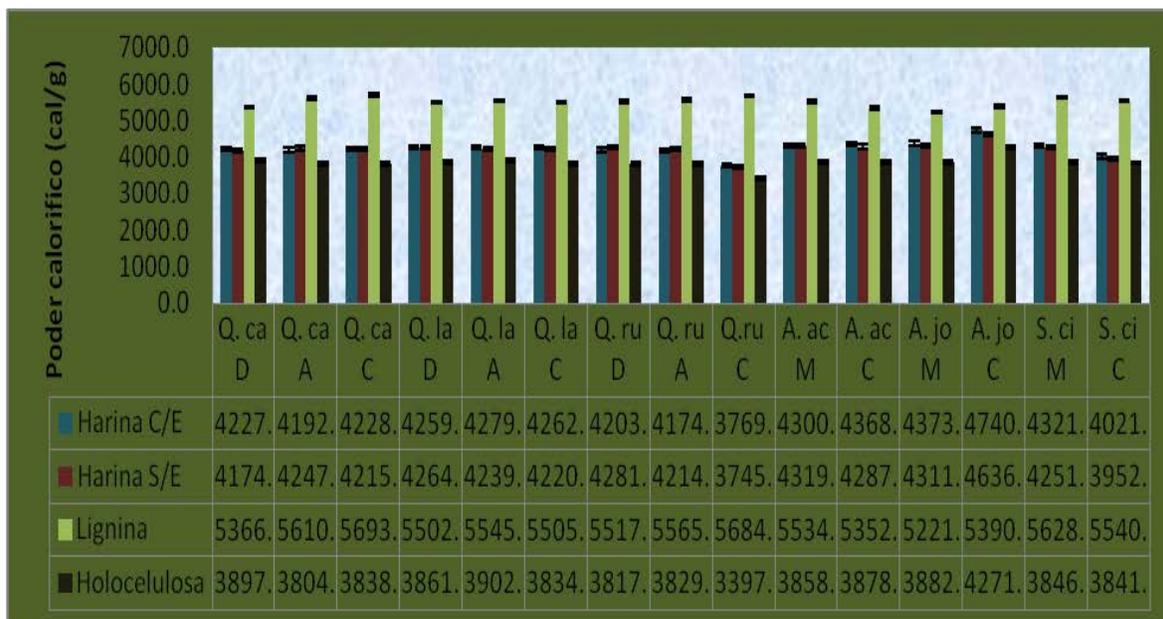
Label	Column Labels (Spreadsheet2) Labels for the columns of the design matrix (Total-taninos)						
	Column	Variable	Level of Variable	versus Level	Variable	Level of Variable	versus Level
Intercept	1						
Especie	2	Especie	A. acuminata	S. citrea			
Especie	3	Especie	A. jorullensis	S. citrea			
Zona	4	Zona	Corteza	Madera			
Extraccion	5	Extraccion	etanolica	acuosa			
Especie*Zona	6	Especie	A. acuminata	S. citrea	Zona	Corteza	Madera
Especie*Zona	7	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Zona	Corteza	Madera
Especie*Extraccion	8	Especie	A. acuminata	S. citrea	Extraccion	etanolica	acuosa
Especie*Extraccion	9	Especie	A. jorullensis	S. citrea	Extraccion	etanolica	acuosa
Zona*Extraccion	10	Zona	Corteza	Madera	Extraccion	etanolica	acuosa

### 13.3 ANEXOS para comparaciones generales

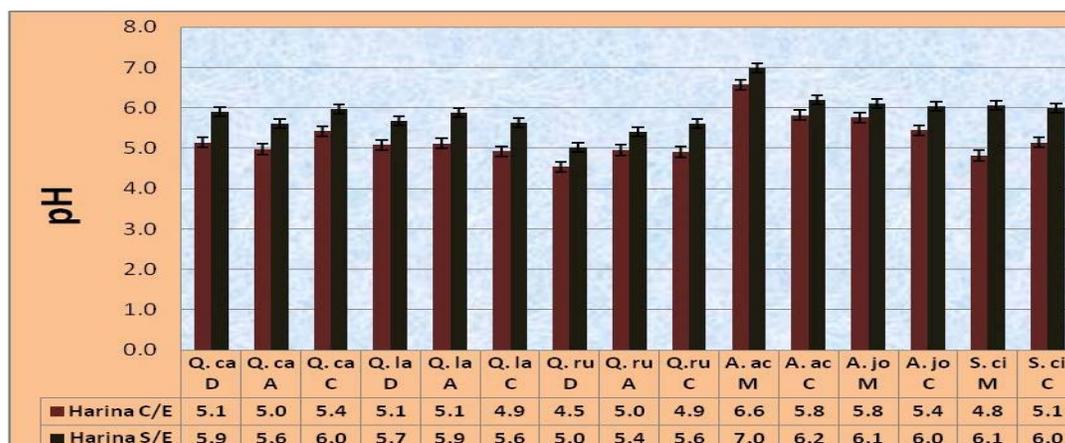
#### ANEXO 1. Gráfica para densidad



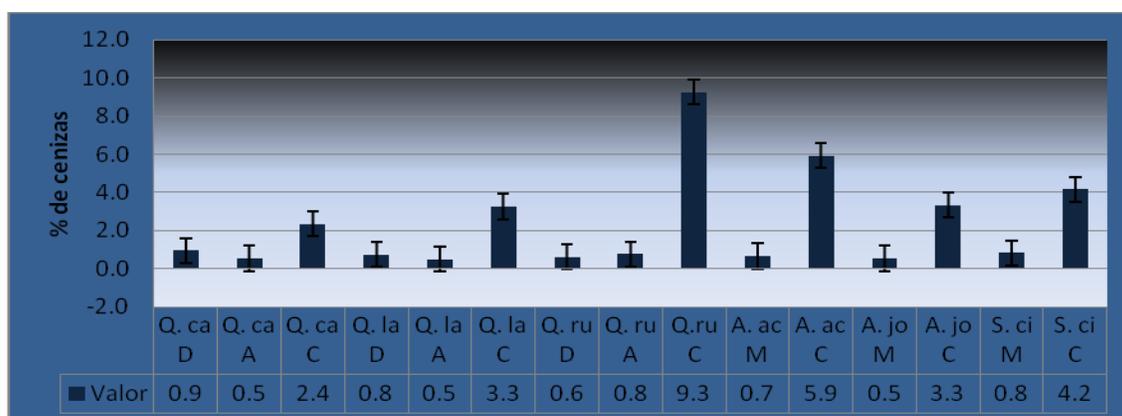
#### ANEXO 2. Gráfica para poder calorífico



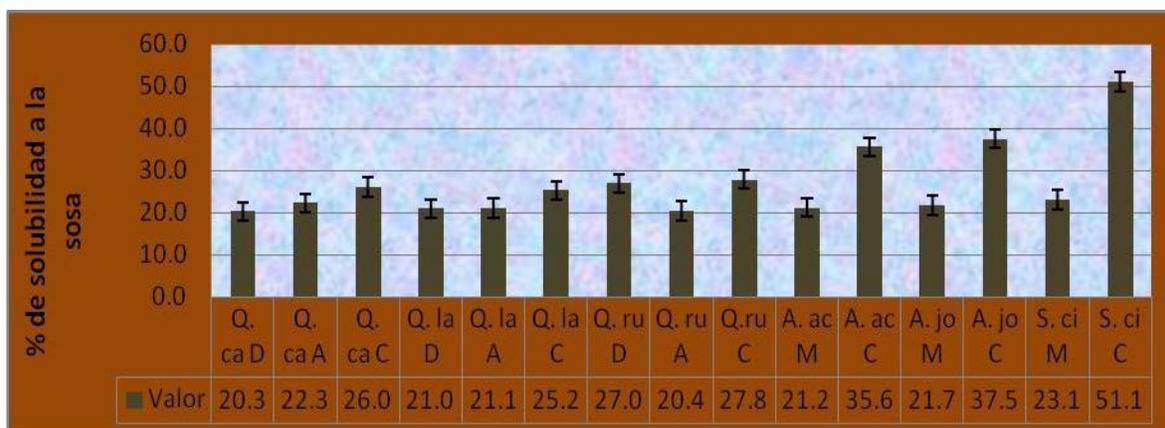
### ANEXO 3. Gráfica para pH en harina con extractos y sin extractos



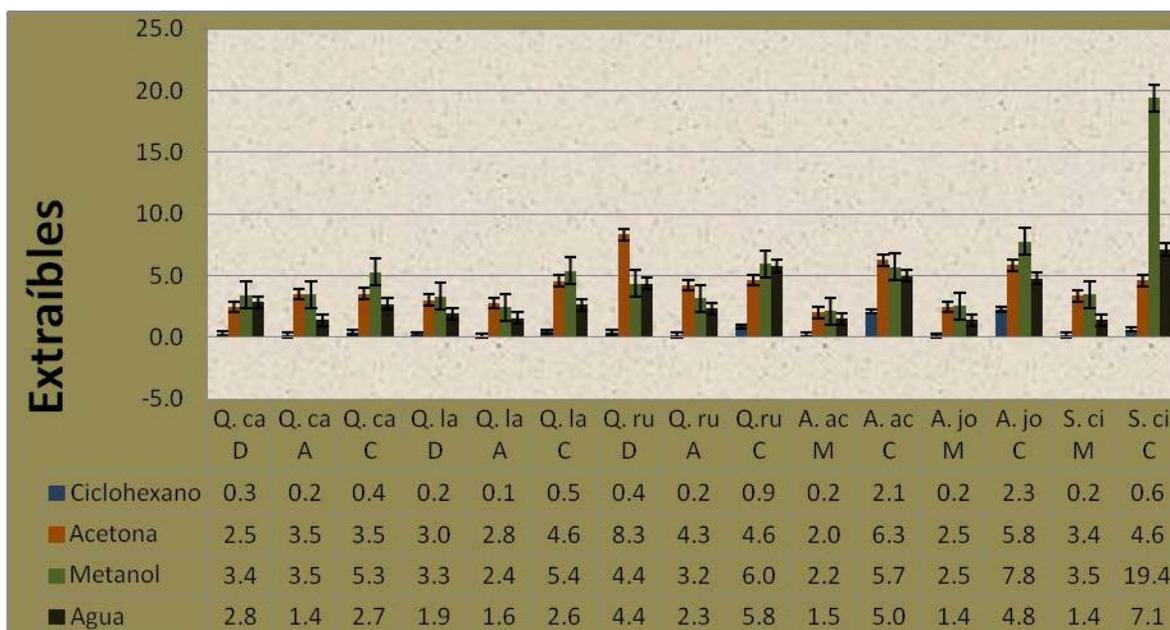
### ANEXO 4. Gráfica para cenizas



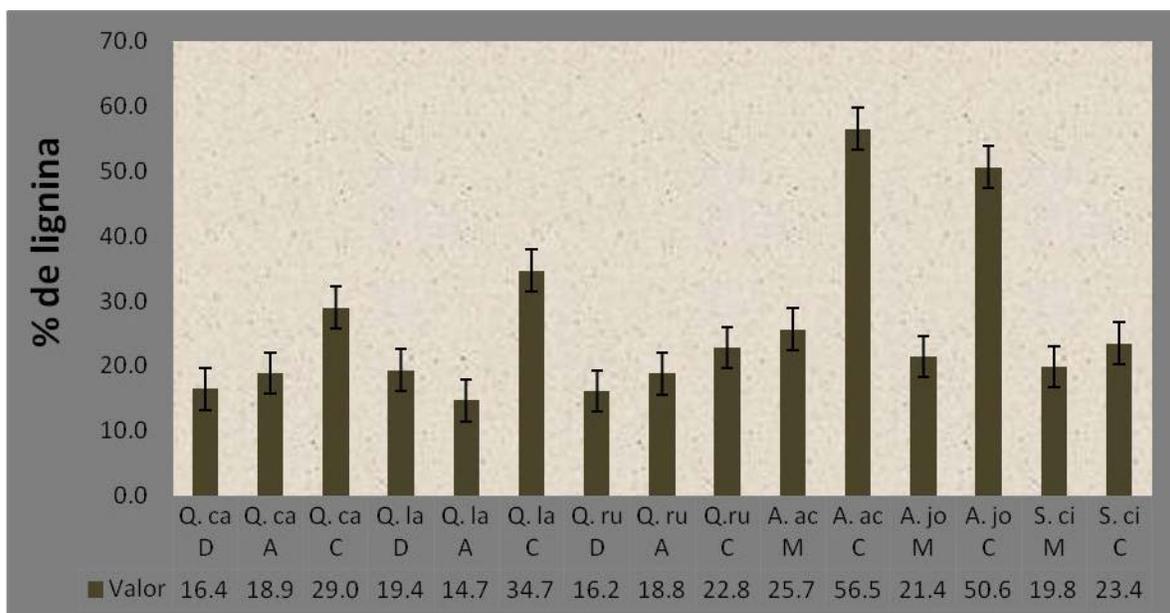
### ANEXO 5. Gráfica para solubilidad a la sosa



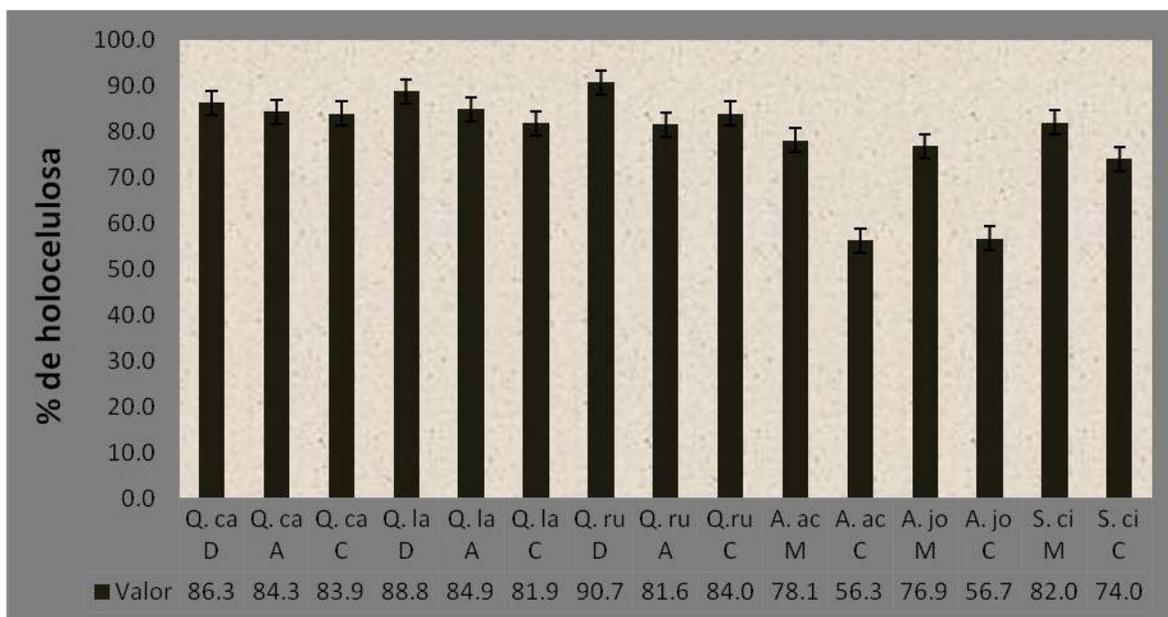
### ANEXO 6. Gráfica para obtención de extraíbles



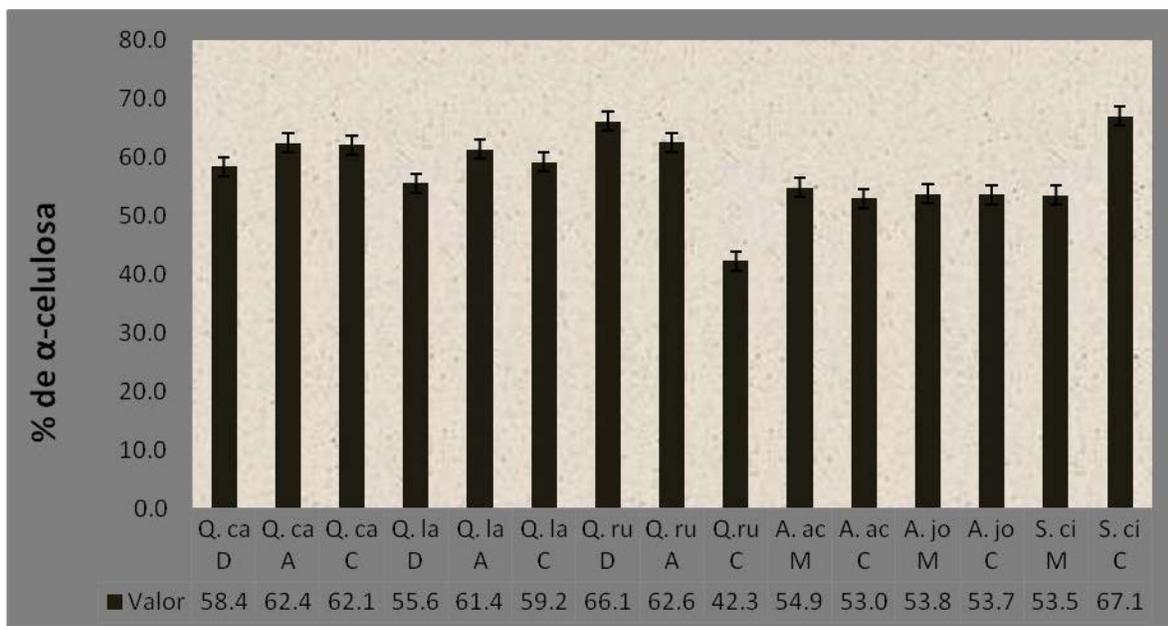
### ANEXO 7. Gráfica para lignina



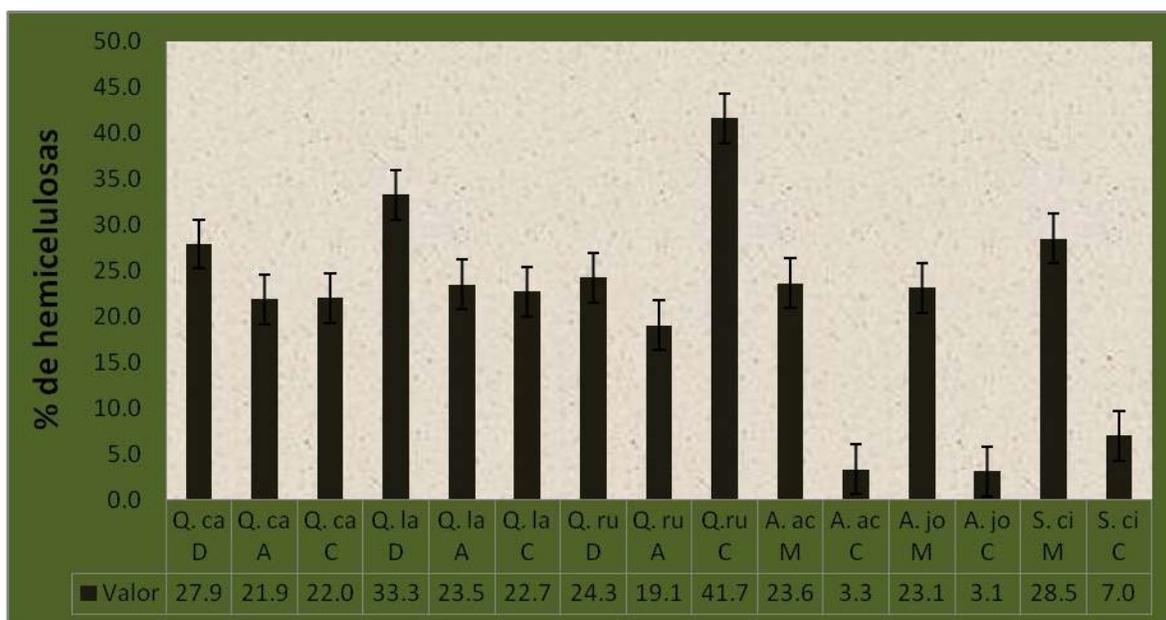
### ANEXO 8. Gráfica para holocelulosa



### ANEXO 9. Gráfica para alfa celulosa

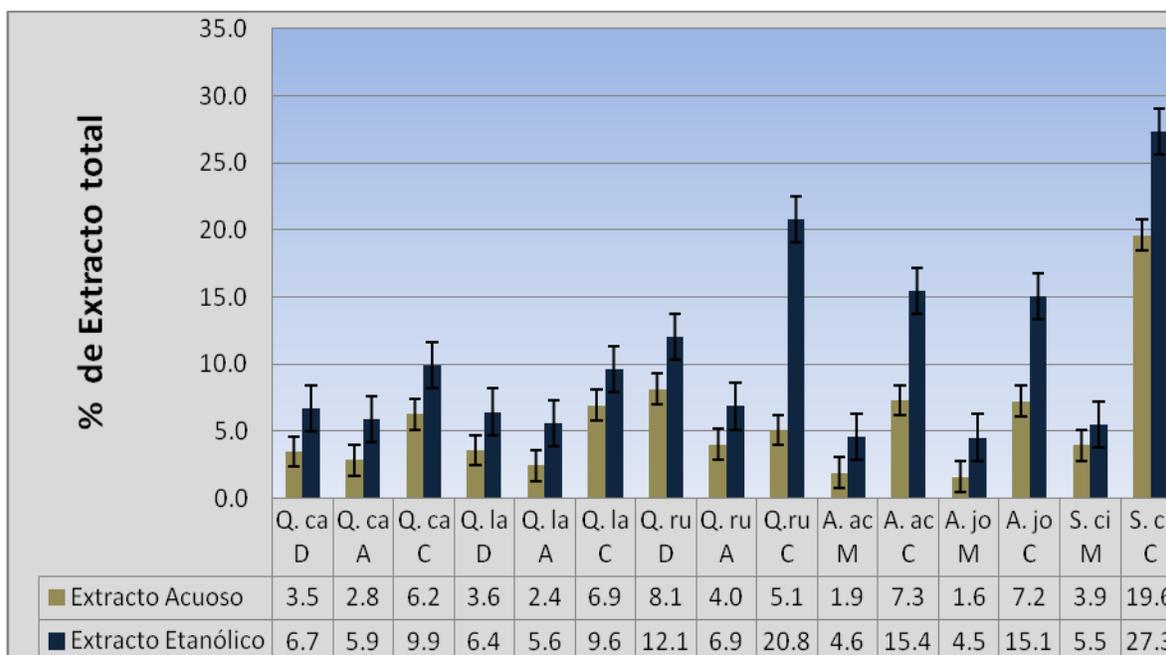


### ANEXO 10. Gráfica para hemicelulosas

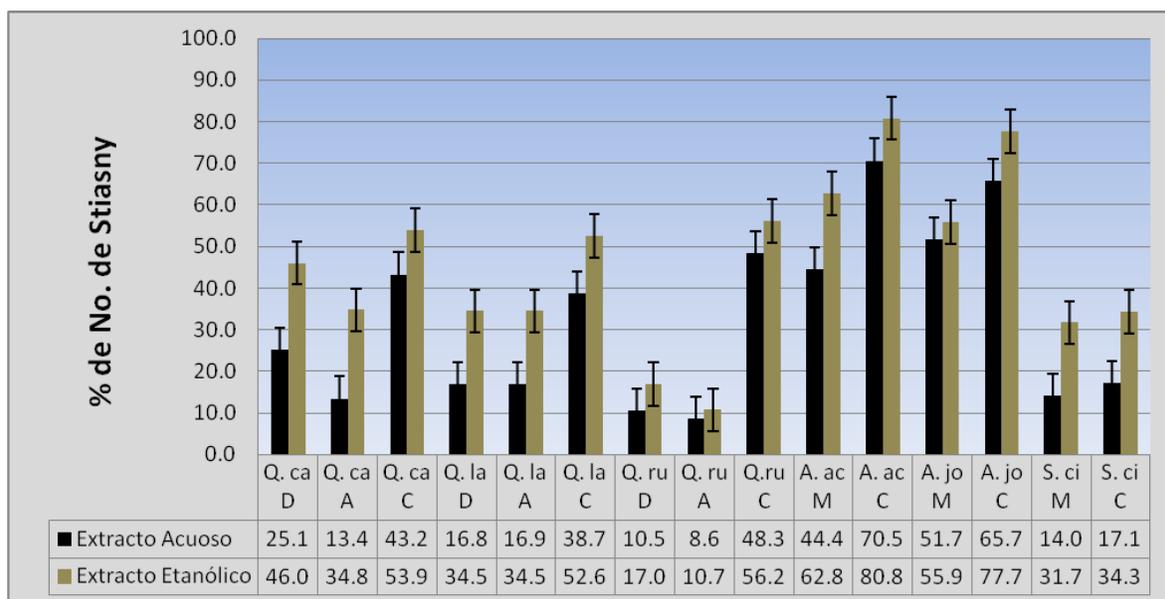


### TANINOS

### ANEXO 11. Gráfica para Extracto total



### ANEXO 12. Gráfica para No. de Stiasny



### ANEXO 13. Gráfica para Taninos totales

