

## ANEXOS

**Anexo 1: Niveles de actividad enzimática en caldos de cultivo con diversas fuentes de carbono y energía.**

A continuación se presenta un cálculo típico a partir del cual se determina la actividad enzimática y la actividad específica de cada una de las enzimas. La actividad específica de la especie BM-04 en medio de cultivo con CXP como única fuente de carbono y energía se determina a partir de la ecuación:

$$A.E = \frac{\Delta abs}{t * V.s * e * b} \quad (2)$$

Donde:

*A.E*: Actividad específica ( $min.^{-1}.mL^{-1}$ )

$\Delta abs$ : Variación de absorbancia (*abs.*)

*t*: Tiempo de transformación del sustrato (*min.*)

*V.s*: Volumen del sobrenadante de cultivo (*mL*)

*e*: Factor de extinción molar ( $mM^{-1}.cm^{-1}$ )

*b*: Espesor de la cubeta (*cm*)

$$A.E = \frac{0,001 abs}{1 \text{ min} * 0,04 mL * 0,0293 (mM^{-1}.cm^{-1}) * 1 cm}$$

$$A.E = 0,85 mM / (mL. min)$$

Para obtener el valor de la unidad de actividad enzimática se determino la cantidad de proteína existente en la muestra a partir del valor de la absorbancia y la curva de calibración del Bradford A vs. m (ec. 3)

$$A = a * m + b \quad (3)$$

Donde:

*A*: Absorbancia de la muestra de enzima (*abs*)

$m$  : Masa de proteína (mg)

$a$  : Pendiente ( $1,1507\text{abs}\cdot\text{mg}^{-1}$ )

El cálculo típico para determinar los gramos de proteína se indican a continuación:

$$m = \frac{0,0171\text{abs} - 0,0077\text{abs}}{1,1507\text{abs}\cdot\text{mg}^{-1}} = 8,17^{-3}\text{mg}$$

**Tabla N° 9.** Niveles de actividad enzimática de LiPp, MnPp y LACp en medio de cultivo con diversas fuentes de carbono y energía.

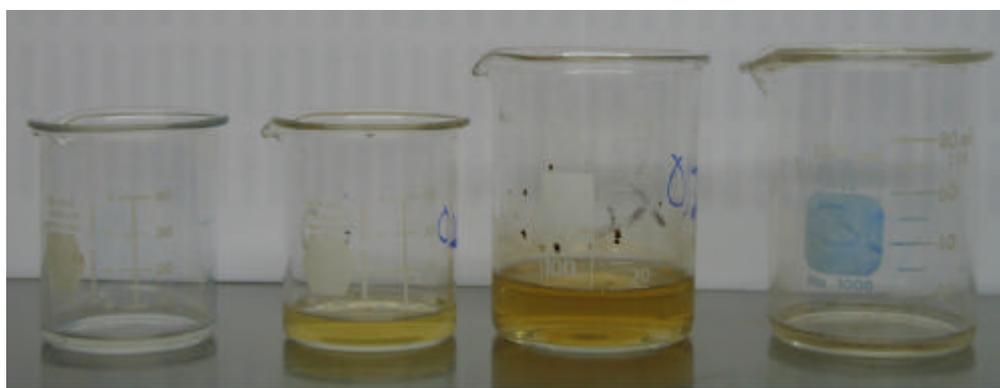
<b>Actividad enzimática de la LiP en caldo de cultivo con CXP como única fuente de carbono y energía</b>				
<b>Tiempo (h)</b>	<b>BM-02</b>	<b>BM-04</b>	<b>BM-36</b>	<b>BM-39</b>
<b>24</b>	24,69 ± 2,26	1350,89 ± 438,08	728,41 ± 91,33	354,44 ± 48,75
<b>48</b>	119,92 ± 12,22	1012,59 ± 80,95	884,65 ± 22,22	695,08 ± 79,65
<b>72</b>	233,54 ± 28,06	2122,42 ± 424,61	1481,15 ± 103,49	1346,53 ± 243,68
<b>96</b>	311,91 ± 15,77	2015,58 ± 177,08	1558,34 ± 493,65	1888,42 ± 225,77
<b>120</b>	268,38 ± 8,46	2019,41 ± 71,80	1739,00 ± 66,50	2060,45 ± 282,57
<b>Actividad enzimática de la MnP en caldo de cultivo con CXP como única fuente de carbono y energía</b>				
<b>Tiempo (h)</b>	<b>BM-02</b>	<b>BM-04</b>	<b>BM-36</b>	<b>BM-39</b>
<b>24</b>	17,09 ± 1,60	326,90 ± 162,62	115,21 ± 17,12	38,46 ± 6,94
<b>48</b>	22,92 ± 2,25	121,08 ± 14,77	114,39 ± 3,32	59,77 ± 4,79
<b>72</b>	42,20 ± 4,94	204,67 ± 63,82	215,11 ± 17,83	154,98 ± 26,74
<b>96</b>	46,20 ± 3,17	296,72 ± 35,10	289,64 ± 17,83	190,79 ± 34,59
<b>120</b>	65,68 ± 2,00	273,00 ± 23,86	371,85 ± 19,87	324,16 ± 42,97
<b>Actividad enzimática de la Lac en caldo de cultivo con CXP como única fuente de carbono y energía</b>				
<b>Tiempo (h)</b>	<b>BM-02</b>	<b>BM-04</b>	<b>BM-36</b>	<b>BM-39</b>
<b>24</b>	3,56 ± 0,16	116,49 ± 15,93	386,13 ± 52,70	493,86 ± 25,63
<b>48</b>	11,08 ± 0,31	79,88 ± 13,49	107,73 ± 6,95	148,88 ± 10,97
<b>72</b>	20,87 ± 1,49	63,47 ± 14,73	199,15 ± 34,76	252,91 ± 32,74
<b>96</b>	57,12 ± 0,68	142,29 ± 16,52	354,65 ± 34,68	345,41 ± 48,36
<b>120</b>	78,27 ± 2,79	131,48 ± 5,97	434,27 ± 25,32	351,30 ± 82,00

(Continuación: **Tabla N° 9.** Niveles de actividad enzimática de LiPp, MnPp y LACp en medio de cultivo con diversas fuentes de carbono y energía)

Actividad enzimática de la Lac en caldo de cultivo con afrecho como única fuente de carbono y energía				
Tiempo (h)	BM-02	BM-04	BM-36	BM-39
24	-	147,62 ± 10,88	-	-
48	-	10,00 ± 0,00	-	-
72	-	1379,67 ± 105,55	-	-
96	-	931,33 ± 66,55	-	-
120	-	1209,71 ± 122,15	-	-

### *Anexo 2: Rompimiento de las emulsiones: soluciones acuosas*

En la figura 40 se muestra la solución acuosa obtenida luego de la ruptura de la emulsión del control y el tratamiento con la mezcla de enzimas LiPp.



**Figura 40.** Solución acuosa obtenida luego de la ruptura de la emulsión formada en el tratamiento con la mezcla de LiPp.

En la figura 41 se muestra la solución acuosa obtenida luego de la ruptura de la emulsión del control y el tratamiento con la mezcla de enzimas LACp.



**Figura 41.** Solución acuosa obtenida luego de la ruptura de la emulsión formada en el tratamiento con la mezcla de LACp.

***Anexo 3: Determinación de la densidad de cada una de las muestras con y sin tratamiento térmico***

Una vez biotratadas las muestras de crudo se llevó a cabo la determinación de su densidad a partir del método de flotabilidad, en la figura 42 se muestra el momento en el cual la gota de crudo queda suspendida en la solución de NaCl.



**Figura 42.** Flotabilidad de una gota de crudo en una solución de NaCl de concentración conocida

La expresión matemática para determinar la densidad es la siguiente:

$$D = \frac{m_{PS} - m_{PV}}{V_P} * 100\%$$

Donde:

D: Densidad (g/mL)

$m_{PS}$ : Masa del picnómetro con solución salina (g)

$m_{PV}$ : Masa del picnómetro vacío (g)

$V_P$ : Volumen del picnómetro (mL)

Un cálculo típico para determinar la densidad de la muestra de crudo biotratada durante 20 h con la mezcla de LACp es la siguiente:

$$D = \frac{28,4503g - 18,2014g}{10,0741mL} * 100\%$$

$$D = 1,0174 \text{ g / mL}$$

Medida de la densidad mediante el método de flotabilidad del crudo

**Tabla N° 10.** Peso y volumen de los picnómetros

Picnómetro	Peso del picnómetro vacío (g)	Volumen del picnómetro (mL)
1	18,20	10,07
2	17,73	10,03
3	17,95	10,04
4	19,17	10,10
5	19,29	10,00

**Tabla N° 11.** Medida de la densidad y gravedad API de la muestra biotratada con LACp y sometida a tratamiento térmico.

<b>Muestra tratada con LACp sometida a tratamiento 350 °C</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>Peso del picnómetro con solución salina (g)</b>	<b>Densidad del crudo (g/mL)</b>	<b>Densidad del crudo API (°API)</b>	<b>Densidad promedio (g/mL)</b>	<b>Gravedad API promedio (°API)</b>
<b>Control</b>	28,47	1,019	7,51	1,023 ± 0,003	6,95 ± 0,40
	28,00	1,024	6,83		
	28,21	1,022	7,05		
	29,49	1,022	7,08		
	29,58	1,028	6,29		
<b>10 h</b>	28,39	1,011	8,49	1,019 ± 0,004	7,52 ± 0,58
	27,94	1,018	7,69		
	28,17	1,019	7,52		
	29,50	1,023	7,00		
	29,53	1,024	6,88		
<b>20 h</b>	28,45	1,017	7,72	1,020 ± 0,002	7,39 ± 0,28
	27,95	1,019	7,53		
	28,18	1,020	7,38		
	29,46	1,019	7,45		
	29,54	1,024	6,88		
<b>30 h</b>	28,55	1,027	6,45	1,027 ± 0,005	6,45 ± 0,06
	28,04	1,028	6,35		
	28,25	1,027	6,47		
	29,53	1,026	6,54		
	29,57	1,027	6,46		

**Tabla N° 12.** Medida de la densidad y gravedad API de la muestra biotratada con LiPp y sometida a tratamiento térmico.

<b>Muestra tratada con LiPp sometida a tratamiento 350 °C</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>Peso del picnómetro con solución salina (g)</b>	<b>Densidad del crudo (g/mL)</b>	<b>Densidad del crudo API (°API)</b>	<b>Densidad promedio (g/mL)</b>	<b>Gravedad API promedio (°API)</b>
<b>Control</b>	28,57	1,029	6,13	1,031 ± 0,001	5,90 ± 0,12
	28,08	1,032	5,81		
	28,30	1,032	5,86		
	29,59	1,032	5,83		
	29,61	1,031	5,89		
<b>10 h</b>	28,52	1,024	6,87	1,026 ± 0,002	6,56 ± 0,31
	27,99	1,023	6,97		
	28,27	1,029	6,19		
	29,55	1,028	6,35		
	29,57	1,027	6,42		
<b>20 h</b>	28,48	1,020	7,37	1,022 ± 0,001	7,14 ± 0,14
	27,99	1,023	6,98		
	28,21	1,023	7,02		
	29,49	1,022	7,11		
	29,51	1,021	7,21		
<b>30 h</b>	28,48	1,021	7,29	1,022 ± 0,001	7,11 ± 0,16
	27,97	1,021	7,20		
	28,21	1,023	7,04		
	29,48	1,021	7,18		
	29,54	1,024	6,84		

**Tabla N° 13.** Medida de la densidad y gravedad API de la muestra biotratada con LACp y sin tratamiento térmico.

<b>Muestra tratada con LACp sin tratamiento térmico</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>Peso del picnómetro con solución salina (g)</b>	<b>Densidad del crudo (g/mL)</b>	<b>Densidad del crudo API (°API)</b>	<b>Densidad promedio (g/mL)</b>	<b>Gravedad API promedio (°API)</b>
<b>Control</b>	28,35	1,007	9,03	1,009 ± 0,001	8,83 ± 0,17
	27,86	1,010	8,70		
	28,08	1,010	8,72		
	29,34	1,007	9,04		
	29,40	1,010	8,67		
<b>10 h</b>	28,31	1,003	9,58	1,005 ± 0,001	9,29 ± 0,17
	27,83	1,007	9,07		
	28,04	1,006	9,24		
	29,32	1,005	9,32		
	29,36	1,006	9,25		
<b>20 h</b>	28,33	1,006	9,25	1,008 ± 0,002	8,91 ± 0,20
	27,85	1,009	8,80		
	28,08	1,010	8,70		
	29,34	1,008	9,01		
	29,39	1,009	8,79		
<b>30 h</b>	28,34	1,007	9,12	1,008 ± 0,001	8,97 ± 0,14
	27,84	1,008	8,94		
	28,07	1,009	8,80		
	29,33	1,007	9,14		
	29,39	1,009	8,82		

**Tabla N° 14.** Medida de la densidad y gravedad API de la muestra biotratada con LiPp y sin tratamiento térmico.

<b>Muestra tratada con LiPp sin tratamiento térmico</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>Peso del picnómetro con solución salina (g)</b>	<b>Densidad del crudo (g/mL)</b>	<b>Densidad del crudo API (°API)</b>	<b>Densidad promedio (g/mL)</b>	<b>Gravedad API promedio (°API)</b>
<b>Control</b>	28,57	1,029	6,19	1,029 ± 0,001	6,13 ± 0,07
	28,06	1,030	6,03		
	28,28	1,029	6,13		
	29,56	1,029	6,22		
	29,60	1,030	6,07		
<b>10 h</b>	28,42	1,014	8,14	1,016 ± 0,001	7,92 ± 0,13
	27,92	1,016	7,85		
	28,14	1,016	7,95		
	29,43	1,016	7,90		
	29,47	1,017	7,76		
<b>20 h</b>	28,40	1,012	8,41	1,013 ± 0,001	8,24 ± 0,15
	27,91	1,015	8,07		
	28,12	1,013	8,23		
	29,39	1,012	8,42		
	29,44	1,015	8,08		
<b>30 h</b>	28,53	1,025	6,68	1,028 ± 0,001	6,37 ± 0,19
	28,04	1,028	6,38		
	28,26	1,028	6,33		
	29,54	1,027	6,39		
	29,60	1,030	6,07		

**Anexo 4: Porcentajes de Saturados, Aromáticos y Resinas obtenidos a partir de la cromatografía de adsorción y porcentaje de asfaltenos obtenidos mediante su precipitación por gravedad**

En la figura 43 se muestran los resultados típicos de composición SARA reportados en la literatura para varios crudos pesados venezolanos

Crudo	% Sat.	% Aro.	% Res.	% Asf.
Cerro Negro	13.5	41.4	32.3	13.1
Hamaca	13.8	45.8	27.8	13.0
Residual Maya	17.5	49.6	20.5	12.4
Residual Tía Juana	7.6	23.6	42.6	16.2

**Figura 43:** Composición SARA típica en varios crudos pesados y extrapesados venezolanos y sus residuales

La expresión matemática para determinar las fracciones del SARA es la siguiente:

$$P_{fi}(\%) = \frac{m_{fi}(g)}{m_{tc}(g)} * 100\% \quad (9)$$

Donde:

$P_{fi}$  : Porcentaje de la fracción i (%)

$m_{fi}$  : Masa de la fracción i (g)

$m_{tc}$  : Masa total de la muestra de crudo (g)

A continuación se muestra un cálculo típico para determinar las fracciones de saturados de la muestra biotratada durante 20 h con LACp y sometida a tratamiento térmico:

$$P_{fi}(\%) = \frac{0,0764 \text{ g}}{0,5589} * 100\%$$

$$P_{fi}(\%) = 13,67\%$$

De igual forma se obtienen las demás fracciones de crudo aromáticos y resinas.

**Tabla N° 15.** Porcentajes de saturados de las muestras biotratadas con la mezcla de LACp (sin tratamiento térmico)

Muestra		Peso de la muestra de crudo (g)	Peso del vial sin saturados (g)	Peso del vial con Saturados (g)	Saturados (%)
Control	1	0,5000	19,3384	19,4362	19,5689
	2	0,5000	19,3546	19,4540	19,8823
10 h	1	0,5046	19,1216	19,2241	20,3185
	2	0,5086	19,2376	19,2427	20,0282
20 h	1	0,5029	19,6207	19,7265	21,0285
	2	0,5092	19,4491	19,4542	20,9853
30 h	1	0,5000	19,3964	19,4965	20,0371
	2	0,5000	19,0265	19,0315	19,9834

**Tabla N° 16.** Porcentajes de aromáticos de las muestras biotratadas con la mezcla de LACp (sin tratamiento térmico)

Muestra		Peso de la muestra de crudo (g)	Peso del vial sin Aromáticos (g)	Peso del vial con Aromáticos (g)	Aromáticos (%)
Control	1	0,5000	19,4705	19,6701	39,9123
	2	0,5000	19,2680	19,4658	39,5672
10 h	1	0,5046	19,3728	19,3778	40,0572
	2	0,5086	19,9357	19,9408	40,1238
20 h	1	0,5029	0,5029	10,5540	10,5590
	2	0,5092	0,5092	10,9082	10,9133
30 h	1	0,5000	19,7430	19,7480	39,9514
	2	0,5000	19,1738	19,1788	39,8312

**Tabla N° 17.** Porcentajes de resinas de las muestras biotratadas con la mezcla de LACp (sin tratamiento térmico)

Muestra		Peso de la muestra de crudo (g)	Peso del vial sin Resinas (g)	Peso del vial con Resinas (g)	Resinas (%)
Control	1	0,5000	23,2000	23,2802	16,0421
	2	0,5000	23,2744	23,3595	17,0154
10 h	1	0,5046	10,7492	10,8293	15,8837
	2	0,5086	10,6402	10,7218	16,0344
20 h	1	0,5029	19,3921	19,4692	15,3475
	2	0,5092	19,4920	19,5694	15,2198
30 h	1	0,5000	19,9427	20,0228	16,0190
	2	0,5000	19,2013	19,2812	15,9829

**Tabla N° 18.** Porcentajes de asfaltenos de las muestras biotratadas con la mezcla de LACp (sin tratamiento térmico)

Muestra		Peso de la muestra de crudo (g)	Peso del papel de filtro sin Asfaltenos (g)	Peso del papel de filtro con Asfaltenos (g)	Asfaltenos (%)
Control	1	0,5000	0,6443	0,7191	14,9600
	2	0,5000	0,6214	0,6984	15,4000
10 h	1	0,5046	0,6299	0,7044	14,7641
	2	0,5086	0,6404	0,7072	13,1340
20 h	1	0,5029	0,6226	0,6913	13,6607
	2	0,5092	0,6367	0,7065	13,7077
30 h	1	0,5000	0,6429	0,7160	14,6200
	2	0,5000	0,6270	0,7036	15,3200

**Tabla N° 19.** Porcentajes de saturados de las muestras biotratadas con la mezcla de LiPp (sin tratamiento térmico)

Muestra		Peso de la muestra de crudo (g)	Peso del vial sin Saturados (g)	Peso del vial con Saturados (g)	Saturados (%)
Control	1	0,5320	19,8720	19,9824	20,7462
	2	0,5799	19,1739	19,2912	20,2271
10 h	1	0,5030	11,3892	11,4947	20,9838
	2	0,5066	11,4821	11,5858	20,4749
20 h	1	0,5031	10,8372	10,9516	22,7431
	2	0,5171	10,3814	10,4944	21,8463
30 h	1	0,5744	19,3724	19,4889	20,2819
	2	0,5551	19,8472	19,9629	20,8365

**Tabla N° 20.** Porcentajes de aromáticos de las muestras biotratadas con la mezcla de LiPp (sin tratamiento térmico)

Muestra		Peso de la muestra de crudo (g)	Peso del vial sin Aromáticos (g)	Peso del vial con Aromáticos (g)	Aromáticos (%)
Control	1	0,5320	11,7721	11,9794	38,9582
	2	0,5799	11,2674	11,4936	39,0014
10 h	1	0,5030	19,3984	11,5942	38,9261
	2	0,5066	19,4628	19,6606	39,0438
20 h	1	0,5031	10,0037	10,2093	40,8732
	2	0,5171	10,0127	10,2213	40,3452
30 h	1	0,5744	11,3722	11,5907	38,0479
	2	0,5551	11,3542	11,5651	37,9875

**Tabla N° 21.** Porcentajes de resinas de las muestras biotratadas con la mezcla de LiPp (sin tratamiento térmico).

Muestra		Peso de la muestra de crudo (g)	Peso del vial sin Resinas (g)	Peso del vial con Resinas (g)	Resinas (%)
Control	1	0,5320	14,4622	19,5571	17,8456
	2	0,5799	18,9934	19,0980	18,0452
10 h	1	0,5030	12,1472	12,2344	17,3280
	2	0,5066	12,4721	12,5585	17,0498
20 h	1	0,5031	11,3720	11,4524	15,9847
	2	0,5171	11,3876	11,4705	16,0349
30 h	1	0,5744	19,6425	19,7399	15,9847
	2	0,5551	19,9362	20,0308	16,0349

**Tabla N° 22.** Porcentajes de asfaltenos de las muestras biotratadas con la mezcla de LiPp (sin tratamiento térmico)

Muestra		Peso de la muestra de crudo (g)	Peso del papel de filtro sin Asfaltenos (g)	Peso del papel de filtro con Asfaltenos (g)	Asfaltenos (%)
Control	1	0,5320	0,6450	0,7233	14,7180
	2	0,5799	0,6399	0,7256	14,7784
10 h	1	0,5030	0,6351	0,7026	13,4194
	2	0,5066	0,6311	0,7001	13,6202
20 h	1	0,5031	0,6113	0,6775	13,1584
	2	0,5171	0,6218	0,6915	13,4790
30 h	1	0,5744	0,6375	0,7188	14,1538
	2	0,5551	0,6322	0,7128	14,5199

**Tabla N° 23.** Porcentajes de saturados de las muestras biotratadas con la mezcla de LACp (con tratamiento térmico).

Muestra		Peso de la muestra de crudo (g)	Peso del vial sin Saturados (g)	Peso del vial con Saturados (g)	Saturados (%)
Control	1	0,5589	19,0233	19,0997	13,6697
	2	0,5305	19,1537	19,2259	13,6098
10 h	1	0,5592	13,7644	13,8294	11,6237
	2	0,5499	10,0585	10,1239	11,8930
20 h	1	0,5678	19,0756	19,1586	14,6178
	2	0,5198	19,5165	19,5902	14,1785
30 h	1	0,5344	14,0236	14,0835	11,2088
	2	0,5116	14,3766	14,4376	11,9233

**Tabla N° 24.** Porcentajes de aromáticos de las muestras biotratadas con la mezcla de LACp (con tratamiento térmico)

Muestra		Peso de la muestra de crudo (g)	Peso del vial sin Aromáticos (g)	Peso del vial con Aromáticos (g)	Aromáticos (%)
Control	1	0,5589	19,4705	19,6175	26,3016
	2	0,5305	19,268	19,4099	26,7483
10 h	1	0,5592	10,9169	11,0569	25,0357
	2	0,5499	14,2388	14,3624	22,4768
20 h	1	0,5678	19,9405	20,0945	27,1222
	2	0,5198	19,3581	19,4942	26,1831
30 h	1	0,5344	9,9475	10,126	33,4019
	2	0,5116	10,0106	10,1912	35,3010

**Tabla N° 25.** Porcentajes de resinas de las muestras biotratadas con la mezcla de LACp (con tratamiento térmico).

Muestra		Peso de la muestra de crudo (g)	Peso del vial sin Resinas (g)	Peso del vial con Resinas (g)	Resinas (%)
Control	1	0,5589	19,3046	19,4112	19,0732
	2	0,5305	19,2429	19,3672	23,4307
10 h	1	0,5592	23,2996	23,4964	35,1931
	2	0,5499	19,1481	19,3439	35,6065
20 h	1	0,5678	19,3046	19,481	31,0673
	2	0,5198	19,2675	19,4298	31,2235
30 h	1	0,5344	10,0485	10,1532	19,5921
	2	0,5116	14,2757	14,3619	16,8491

**Tabla N° 26.** Porcentajes de asfaltenos de las muestras biotratadas con la mezcla de LACp (con tratamiento térmico).

Muestra		Peso de la muestra de crudo (g)	Peso del papel de filtro sin Asfaltenos (g)	Peso del papel de filtro con Asfaltenos (g)	Asfaltenos (%)
Control	1	0,5589	0,6540	0,7855	23,5283
	2	0,5305	0,6327	0,7595	23,9019
10 h	1	0,5592	0,6371	0,7810	25,7331
	2	0,5499	0,6444	0,7844	25,4591
20 h	1	0,5678	0,6460	0,7821	23,9697
	2	0,5198	0,6254	0,7498	23,9322
30 h	1	0,5344	0,6183	0,7655	27,5449
	2	0,5116	0,6377	0,7728	26,4073

**Tabla N° 27.** Porcentajes de saturados de las muestras biotratadas con la mezcla de LiPp (con tratamiento térmico).

Muestra		Peso de la muestra de crudo (g)	Peso del vial sin Saturados (g)	Peso del vial con Saturados (g)	Saturados (%)
Control	1	0,6061	11,7793	11,8684	14,7005
	2	0,5899	11,8628	11,9481	14,4601
10 h	1	0,4724	10,7916	10,8703	16,6596
	2	0,6424	14,3751	14,4788	16,1426
20 h	1	0,5089	11,8889	11,9787	17,6459
	2	0,6555	11,7514	11,8695	18,0168
30 h	1	0,5771	19,1631	19,249	14,8848
	2	0,5542	19,1473	19,2343	15,6983

**Tabla N° 28.** Porcentajes de aromáticos de las muestras biotratadas con la mezcla de LiPp (con tratamiento térmico)

Muestra		Peso de la muestra de crudo (g)	Peso del vial sin Aromáticos (g)	Peso del vial con Aromáticos (g)	Aromáticos (%)
Control	1	0,6061	14,6154	14,76798	25,1741
	2	0,5899	12,8174	12,9708	26,0044
10 h	1	0,4724	11,1564	11,2964	29,6359
	2	0,6424	14,4571	14,6628	32,0205
20 h	1	0,5089	10,7371	10,8894	29,9273
	2	0,6555	14,2939	14,4878	29,5805
30 h	1	0,5771	19,7721	19,9197	25,5762
	2	0,5542	10,5634	10,7032	25,2256

**Tabla N° 29.** Porcentajes de resinas de las muestras biotratadas con la mezcla de LiPp (con tratamiento térmico).

Muestra		Peso de la muestra de crudo (g)	Peso del vial sin Resinas (g)	Peso del vial con Resinas (g)	Resinas (%)
Control	1	0,6061	11,767	11,8798	18,6108
	2	0,5899	11,6579	11,7653	18,2065
10 h	1	0,4724	23,3159	23,4101	19,9407
	2	0,6424	23,5191	23,6358	18,1663
20 h	1	0,5089	11,7164	11,8115	18,6874
	2	0,6555	11,7313	11,8566	19,1152
30 h	1	0,5771	13,613	13,7156	17,7785
	2	0,5542	10,6998	10,7942	17,0336

**Tabla N° 30.** Porcentajes de asfaltenos de las muestras biotratadas con la mezcla de LiPp (con tratamiento térmico).

Muestra		Peso de la muestra de crudo (g)	Peso del papel de filtro sin Asfaltenos (g)	Peso del papel de filtro con Asfaltenos (g)	Asfaltenos (%)
Control	1	0,6061	0,6392	0,7767	22,6860
	2	0,5899	0,6322	0,7667	22,8004
10 h	1	0,4724	0,6317	0,7467	24,3437
	2	0,6424	0,6311	0,7847	23,9103
20 h	1	0,5089	0,6254	0,7306	20,6720
	2	0,6555	0,6330	0,7640	19,9847
30 h	1	0,5771	0,6290	0,7514	21,2095
	2	0,5542	0,6311	0,7555	22,4467

Finalmente los resultados de las fracciones de Saturados, Aromáticos, Resinas y Asfaltenos se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla N° 31.** Porcentajes de Saturados, Aromáticos y Resinas obtenidos en la cromatografía de adsorción para cada muestra de crudo biotratada con la mezcla de enzima LACp y LiPp

MUESTRA	LIGNINA		
	CON TRATAMIENTO TÉRMICO		
COMPUESTO	SAT (%)	AROM (%)	RES (%)
10 (h)	16,40 ± 0,12	30,83 ± 0,42	19,05 ± 0,20
20 (h)	17,83 ± 0,26	29,75 ± 1,19	18,90 ± 0,89
30 (h)	15,29 ± 0,19	25,40 ± 0,17	17,41 ± 0,21
CONTROL	14,58 ± 0,41	25,59 ± 0,18	18,41 ± 0,37
SIN TRATAMIENTO TÉRMICO			
10 (h)	20,73 ± 0,26	38,98 ± 0,02	17,19 ± 0,10
20 (h)	22,29 ± 0,25	40,61 ± 0,06	16,01 ± 0,14
30 (h)	20,56 ± 0,45	38,02 ± 0,26	17,00 ± 0,03
CONTROL	20,49 ± 0,28	38,98 ± 0,03	17,95 ± 0,04
LACASA			
CON TRATAMIENTO TERMICO			
Compuesto	SAT (%)	AROM (%)	RES (%)
10 h	11,76 ± 0,03	23,76 ± 0,22	35,40 ± 2,18
20 h	14,40 ± 0,13	26,65 ± 1,18	31,15 ± 0,21
30 h	11,57 ± 0,22	34,35 ± 0,47	18,22 ± 0,08
Control	13, 64 ± 0,36	26,53 ± 0,95	21,25 ± 1,37
SIN TRATAMIENTO TERMICO			
10 h	20,17 ± 0,16	40,09 ± 0,17	15,88 ± 0,49
20 h	21,01 ± 0,15	42,83 ± 0,03	15,28 ± 0,11
30 h	20,01 ± 0,02	39,89 ± 0,16	16,00 ± 0,06
Control	19,73 ± 0,03	39,74 ± 0,06	16,53 ± 0,02

**Tabla N° 32.** Porcentaje de asfaltenos en las muestras biotratadas con LACp y LiPp con y sin tratamiento térmico.

MUESTRA	LIGNINA (%)	LACASA (%)
<b>SIN TRATAMIENTO TÉRMICO</b>		
<b>10 (h)</b>	13,52 ± 0,10	13,95 ± 0,82
<b>20 (h)</b>	13,32 ± 0,16	13,68 ± 0,02
<b>30 (h)</b>	14,34 ± 0,18	14,97 ± 0,35
<b>CONTROL</b>	14,75 ± 0,03	15,18 ± 0,22
<b>CON TRATAMIENTO TÉRMICO</b>		
<b>10 (h)</b>	20,13 ± 0,22	21,60 ± 0,14
<b>20 (h)</b>	16,33 ± 0,34	19,95 ± 0,02
<b>30 (h)</b>	17,83 ± 0,62	22,98 ± 0,57
<b>CONTROL</b>	18,74 ± 0,06	19,72 ± 0,19

**Anexo 5: Destilación simulada**

Los siguientes resultados fueron obtenidos a partir de las muestras biotratadas por 20 h con la mezcla de enzimas Lac y LiP, así como el control y a las cuales se les aplicó el tratamiento térmico

**Tabla N° 33.** Resultados del análisis de destilación simulada aplicado a la muestra de CXP biotratado con LACp por 20 h y sometido a tratamiento térmico

<b>Tratamiento con la mezcla de LACp</b>		
<b>Corte</b>	<b>Temperatura de ebullición (°C)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
<b>Nafta</b>	IBP-200	-
<b>Jet fuel</b>	200-250	-
<b>Diesel</b>	250-350	5 - 11
<b>Gasóleo de vacío</b>	350-500	22 - 28
<b>Residuo 500 °C+</b>	> 500	63 - 69

**Tabla N° 34.** Resultados del análisis de destilación simulada aplicado a la muestra de CXP biotratado con LiPp por 20 h y sometido a tratamiento térmico

<b>Tratamiento con la mezcla de LiPp</b>		
<b>Corte</b>	<b>Temperatura de ebullición (°C)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
<b>Nafta</b>	IBP-200	-
<b>Jet fuel</b>	200-250	1 - 4
<b>Diesel</b>	250-350	6 - 13
<b>Gasóleo de vacío</b>	350-500	16 - 22
<b>Residuo 500 °C+</b>	> 500	66 - 73

**Tabla N° 35.** Resultados del análisis de destilación simulada aplicado a la muestra de CXP control y sometido a tratamiento térmico

<b>Control</b>		
<b>Corte</b>	<b>Temperatura de ebullición (°C)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
<b>Nafta</b>	IBP-200	-
<b>Jet fuel</b>	200-250	-
<b>Diesel</b>	250-350	6 - 12
<b>Gasóleo de vacío</b>	350-500	20 - 26
<b>Residuo 500 °C+</b>	> 500	65 - 71

Nombre de archivo: ANEXOS  
Directorio: C:\Mis documentos\LILY  
Plantilla: C:\Documents and Settings\Administrador.DESKTOP\Datos de programa\Microsoft\Plantillas\Normal.dot  
Título: ANEXOS  
Asunto:  
Autor: Bj  
Palabras clave:  
Comentarios:  
Fecha de creación: 02/07/2007 10:10:00  
Cambio número: 20  
Guardado el: 14/07/2007 23:39:00  
Guardado por: Bj  
Tiempo de edición: 130 minutos  
Impreso el: 14/07/2007 23:39:00  
Última impresión completa  
Número de páginas: 23  
Número de palabras: 3.335 (aprox.)  
Número de caracteres: 18.343 (aprox.)