

Encontrando que la mejor formulación fue, donde la relación de los biopolímeros es 1:0.75 con 0.2 % de polietilenglicol. En el porcentaje de elongación de estas formulaciones, no hubo diferencia entre el tipo de plastificante ni la concentración de biopolímeros.

Se seleccionó la formulación 2A<sub>5</sub> para pruebas posteriores.

Las películas obtenidas a partir del grupo 3 (Almidón aniónico D-Quitosan F) al ser sometidas a un análisis de varianza ANOVA encontramos que existía una alta diferencia significativa ( $F = 14.8$ ;  $P < 0.05$ ). La prueba de rango múltiple de Tukey mostró cinco diferentes grupos de homogeneidad (tabla 16). Cuando se evalúa el Porcentaje de Elongación mediante un análisis de varianza muestra que existe diferencia significativa ( $F = 3.872$ ;  $P < 0.05$ ) la prueba de rango múltiple de Tukey mostró cuatro grupos de homogeneidad .

Las formulaciones que presentan mejores propiedades son 3A<sub>1</sub>,3A<sub>4</sub>, con una concentración de 0.2% de polietilenglicol como plastificante, seguida de la formulación 3B<sub>6</sub> con glicerol como plastificante.

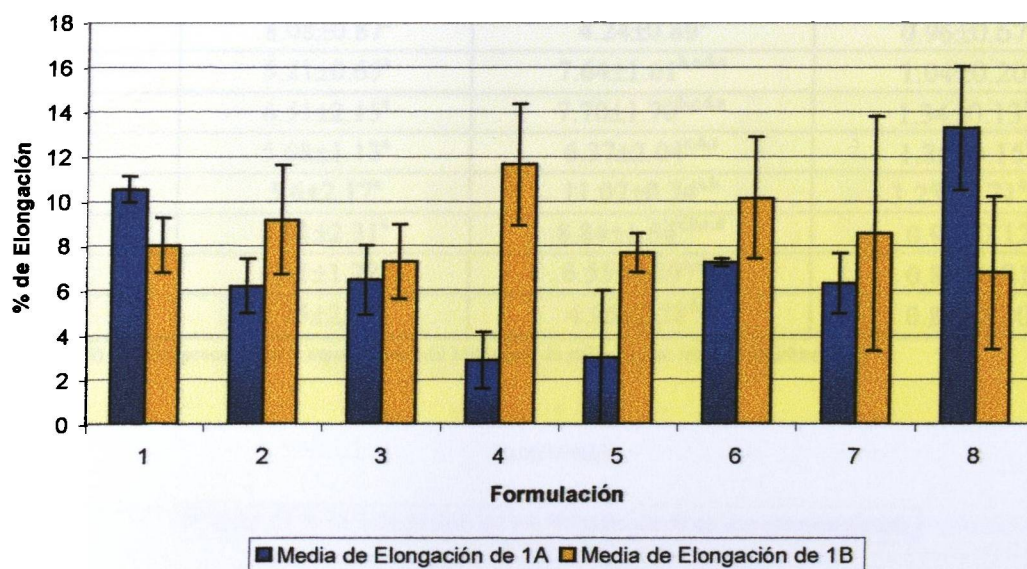
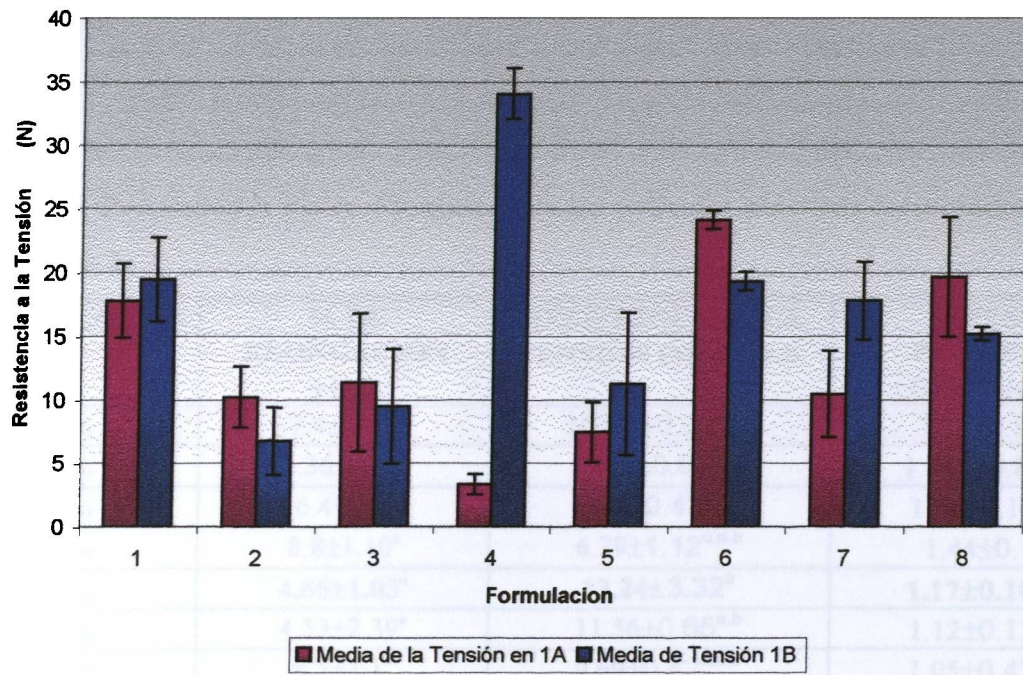
Las cuales fueron seleccionadas para realizar las pruebas posteriores.

La resistencia a la tensión reportado para películas de quitosan utilizando ácido acético, láctico se reporta en los rangos entre 18.56-23.96 Mpa, con valores de elongación de 24.57-32.19 % (Caner, *et al*, 1998). Estos valores se encuentran el los rangos obtenidos en estas formulaciones en cuanto a resistencia a la tensión se refiere, sin embargo, esto es diferente a la elongación.

**Tabla 14. Propiedades Físico-Mecánicas de las películas plásticas formuladas a partir del Grupo 1 .**

| <b>FORMULACIÓN<br/>1</b> | <b>% DE<br/>ELONGACIÓN<br/>±D.S.</b> | <b>RESISTENCIA A<br/>LA TENSIÓN (Mpa)<br/>±D.S.</b> | <b>ESPESOR<br/>PROMEDIO ±D.S.<br/>Mils / <math>\mu\text{m}^a</math></b> |
|--------------------------|--------------------------------------|---|---|
| 1A <sub>1</sub>          | (10.53±0.58) <sup>c,d,e,f</sup>      | (17.93±2.90) <sup>b,c,d</sup>                       | 1.55±0.18 <sup>a,b,c</sup>  |
| 1A <sub>2</sub>          | (2.84±1.27) <sup>e,f</sup>           | (3.33±0.79) <sup>f</sup>                            | 1.34±0.19 <sup>b,c</sup>  |
| 1A <sub>3</sub>          | (6.38±1.56) <sup>a,b,c,d</sup>       | (10.86±5.41) <sup>b,c,d,e,f</sup>                   | 1.21±0.19 <sup>b,c</sup>  |
| 1A <sub>4</sub>          | (6.26±1.22) <sup>b,c,d</sup>         | (10.40±2.42) <sup>c,d,e,f</sup>                     | 1.18±0.19 <sup>b,c</sup>  |
| 1A <sub>5</sub>          | (3.90±3.00) <sup>c,d</sup>           | (7.42±2.35) <sup>e,f</sup>                          | 1.27±0.80 <sup>b,c</sup>  |
| 1A <sub>6</sub>          | (13.46±0.17) <sup>a</sup>            | (20.06.12±0.72) <sup>b,c</sup>                      | 1.26±0.10 <sup>b,c</sup>  |
| 1A <sub>7</sub>          | (6.60±1.33) <sup>a,b,c,d</sup>       | (12.23±3.38) <sup>c,d,e,f</sup>                     | 1.14±0.11 <sup>b,c</sup>  |
| 1A <sub>8</sub>          | (7.28±2.76) <sup>a,b,c,d</sup>       | (24.13±4.68) <sup>b</sup>                           | 1.44±0.18 <sup>a,b,c</sup>  |
| 1B <sub>1</sub>          | (8.08±1.24) <sup>a,b,c,d</sup>       | (19.45±3.27) <sup>b,c,d</sup>                       | 1.44±0.20 <sup>a,b,c</sup>  |
| 1B <sub>2</sub>          | (11.85±2.72) <sup>a,b</sup>          | (34.05±2.00) <sup>a</sup>                           | 1.34±0.28 <sup>b,c</sup>  |
| 1B <sub>3</sub>          | (9.40±1.65) <sup>a,b,c,d</sup>       | (17.96±4.50) <sup>b,c,d</sup>                       | 1.56±0.19 <sup>a,b,c</sup>  |
| 1B <sub>4</sub>          | (9.36±2.45) <sup>a,b,c,d</sup>       | (7.03±2.65) <sup>e,f</sup>                          | 0.80±0.19 <sup>c</sup>  |
| 1B <sub>5</sub>          | (7.38±0.88) <sup>a,b,c,d</sup>       | (12.30±5.61) <sup>c,d,e,f</sup>                     | 2.2±0.28 <sup>a</sup>   |
| 1B <sub>6</sub>          | (7.25±2.72) <sup>a,b,c,d</sup>       | (19.33±0.72) <sup>b,c,d</sup>                       | 1.71±0.80 <sup>a,b</sup>  |
| 1B <sub>7</sub>          | (7.38±5.25) <sup>a,b,c,d</sup>       | (10.20±3.06) <sup>d,e,f</sup>                       | 2.07±0.10 <sup>a</sup>  |
| 1B <sub>8</sub>          | (10.38±3.41) <sup>a,b,c</sup>        | (19.33±0.51) <sup>b,c,d</sup>                       | 1.18±0.38 <sup>b,c</sup>  |

A Polietilenglicol, B Glicerol promedio de 3 repeticiones <sup>a</sup>Mil Milésimas de pulgada  $\mu\text{m}$ ; micra o micrómetro

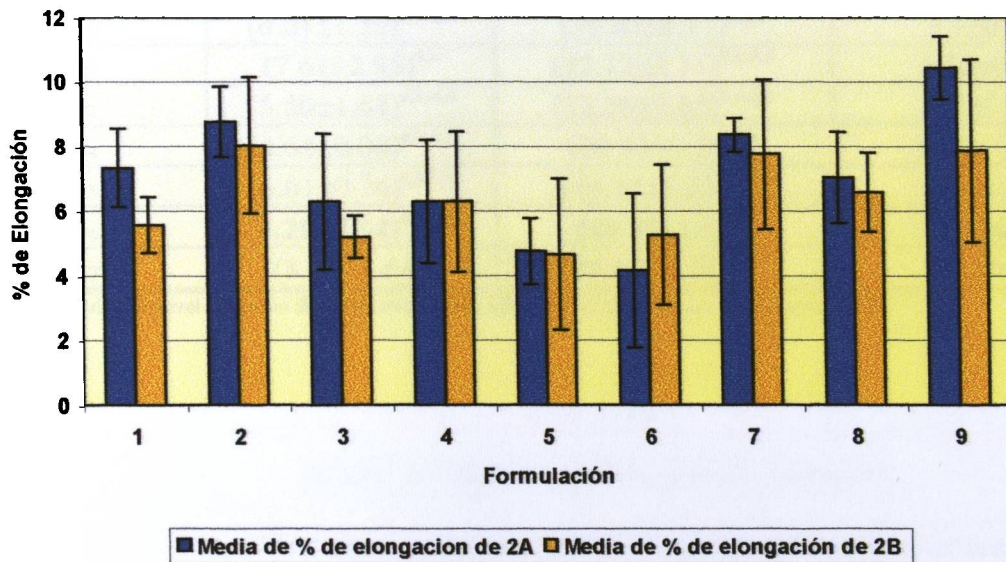
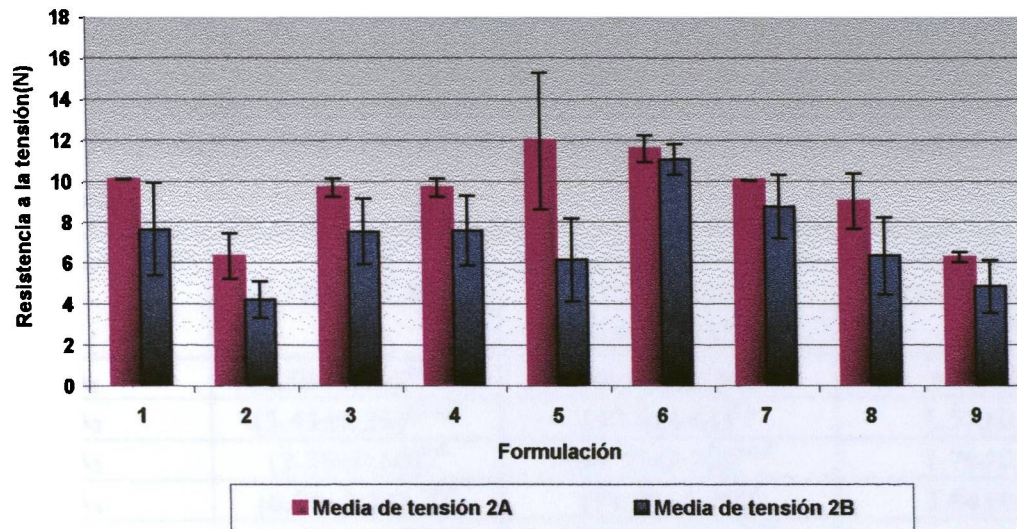


**Gráfica 7. Propiedades fisicomécnicas de las películas plásticas del grupo 1.**

**Tabla 15. Propiedades Físico-Mecánicas de las películas plásticas formuladas a partir del Grupo 2**

| <b>FORMULACIÓN<br/>2</b> | <b>% DE<br/>ELONGACIÓN<br/>±D.S.</b> | <b>RESISTENCIA A LA<br/>TENSIÓN (Mpa)±D.S.</b> | <b>ESPESOR<br/>PROMEDIO<br/>±D.S. Mils / <math>\mu\text{m}^a</math></b> |
|--------------------------|--------------------------------------|--|---|
| 2A <sub>1</sub>          | 7.4±1.21 <sup>a</sup>                | 10.09 ±0.02 <sup>a,b,c</sup>                   | 1.37±0.98 <sup>a,b</sup>  |
| 2A <sub>2</sub>          | 8.36±0.52 <sup>a</sup>               | 10.03±0.02 <sup>a,b,c</sup>                    | 1.139±0.88 <sup>a,b,c</sup>   |
| 2A <sub>3</sub>          | 6.4±2.1 <sup>a</sup>                 | 9.69±0.43 <sup>a,b,c</sup>                     | 1.24±0.17 <sup>a,b,c</sup>  |
| 2A <sub>4</sub>          | 8.8±1.10 <sup>a</sup>                | 6.39±1.12 <sup>c,d,e</sup>                     | 1.44±0.16 <sup>a</sup>  |
| 2A <sub>5</sub>          | 4.86±1.03 <sup>a</sup>               | 12.24±3.32 <sup>a</sup>                        | 1.17±0.10 <sup>a,b,c</sup>  |
| 2A <sub>6</sub>          | 4.53±2.39 <sup>a</sup>               | 11.56±0.65 <sup>a,b</sup>                      | 1.12±0.13 <sup>a,b,c</sup>  |
| 2A <sub>7</sub>          | 6.5±2.1 <sup>a</sup>                 | 9.69±0.42 <sup>a,b,c</sup>                     | 1.05±0.42 <sup>a,b,c</sup>  |
| 2A <sub>8</sub>          | 7.13±1.40 <sup>a</sup>               | 9.09±1.34 <sup>a,b,c</sup>                     | 1.06±0.77 <sup>a,b,c</sup>  |
| 2A <sub>9</sub>          | 10.46±1.90 <sup>a</sup>              | 6.26±0.23 <sup>c,d,e</sup>                     | 1.26±0.45 <sup>a,b,c</sup>  |
| 2B <sub>1</sub>          | 5.61±0.87 <sup>a</sup>               | 8.01 ±2.26 <sup>a,b,c,d,e</sup>                | 1.23±0.77 <sup>a,b,c</sup>  |
| 2B <sub>2</sub>          | 8.08±0.87 <sup>a</sup>               | 4.24±0.89 <sup>e</sup>                         | 0.96±0.67 <sup>b,c</sup>  |
| 2B <sub>3</sub>          | 5.21±0.65 <sup>a</sup>               | 7.64±1.61 <sup>b,c,d,e</sup>                   | 1.04±0.20 <sup>b,c</sup>  |
| 2B <sub>4</sub>          | 6.51±2.15 <sup>a</sup>               | 7.70±1.70 <sup>b,c,d,e</sup>                   | 1.34±0.13 <sup>a,b</sup>  |
| 2B <sub>5</sub>          | 5.08±1.13 <sup>a</sup>               | 6.37±2.04 <sup>c,d,e</sup>                     | 1.35±0.15 <sup>a,b</sup>  |
| 2B <sub>6</sub>          | 5.6±2.17 <sup>a</sup>                | 11.07±0.74 <sup>a,b</sup>                      | 1.23±0.71 <sup>a,b,c</sup>  |
| 2B <sub>7</sub>          | 8.01±2.31 <sup>a</sup>               | 8.84±1.54 <sup>a,b,c,d</sup>                   | 0.92±0.12 <sup>c</sup>  |
| 2B <sub>8</sub>          | 6.31±1.22 <sup>a</sup>               | 6.55±1.89 <sup>c,d,e</sup>                     | 0.88±0.81 <sup>c</sup>  |
| 2B <sub>9</sub>          | 8.15±2.82 <sup>a</sup>               | 4.95±1.28 <sup>d,e</sup>                       | 0.86±0.20 <sup>c</sup>  |

A Polietilenglicol, B Glicerol promedio de 3 repeticiones <sup>a</sup>Mil Milésimas de pulgada  $\mu\text{m}$ ; micra o micrómetro

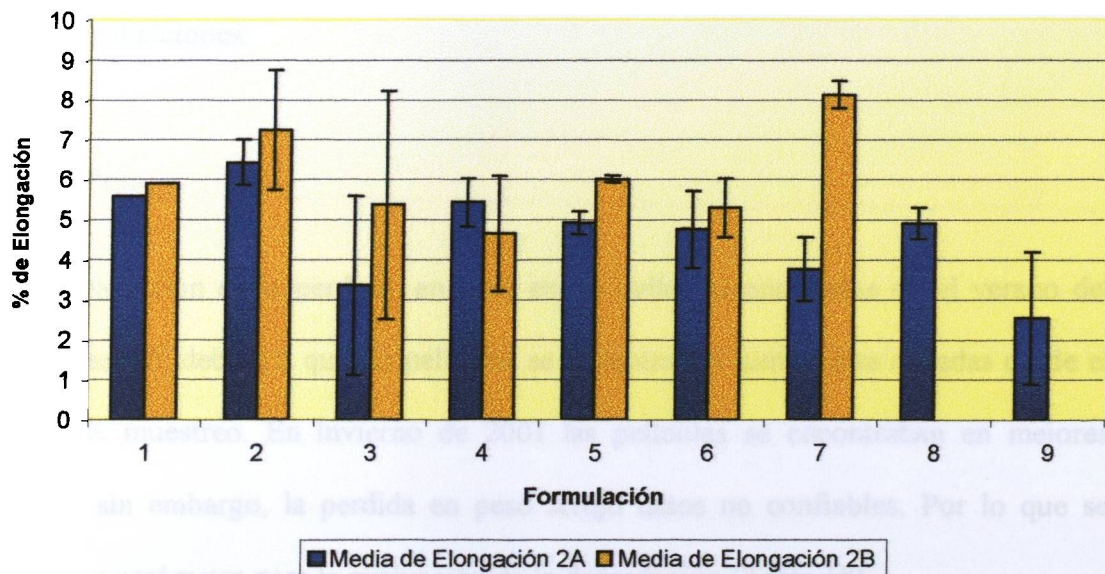
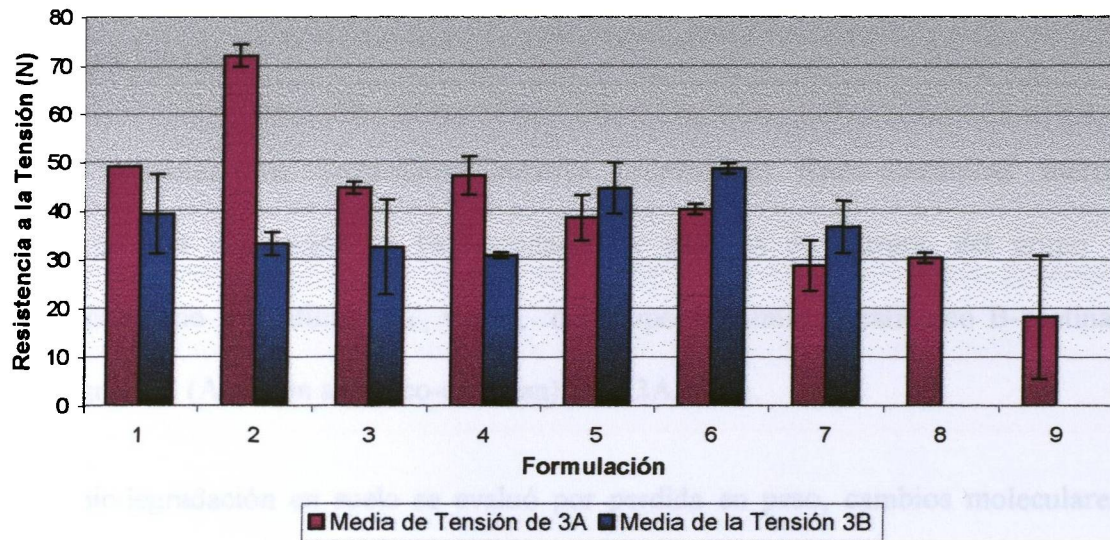


**Gráfica 8. Propiedades fisicomécnicas de las películas plásticas del grupo 2.**

**Tabla 16. Propiedades Físico-Mecánicas de las películas plásticas formuladas a partir del Grupo 3**

| <b>FORMULACIÓN<br/>3</b> | <b>% DE<br/>ELONGACIÓN<br/>±D.S.</b> | <b>RESISTENCIA A LA<br/>TENSIÓN<br/>(Mpa)±D.S.</b> | <b>ESPESOR<br/>PROMEDIO Mils /<br/>μm<sup>a</sup></b> |
|--------------------------|--------------------------------------|--|---|
| 3A <sub>1</sub>          | (5.59±0.56) <sup>a,b,c,d</sup>       | (48.96 ± 2.30) <sup>b</sup>                        | 1.9±0.30 <sup>a</sup>                                 |
| 3A <sub>2</sub>          | (5.43±0.28) <sup>a,b,c,d</sup>       | (47.3±4.61) <sup>b,c</sup>                         | 1.57±0.42 <sup>a</sup>                                |
| 3A <sub>3</sub>          | (3.38±0.60) <sup>c,d</sup>           | (44.72±3.92) <sup>b,c,d</sup>                      | 1.76±0.38 <sup>a</sup>                                |
| 3A <sub>4</sub>          | (6.70±2.22) <sup>a,b,c</sup>         | (71.99±1.20) <sup>a</sup>                          | 2.04±0.20 <sup>a</sup>                                |
| 3A <sub>5</sub>          | (4.97±0.96) <sup>a,b,c,d</sup>       | (38.56±1.00) <sup>b,c,d</sup>                      | 1.47±0.50 <sup>a</sup>                                |
| 3A <sub>6</sub>          | (4.75±0.78) <sup>a,b,c,d</sup>       | (40.28±5.15) <sup>b,c,d</sup>                      | 1.57±0.40 <sup>a</sup>                                |
| 3A <sub>7</sub>          | (3.76±0.37) <sup>b,c,d</sup>         | (28.70±1.03) <sup>d,e</sup>                        | 1.62±0.15 <sup>a</sup>                                |
| 3A <sub>8</sub>          | (5.09±1.65) <sup>a,b,c,d</sup>       | (32.232±12.67) <sup>c,d,e</sup>                    | 1.73±0.22 <sup>a</sup>                                |
| 3A <sub>9</sub>          | (2.54±0.17) <sup>d</sup>             | (18.12±2.02) <sup>e</sup>                          | 1.59±0.43 <sup>a</sup>                                |
| 3B <sub>1</sub>          | (6.01±1.50) <sup>a,b,c,d</sup>       | (39.80±8.11) <sup>b,c,d</sup>                      | 1.7±0.48 <sup>a</sup>                                 |
| 3B <sub>2</sub>          | (7.61±2.85) <sup>a,b</sup>           | (33.13±2.31) <sup>b,c,d,e</sup>                    | 1.36±0.32 <sup>a</sup>                                |
| 3B <sub>3</sub>          | (5.50±1.44) <sup>a,b,c,d</sup>       | (33.56±9.68) <sup>b,c,d,e</sup>                    | 1.5±0.10 <sup>a</sup>                                 |
| 3B <sub>4</sub>          | (4.64±0.08) <sup>a,b,c,d</sup>       | (30.83±0.55) <sup>d,e</sup>                        | 1.72±0.45 <sup>a</sup>                                |
| 3B <sub>5</sub>          | (6.01±0.74) <sup>a,b,c,d</sup>       | (44.51±5.23) <sup>b,c,d</sup>                      | 1.6±0.18 <sup>a</sup>                                 |
| 3B <sub>6</sub>          | (5.29±0.34) <sup>a,b,c,d</sup>       | (48.55±1.01) <sup>b</sup>                          | 1.85±0.25 <sup>a</sup>                                |
| 3B <sub>7</sub>          | (8.23±1.64) <sup>a</sup>             | (36.62±5.29) <sup>b,c,d</sup>                      | 2.2±0.10 <sup>a</sup>                                 |

A Polietilenglicol, B Glicerol promedio de 3 repeticiones <sup>a</sup>Mil Milésimas de pulgada μm; micra o micrómetro



**Gráfica 9. Propiedades fisicomécnicas de las películas plásticas del grupo 3.**

---

## EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADACIÓN DE LAS PELÍCULAS SELECCIONADAS

Las películas que presentaron mejores propiedades físico-mecánicas fueron elaboradas para la evaluación de biodegradación y pruebas de barrera, del grupo 1 (Almidón catiónico A-pectina) 1A<sub>8</sub>, y 1B<sub>2</sub>, del grupo 2 (Almidón catiónico B-pectina) 2A<sub>5</sub>, y del grupo 3 (Almidón aniónico-quitosan) 3A<sub>1</sub>, 3A<sub>4</sub>, 3B<sub>6</sub>.

La biodegradación en suelo se evaluó por pérdida en peso, cambios moleculares mediante la técnica de IRTF y por microscopía electrónica de barrido, la caracterización de tipo de suelo y el monitoreo de las condiciones ambientales, pH y temperatura del suelo durante las evaluaciones.

### **Perdida en Peso**

La evaluación de la pérdida en peso en las películas analizadas en el verano del 2001 no se realizó, debido a que las películas se encontraban sumamente dañadas desde el primer día de muestreo. En invierno de 2001 las películas se encontraban en mejores condiciones, sin embargo, la pérdida en peso arrojó datos no confiables. Por lo que se descarto como parámetro para la evaluación de la degradación (Tabla 18).



### **Análisis de la flora Microbiana adherida a la muestra**

En el experimento de suelo realizado en el período de verano de 2001, se determinó la microflora adherida a la superficie de las películas ( tabla 17), en su mayoría se trataba de especies consideradas como flora normal del suelo principalmente hongos. El análisis fisicoquímico del suelo se muestra en la tabla 19, se trata de un tipo de suelo arcilloso.

**Tabla 17 . Número de microorganismos adheridos por cm<sup>2</sup> de muestra de los formulados colocados en suelo de jardín Verano 2001.**

| DÍA DE MUESTREO | 2A <sub>5</sub>    | 3A <sub>1</sub>    | 3A <sub>4</sub>    | 3B <sub>6</sub>    | 1A <sub>8</sub>    | 1B <sub>2</sub>    |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 3               | 35X10 <sup>3</sup> | 36X10 <sup>3</sup> | 29X10 <sup>3</sup> | 45X10 <sup>3</sup> | 55X10 <sup>3</sup> | 58X10 <sup>3</sup> |
| 6               | 67X10 <sup>4</sup> | 49X10 <sup>4</sup> | 54X10 <sup>5</sup> | N.D                | 35X10 <sup>4</sup> | 43X10 <sup>3</sup> |
| 9               | 42X10 <sup>5</sup> | 67X10 <sup>4</sup> | 89X10 <sup>5</sup> | 35X10 <sup>4</sup> | 97X10 <sup>4</sup> | 89X10 <sup>4</sup> |
| 12              | 55X10 <sup>5</sup> | 33X10 <sup>4</sup> | 32X10 <sup>5</sup> | 26X10 <sup>4</sup> | 36X10 <sup>4</sup> | 42X10 <sup>4</sup> |
| 15              | 28X10 <sup>5</sup> | 35X10 <sup>5</sup> | 45X10 <sup>6</sup> | 69X10 <sup>5</sup> | 48X10 <sup>5</sup> | 65X10 <sup>5</sup> |

Promedio de 3 repeticiones

**Tabla18. Condiciones del Suelo en las diferentes fechas de colecta.**

| día de muestreo | H %<br>Verano | H %<br>Invierno | T°C<br>Verano | T°C<br>Invierno | pH   |
|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|------|
| 0               | 26.9          | 8.2             | 37            | 25              | 7.83 |
| 3               | 16.67         | 7.3             | 35            | 21              | 7.25 |
| 6               | 24.28         | 6.2             | 36            | 20              | 7.72 |
| 9               | 21.89         | 5.9             | 37            | 19              | 7.80 |
| 12              | 15.89         | 6.4             | 36            | 20.5            | 7.80 |
| 15              | 17.73         | 6.8.            | 35            | 22              | 7.81 |

**Tabla 19. Análisis Fisicoquímico del suelo de jardín, ubicado en la facultad de C. Biológicas de la U.A.N.L.**

|                 |               |            |             |
|-----------------|---------------|------------|-------------|
| CO <sub>2</sub> | 0 meq/l       |            |             |
| Ca              | 6.8 meq/l     |            |             |
| Mg              | 12.4 meq/l    |            |             |
| Cl <sub>2</sub> | 11.8 meq/l    |            |             |
| pH              | 7.8           |            |             |
| C.E.            | 0.6 mmhos     |            |             |
| Densidad        | 1.654         |            |             |
| M.O.            | 7.2%          |            |             |
| % Nitrógeno     | 0.421         |            |             |
| Textura         | Arcilla 39.94 | Limo 24.89 | arena 35.17 |

---

## ESPECTROFOTOMETRÍA DE INFRARROJO

El análisis de espectroscopia de Infrarrojo puede ser usada para cuantificar la biodegradación de mezclas de polímeros En 1995. Imam *et al* utilizaron esta técnica para cuantificar la degradación de películas elaboradas a base de almidón y Polihidroxitirato-co-valerato . El almidón presenta una región de absorción en  $900-1200\text{ cm}^{-1}$ . Los cambios en la concentración del almidón de las películas en estudio pudo ser monitoreada mediante la disminución en los picos de absorción, antes y después de ser sometida al ambiente de biodegradación. ( Arévalo N. K, 1996 ,Dalev P.G. 2000).

Los cambios sufridos en las películas se deben a factores bióticos y abióticos. Debido a la presencia de una gran diversidad microbiana, incluyendo hongos, bacterias, insectos, levaduras, algas y protozoarios, los cuales pueden estar presentes en rangos de  $500 \times 10^3$  a  $500 \times 10^6$  por gramo de suelo. Así como a factores ambientales,(humedad, temperatura, pH), ya que en un ambiente natural todos estos factores no están controlados.

Las películas recuperadas de las pruebas de biodegradación en suelo en invierno de 2001 fueron recuperadas los días 0, 2, 4, 6, 8, 10, las cuales fueron analizadas por espectroscopia de infrarrojo por transformadas de Fourier, donde se observa la disminución en la absorbancia de los picos señal antes y después de ser sometidos a la biodegradación en suelo. Tomando como patrón el espectro obtenido de las películas a las 0 horas y evaluando los cambios a las 192 horas (Fig. 32).

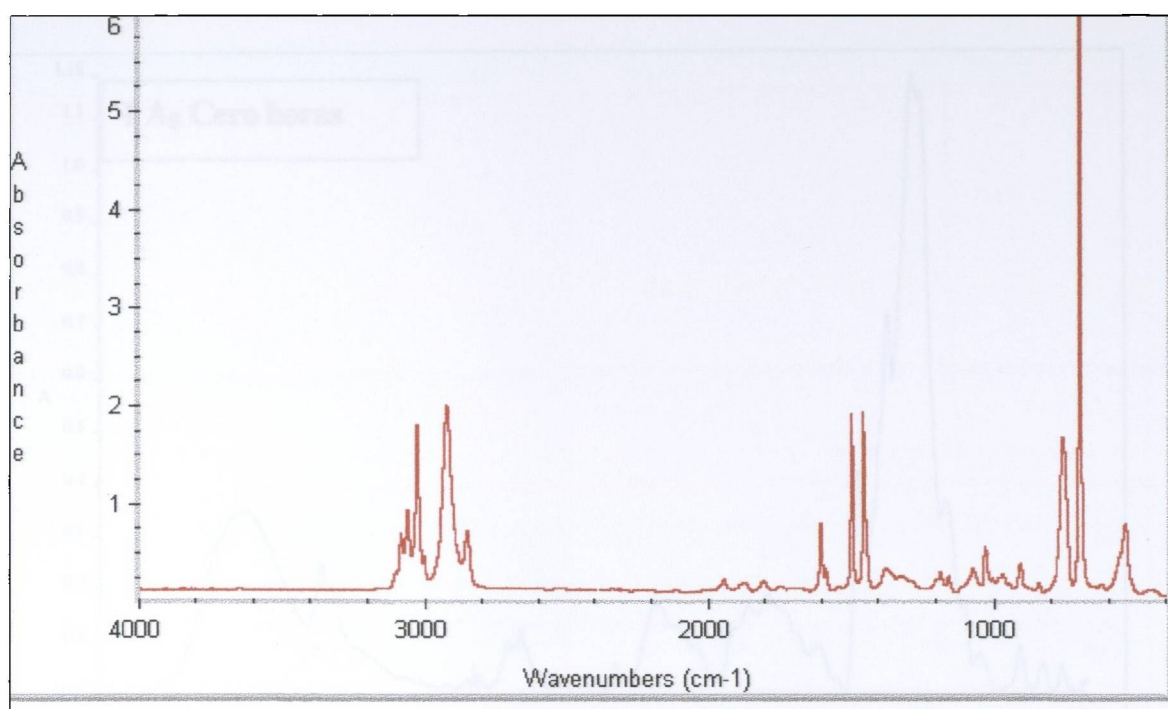
---

Las películas analizadas fueron 1 A<sub>8</sub>, 2 A<sub>5</sub> y 3 A<sub>1</sub> así como una película reportada como biodegradable utilizando como control positivo, la MB-23 y como control negativo se utilizó películas de PEBD (polietileno comercial).

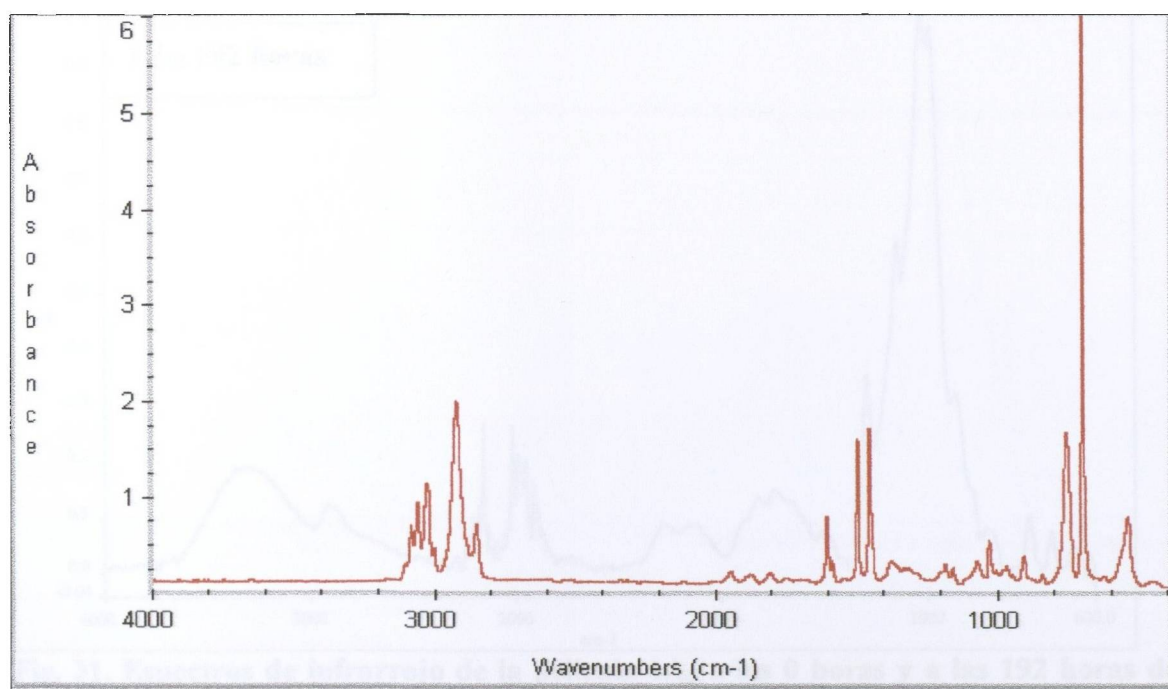
En los espectros del control negativo PEBD , se observan bandas estrechas de absorción características de los enlaces C-H a 2851 y 2921 cm<sup>-1</sup>, una banda delgada correspondiente al mismo tipo de enlace a 1468 cm<sup>-1</sup>, además de una pequeña banda a 721 cm<sup>-1</sup>. Este espectro permanece sin cambio después del estudio de biodegradación (Fig.29 -30).

Los espectros obtenidos de las películas 1A<sub>8</sub>, 2A<sub>5</sub> y A<sub>1</sub>, a las cero horas de tratamiento, presentan unas bandas O-H alrededor de 3400 cm<sup>-1</sup>, una menor C-H a 2921 cm<sup>-1</sup> y un grupo característico de picos C-O entre 960-1190 cm<sup>-1</sup> (Fig. 31, 32, 33). La película MB-23 presenta un pico característico entre 1749-1415 cm<sup>-1</sup> , los cuáles corresponden a los grupos carboxilo de la pectina, los cuáles son tomados como picos señal (Fig.34).

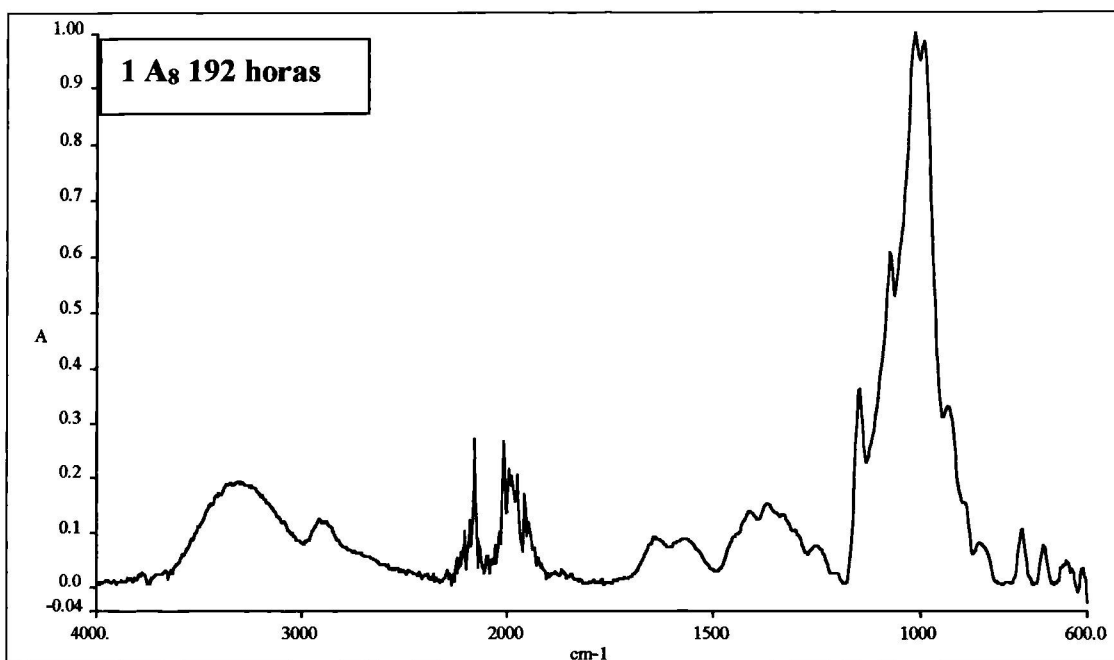
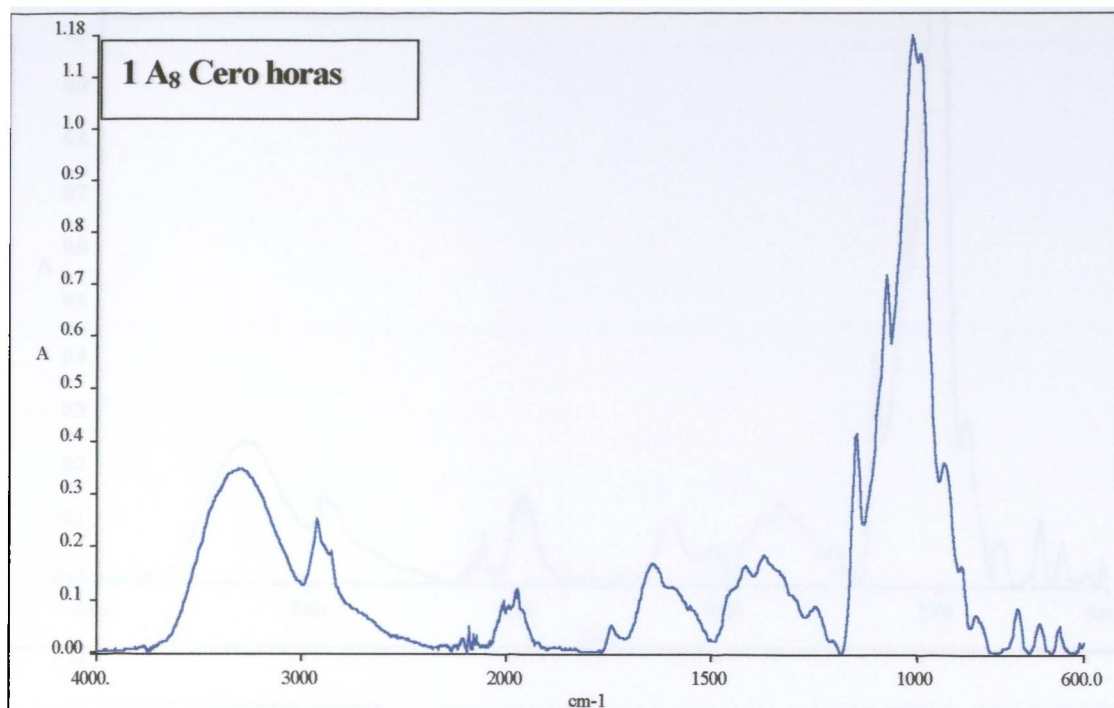
Para la evaluación de la biodegradación en las formulaciones 1A<sub>8</sub>, 2A<sub>5</sub> y 3A<sub>1</sub> se tomó como pico característico el presentado en la región 1150, a las 192 horas de exposición a suelo de jardín, la formulación 1A<sub>8</sub> presentó una disminución de 15.06 % en la absorbancia, la formulación 2A<sub>5</sub> presenta un 42% (Fig.35) y la formulación 3A<sub>1</sub> un 0.07 %. (Fig. 36 A). Por otro lado, la película MB-23, presenta una disminución de la señal de un 80 % entre la región 1749-1415 cm<sup>-1</sup> (Fig. 36B).



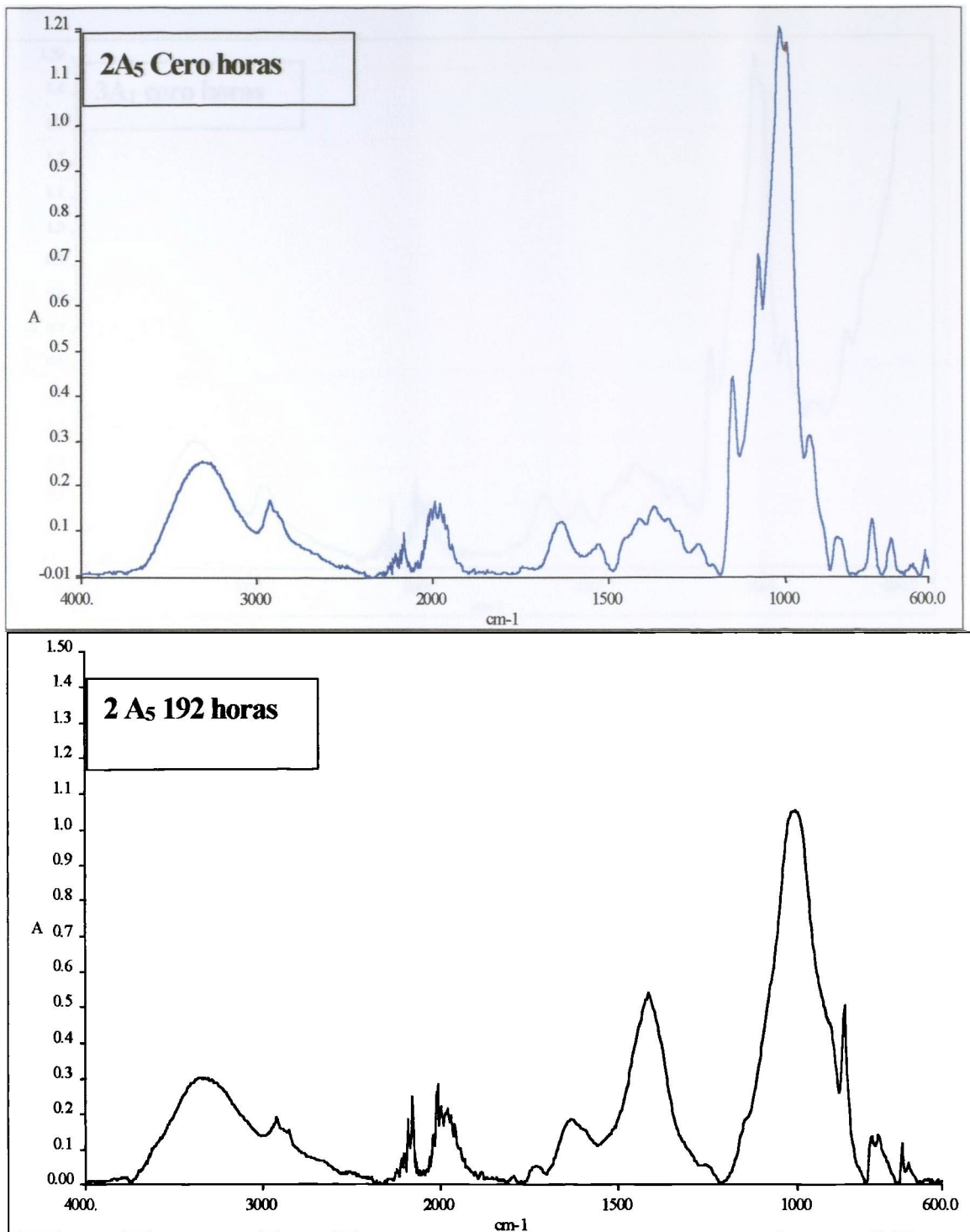
**Fig. 29. Espectros de IRTF de película de polietileno (PEBD) a las cero horas.**



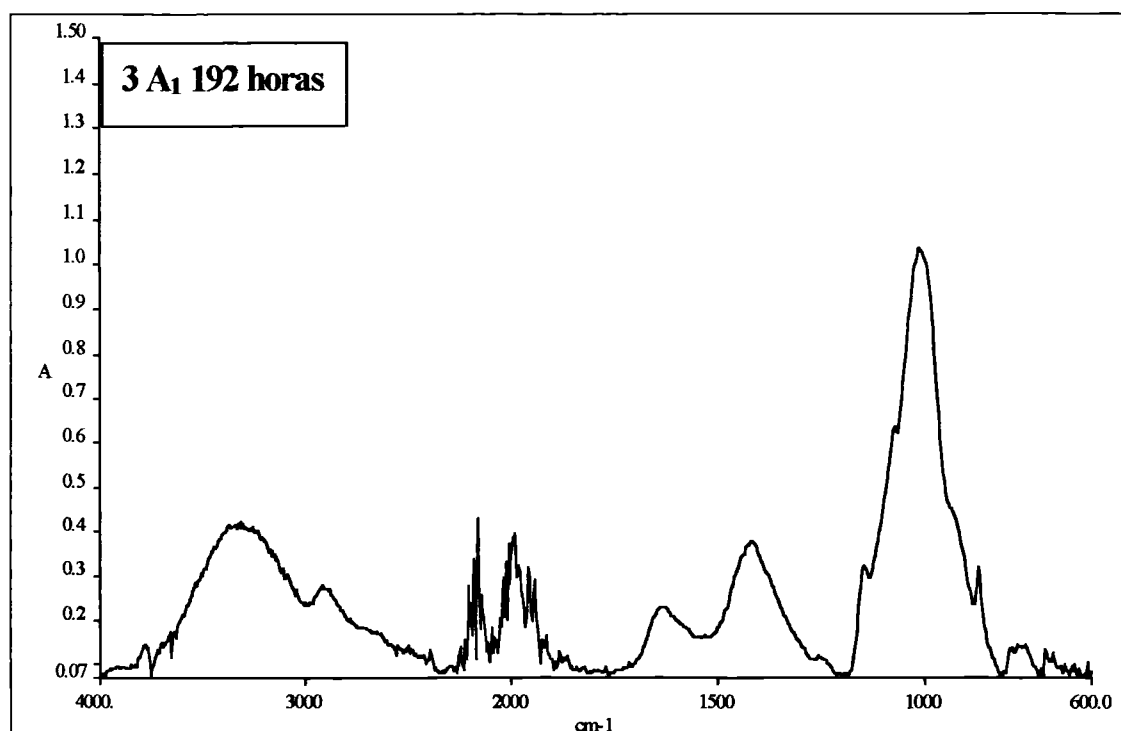
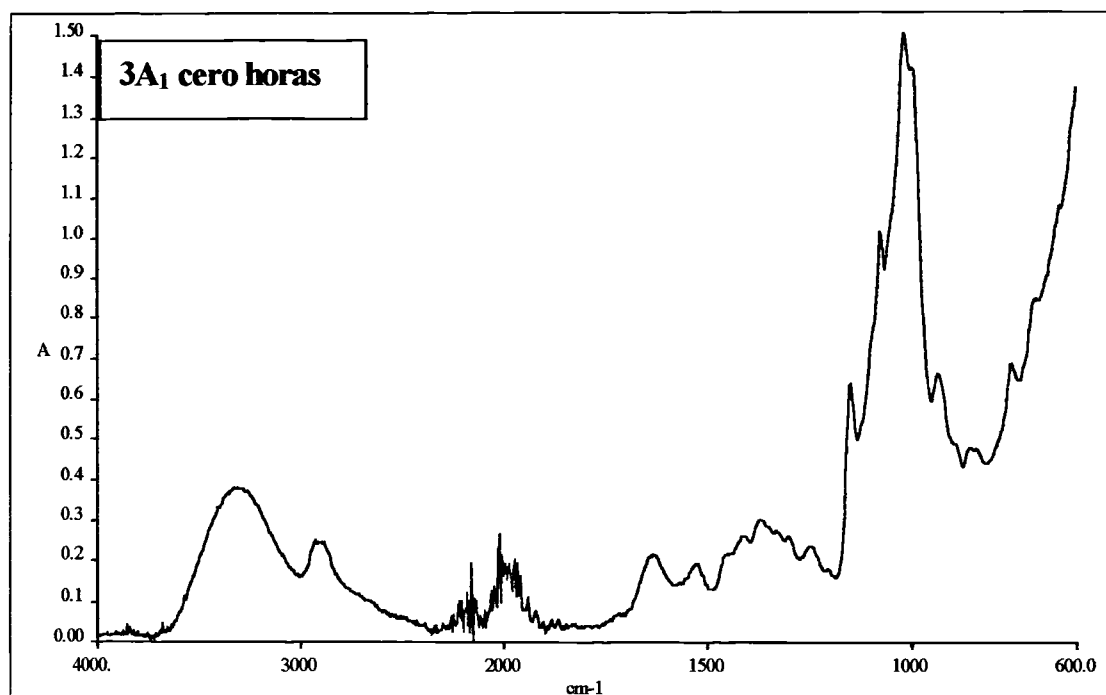
**Fig. 30 . Espectros de IRTF de película de polietileno (PEBD) a las 192 horas.**

**EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADACIÓN POR INFRARROJO**

**Fig. 31. Espectros de infrarrojo de la película 1A<sub>8</sub> a las 0 horas y a las 192 horas de exposición a suelo de jardín.**

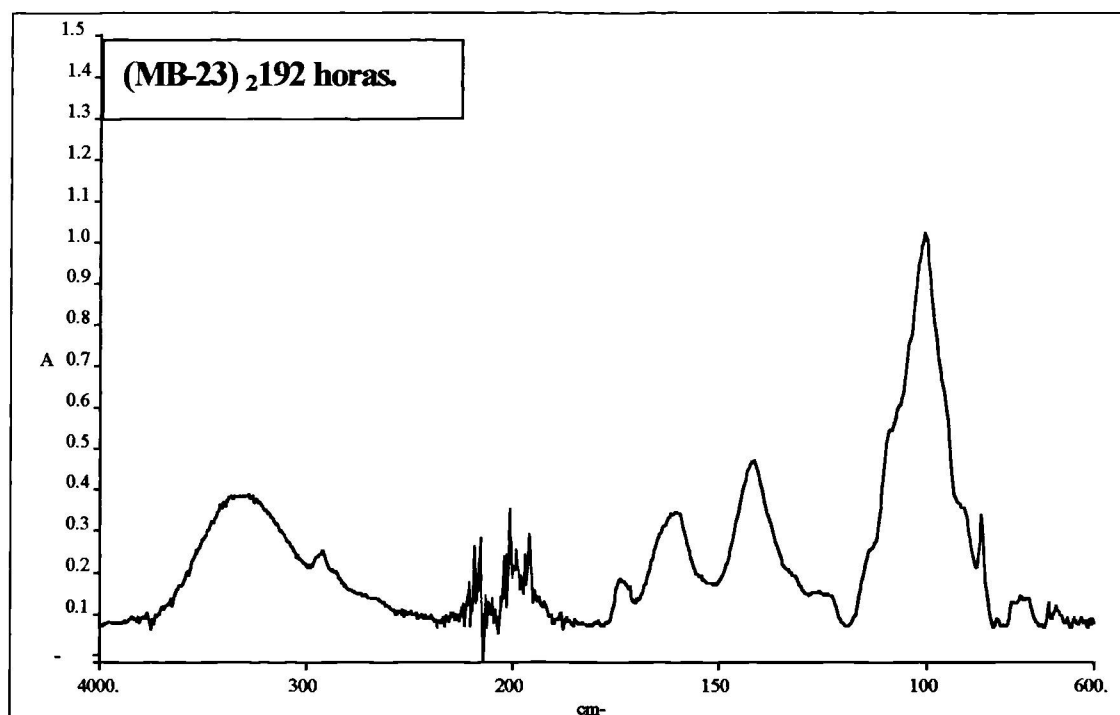
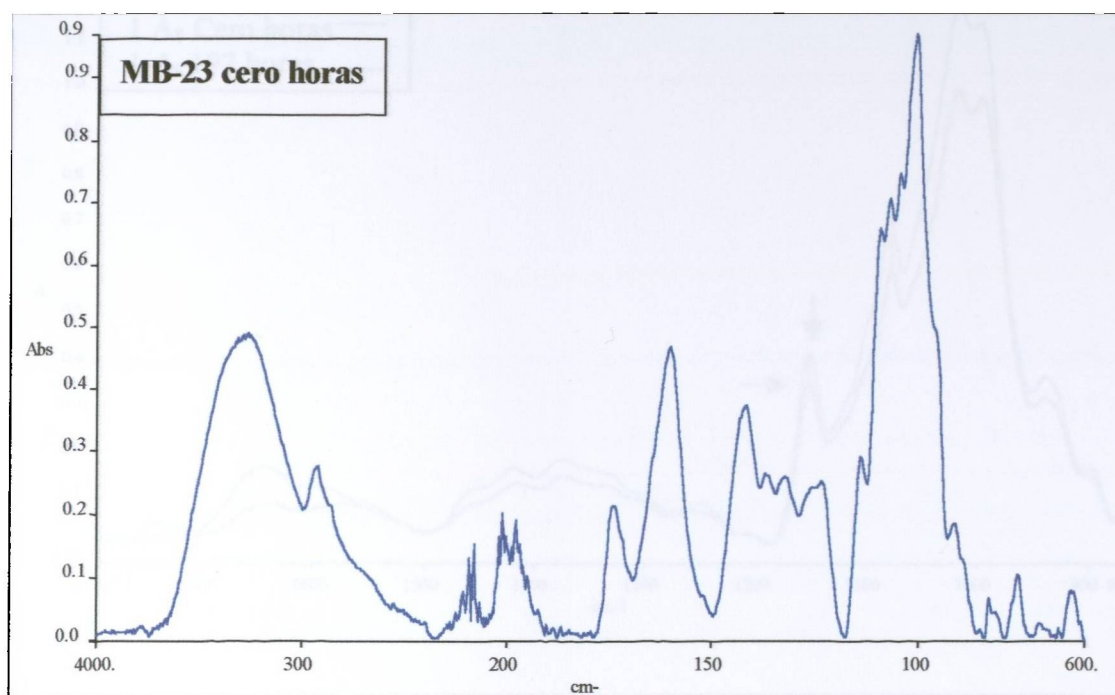


**Fig. 32. Espectros de infrarrojo de la película 2A<sub>5</sub> a las 0 horas y a las 192 horas de exposición a suelo de jardín.**

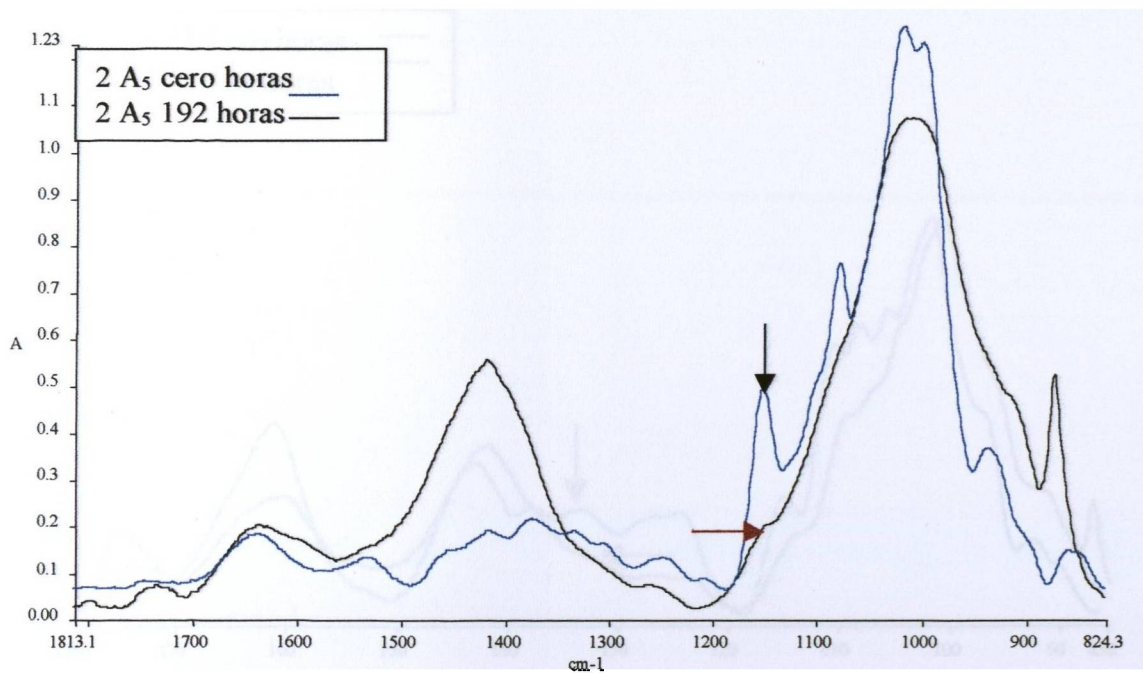
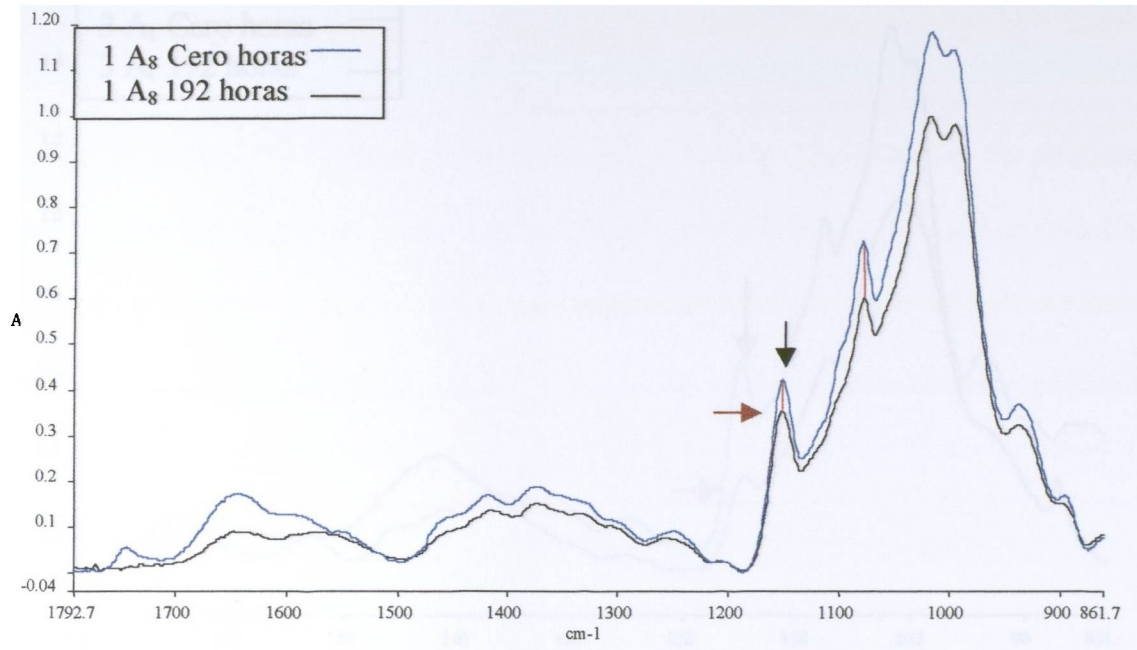


**Fig. 33.** Espectros de infrarrojo de la película 3A<sub>1</sub> estudiadas a las 0 horas y a las 192 horas de exposición a suelo de jardín.

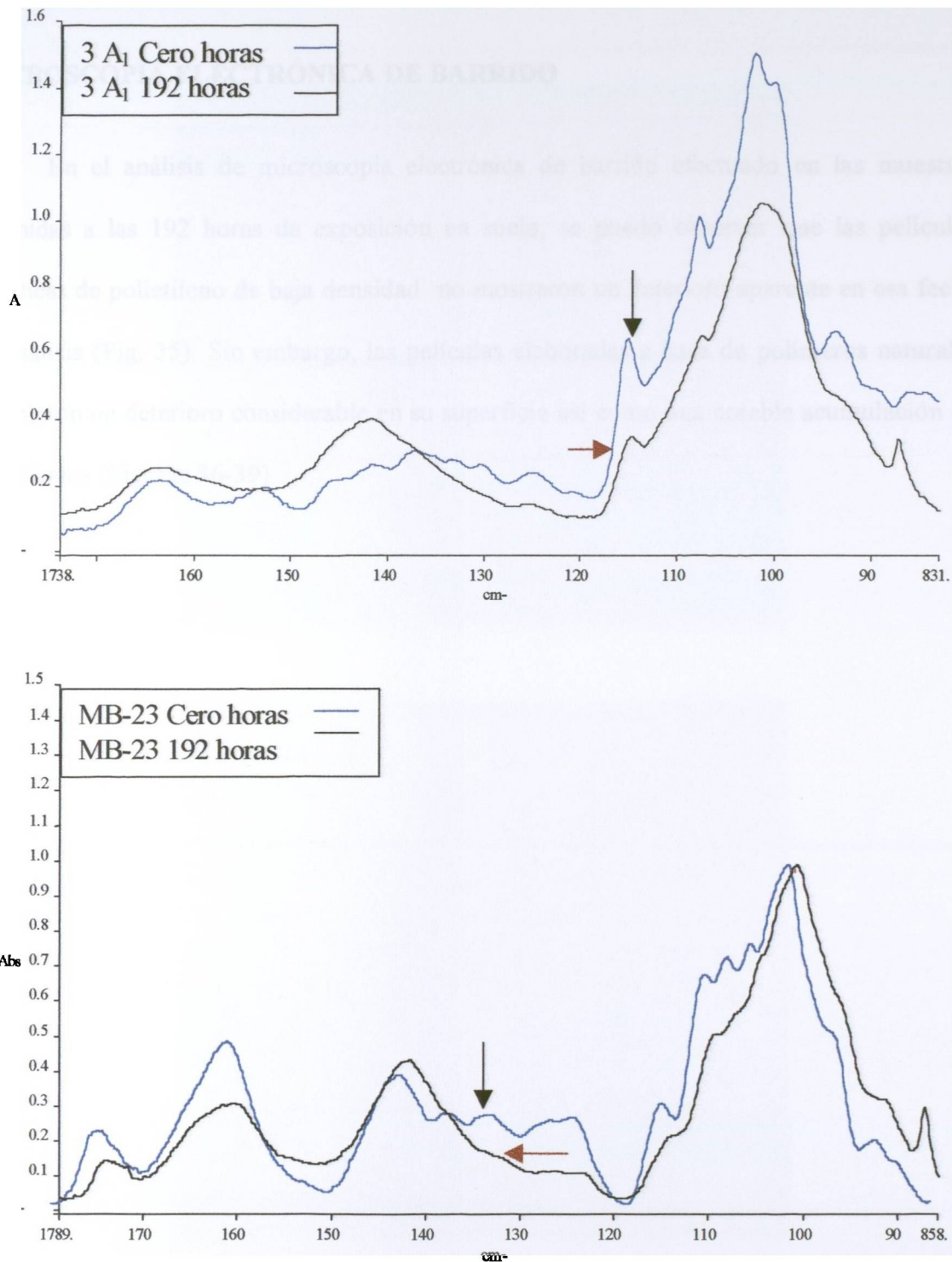




**Fig. 34. Espectros de infrarrojo de las películas MB.23 a las 0 horas y a las 192 horas de exposición a suelo de jardín.**



**Fig.35. Espectros de Infrarrojo de las películas donde se muestra la evaluación de la disminución de absorbancia en los picos característicos.**



**Fig.36. Espectros de Infrarrojo de las películas donde se muestra la evaluación de la disminución de absorbancia en los picos característicos.**

## **MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO**

En el análisis de microscopia electrónica de barrido efectuado en las muestras obtenidas a las 192 horas de exposición en suelo, se puede observar que las películas sintéticas de polietileno de baja densidad no mostraron un deterioro aparente en esa fecha de análisis (Fig. 35). Sin embargo, las películas elaboradas a base de polímeros naturales exhibieron un deterioro considerable en su superficie así como una notable acumulación de organismos (Figuras 36-39).