

## **ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE NANOCOMPUESTOS DE POLIETILENO Y ARCILLA**

Por Lic. María Fernanda Horst, [mhorst@plapiqui.edu.ar](mailto:mhorst@plapiqui.edu.ar)

### **RESUMEN**

La fabricación de polímeros en una base de arcilla a nivel de nanotecnología constituye produce un tipo de materiales alternativos, cuyas pruebas iniciales muestran que este tipo de nanopolímeros mejoran muchas de sus propiedades fisicoquímicas, especialmente en cuanto a sus propiedades térmicas y mecánicas, su resistencia a la llama, la conductividad eléctrica y como barrera de gases y vapores varios. Se abren nuevas puertas para las aplicaciones de estos nanopolímeros compuestos que se orientan como perfiles para construcción, componentes eléctricos, embalaje para alimentos, piezas de automóviles, entre los más importantes.

### **DESCRIPTORES**

Nanotecnología, polímeros, arcilla, exfoliación, propiedades reológicas, materiales alternativos.

### **ABSTRACT**

The manufacture of polymers in a base of clay using nanotechnology produces a kind of alternative materials, whose initial tests show that this type of nanopolymers improves many of their physico-chemical properties, especially in terms of their thermal and mechanical properties, its flame resistance, electrical conductivity and as a barrier of several gases and vapors. All this opens new doors for the applications of nanocompounds as profiles for construction, electrical components, packaging for food, car parts, among the most important alternatives.

### **KEYWORDS**

Nanotechnology, polymer clay, exfoliation, rheological properties, alternative materials.

## PRESENTACIÓN

La Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala viene dando continuidad al programa de desarrollo de la nanotecnología en Guatemala a través de la programación periódica de conferencias con expertos, en muchos casos a través de videoconferencias, que han presentado temas de aplicación diversos con respecto a esta nueva tendencia tecnológica. La preparación de cuadros especializados es una de las metas de estas iniciativas.

En esta oportunidad, a inicios del mes de noviembre de 2010, fueron invitadas dos investigadoras que expusieron desde sus países de origen Argentina y Colombia respectivamente, los temas de *Estructuras y propiedades del nanocompuesto de arcilla-polietileno* y *Recubrimiento nanoestructurado para uso biomédico*.

Los miembros de la Red de Nanotecnología de Guatemala - Nanoteg - se reunieron en el aula virtual de las instalaciones de la DIGI-USAC y también se estableció un enlace paralelo hacia la Universidad Rafael Landívar en donde otra parte de los miembros de la red atendieron tan interesantes disertaciones.

En este artículo incluimos la presentación de la videoconferencia de la Lic. María Fernanda Horst, investigadora de la Universidad Nacional del Sur en Argentina, relacionada con su trabajo sobre nanocompuestos polímeros en una base de montmorillonita.

Pruebas iniciales muestran que este tipo de nanopolímeros mejoran muchas de sus propiedades fisicoquímicas, especialmente en cuanto a sus propiedades térmicas y mecánicas, su resistencia a la llama, la conductividad eléctrica y como barrera de gases y vapores varios. Por otra parte, se abren nuevas puertas para las aplicaciones de estos nanopolímeros compuestos que se orientan como perfiles para construcción, componentes eléctricos, embalaje para alimentos, piezas de automóviles, entre los más importantes.

En próxima entrega incluiremos la otra disertación relacionada con la nanotecnología aplicada para usos biomédicos. Mientras tanto los dejamos con esta interesante presentación.



Dirección General de Investigación  
de la Universidad de San Carlos de Guatemala  
Con el Apoyo de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología  
Por medio del Fondo de Apoyo a la Ciencia y Tecnología 14-2010

Se complace en invitarle a la video-conferencia

### Tendencias de Investigación en Nanobiomateriales

Recubrimiento Nanoestructurado  
para uso biomédico

Estructura y propiedades del  
Nanocomposito Polyethylene-clay

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

Fecha: Viernes 05 de Noviembre 2010  
Lugar: Salón CONCIUSAC, Edificio S-11,  
3er nivel, ciudad Universitaria, zona 12.  
Hora: 14:00 horas



**EL EDITOR**

“TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN NANOBIMATERIALES”  
Universidad de San Carlos de Guatemala

5 de Noviembre de 2010

# ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE NANOCOMPUESTOS DE POLIETILENO Y ARCILLA

**Lic. María Fernanda Horst**

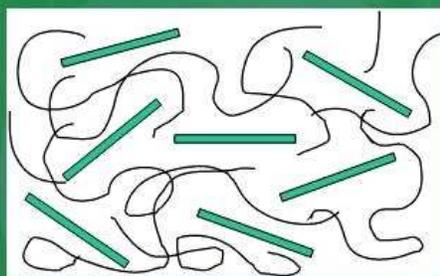
Doctorado en Ciencia y Tecnología de los Materiales  
(PROMAT)

Directores: Lidia Quinzani y Marcelo Failla



## INTRODUCCION

### Nanocompuesto Polimérico (NCP)



Los NCPs son materiales reforzados formados por una matriz polimérica (ej.: PE) y bajas concentraciones de partículas a escala nanométrica (ej.: láminas de arcilla)



“TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN NANOBIMATERIALES”  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
5 de Noviembre de 2010

## INTRODUCCION

### Características de los polímeros que se mejorarían

- 👉 propiedades térmicas y mecánicas
- 👉 resistencia a la llama
- 👉 conductividad eléctrica
- 👉 propiedades de barrera a gases, vapor de agua e hidrocarburos

**Sin modificar  
apreciablemente  
densidad,  
propiedades ópticas  
y reciclabilidad**

### Aplicaciones de los NCPs

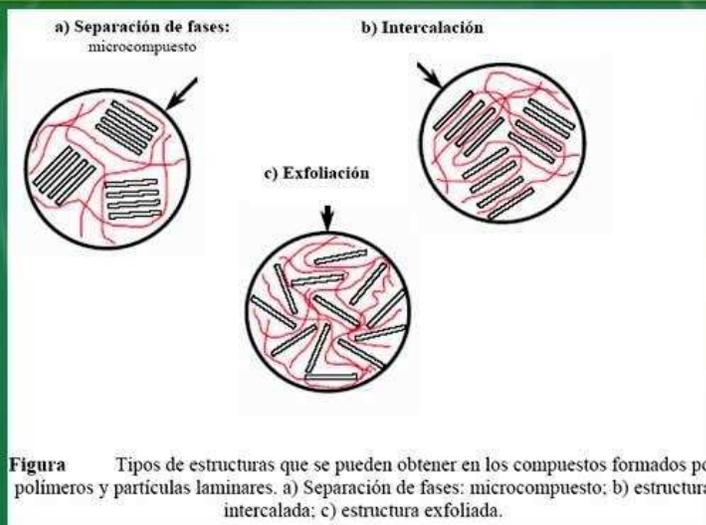
- 👉 perfiles para construcción
- 👉 componentes eléctricos
- 👉 embalaje para alimentos
- 👉 piezas de automóviles, etc.



**"TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN NANOBIO MATERIALES"**  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
5 de Noviembre de 2010

## INTRODUCCION

### Clasificación de compuestos de arcilla



**"TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN NANOBIO MATERIALES"**  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
5 de Noviembre de 2010

## INTRODUCCION

Láminas  
(espesor de ~ 1 nm)

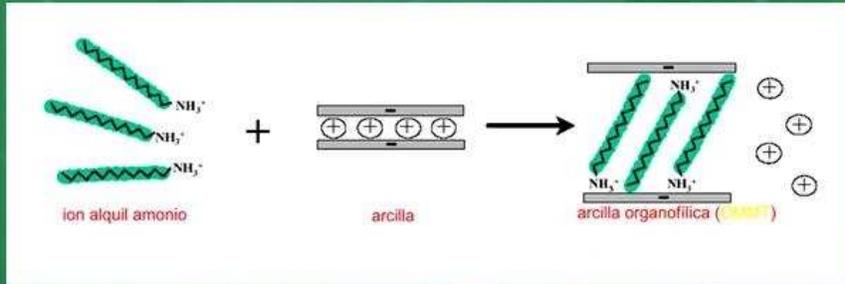


Espaciado interlaminar  
(~ 1nm)

**Montmorillonita (MMT)**  
(alumino-silicato laminado)

Intercambio catiónico

(aumenta espaciado interlaminar y el carácter organofílico)



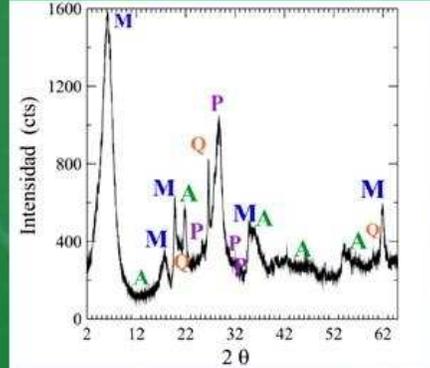


**"TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN NANOBIO MATERIALES"**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
 5 de Noviembre de 2010

## INTRODUCCION

### Modificación organofílica de la MMT

- 1) Purificación → Extracción de impurezas
- 2) Intercambio iónico por iones Na<sup>+</sup>
- 3) Modificación con iones alquil amonio → Aumentar espaciado interlaminar y dar carácter organofílico



**M:** Montmorillonita,  
**Q:** SiO<sub>2</sub> (cuarzo),  
**P:** SiO<sub>2</sub> (polimorfos)  
**A:** Anortita

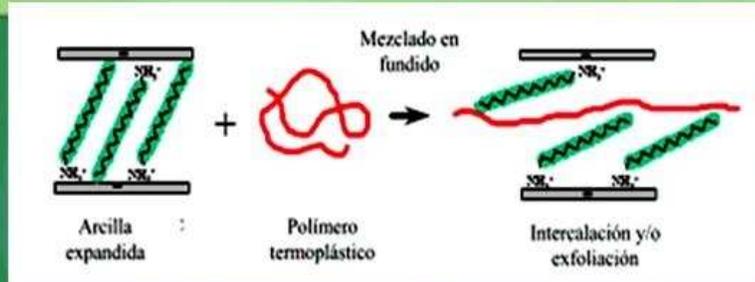


**"TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN NANOBIO MATERIALES"**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
 5 de Noviembre de 2010

## INTRODUCCION

### Mecanismo de preparación de los NCPs

Método  
seleccionado:  
**mezclado en  
fundido**



Polímero seleccionado  
**Polietileno (PE)**

↗ Compatibilidad polímero-arcilla

**PEg** (copolímero PE-anhídrido maléico)

*aumenta polaridad*



"TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN NANOBIO MATERIALES"  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
5 de Noviembre de 2010

## OBJETIVOS

- ❖ **Desarrollar conocimientos básicos para la producción de nanocompuestos de PE-MMT**
- ❖ **Analizar las propiedades mecánicas y reológicas de estos NCPs y relacionarlas con la microestructura de los mismos, estado de dispersión y forma de las partículas, método de preparación, composición, etc.**



"TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN NANOBIO MATERIALES"  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
5 de Noviembre de 2010

## Metodología y plan de trabajo

- ❖ Selección, preparación y caracterización de las arcillas

purific. e interc. cat. → DRX, TGA, TEM

- ❖ Funcionalización y caracterización del PE

mezclado reactivo → FTIR, DSC

- ❖ Preparación de los compuestos

mezclado en fundido

- ❖ Caracterización de la estructura de fases de los compuestos

SEM, TEM, DRX



"TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN NANOBIO MATERIALES"  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
5 de Noviembre de 2010

## Metodología y plan de trabajo

- ❖ Determinación de las propiedades tribológicas, reológicas y de barrera de los polímeros y los compuestos ante distintas historias térmicas y mecánicas

Reología rotacional, ensayo pin-on-disc, permeabilidad

- ❖ Análisis del efecto de la concentración y grado de dispersión de las partículas, y concentración y tipo de modificador orgánico de las MMTs sobre la morfología y las propiedades de los compuestos obtenidos



"TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN NANOBIO MATERIALES"  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
5 de Noviembre de 2010

## Trabajo Experimental

En esta presentación se incluyen sólo los resultados obtenidos con:

**HDPE** : PBB-Polisur ;  $M_w \sim 65.000$  g/mol

**PEg** (obtenido por mezclado reactivo): conc. anhid. maleico~  
0,17 %p/p ;  $M_w \sim 72.000$  g/mol

**O-MMT**: Nanomer 144 de Nanocor, catión:  
dimetildialquilamonio



"TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN NANOBIMATERIALES"  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
5 de Noviembre de 2010

## Trabajo Experimental



### Condiciones:

- ✓ Temperatura: 160 °C
- ✓ Velocidad: 40 rpm
- ✓ tiempo: 25 min
- ✓ atm de N<sub>2</sub>

### Mezclas:

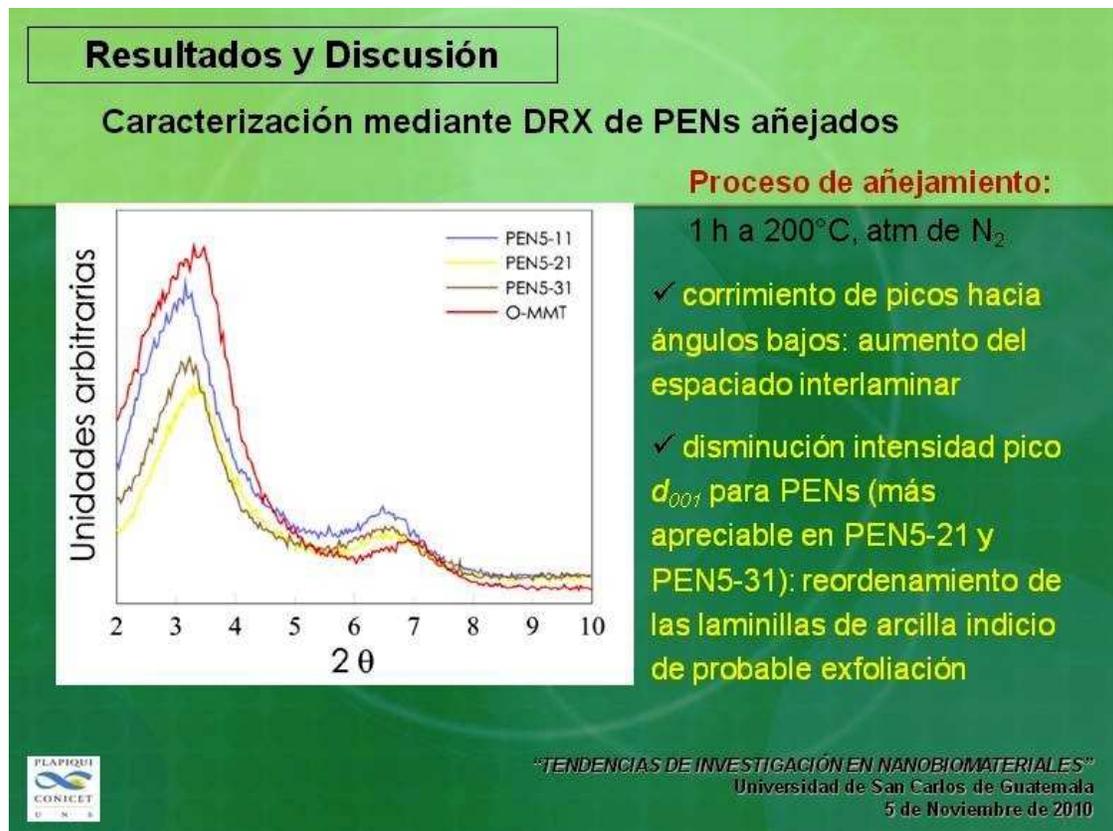
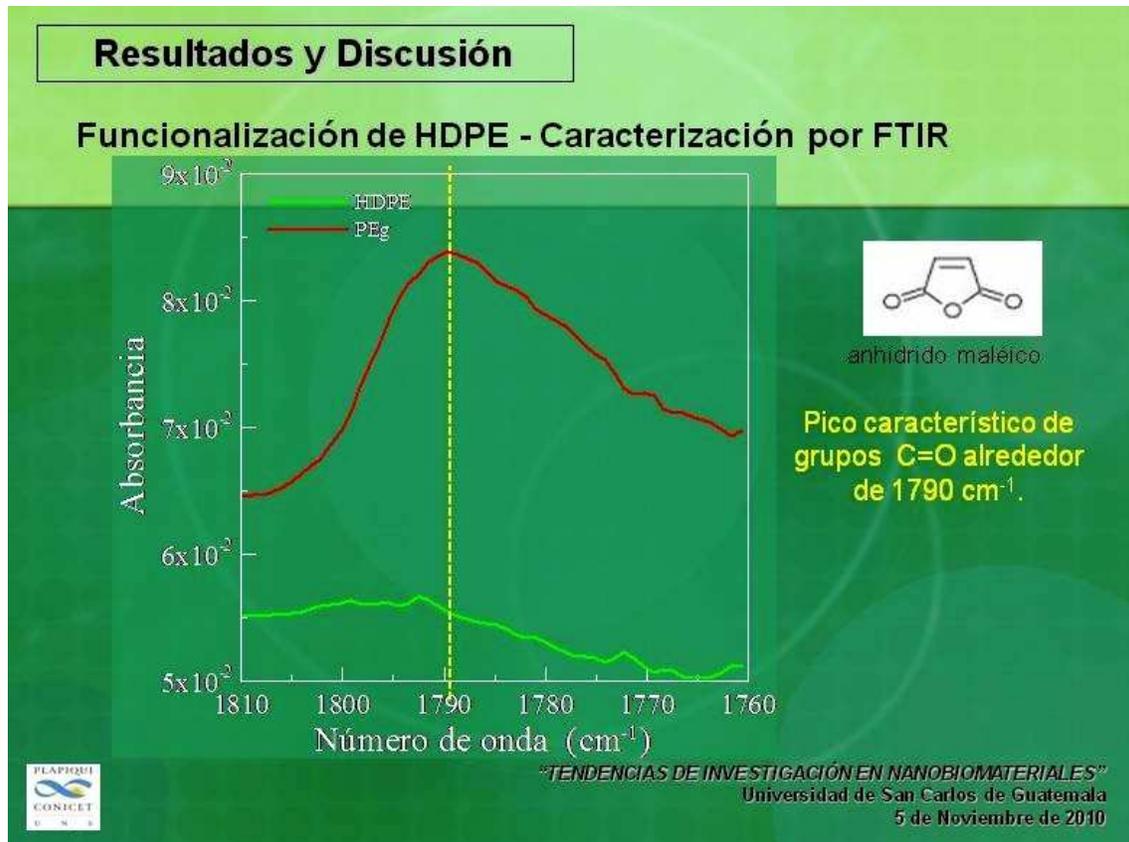
% O-MMT      PEN5-1:1, PEN5-2:1, PEN5-3:1

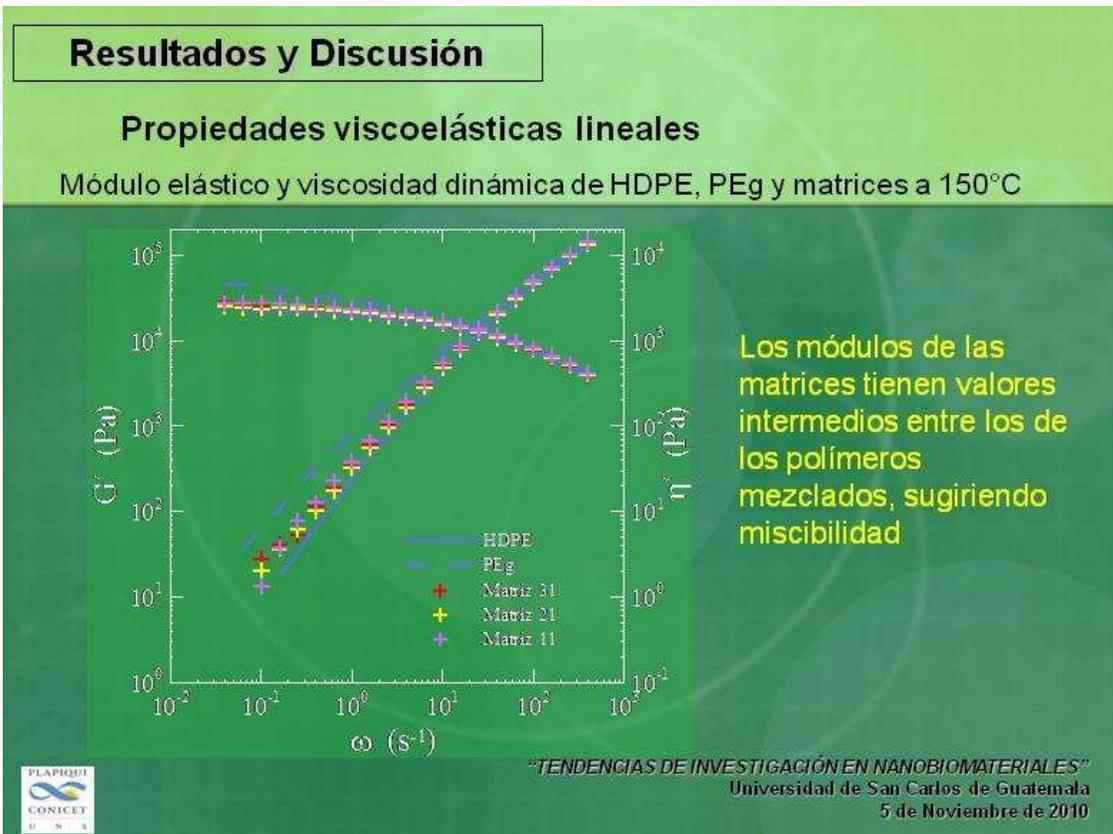
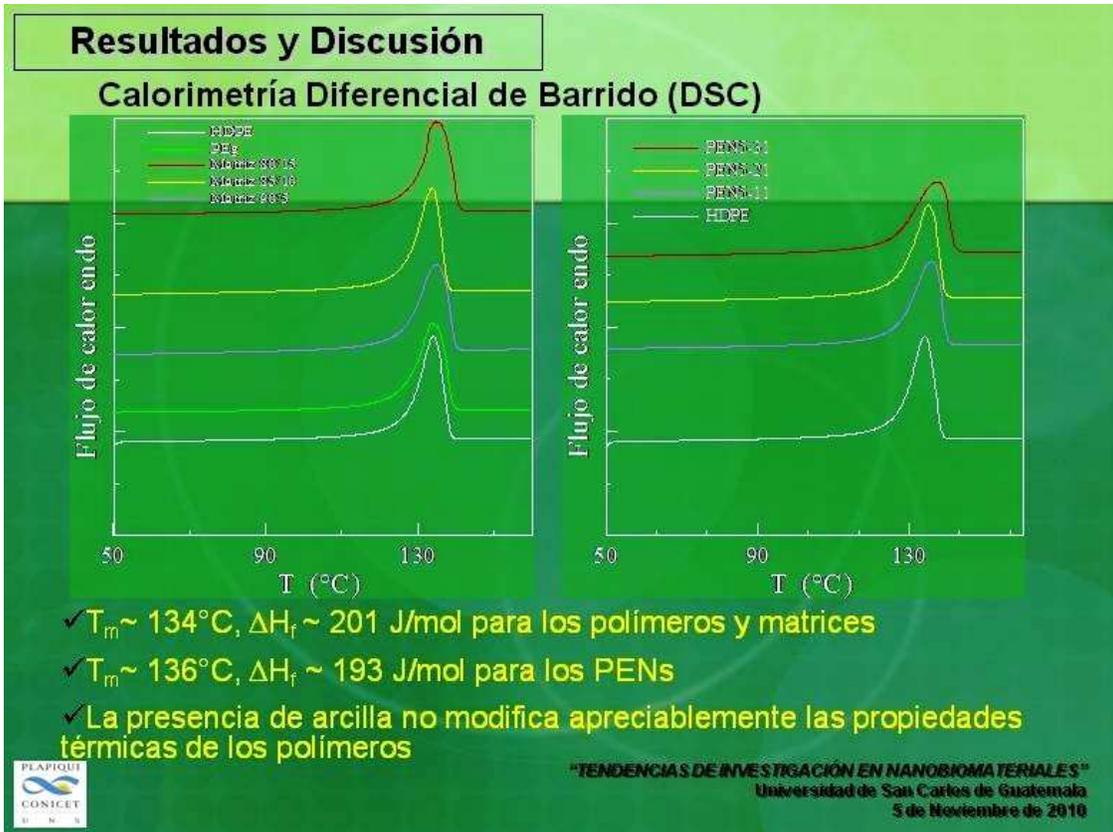
PEN2; PEN8; PEN12; PEN15

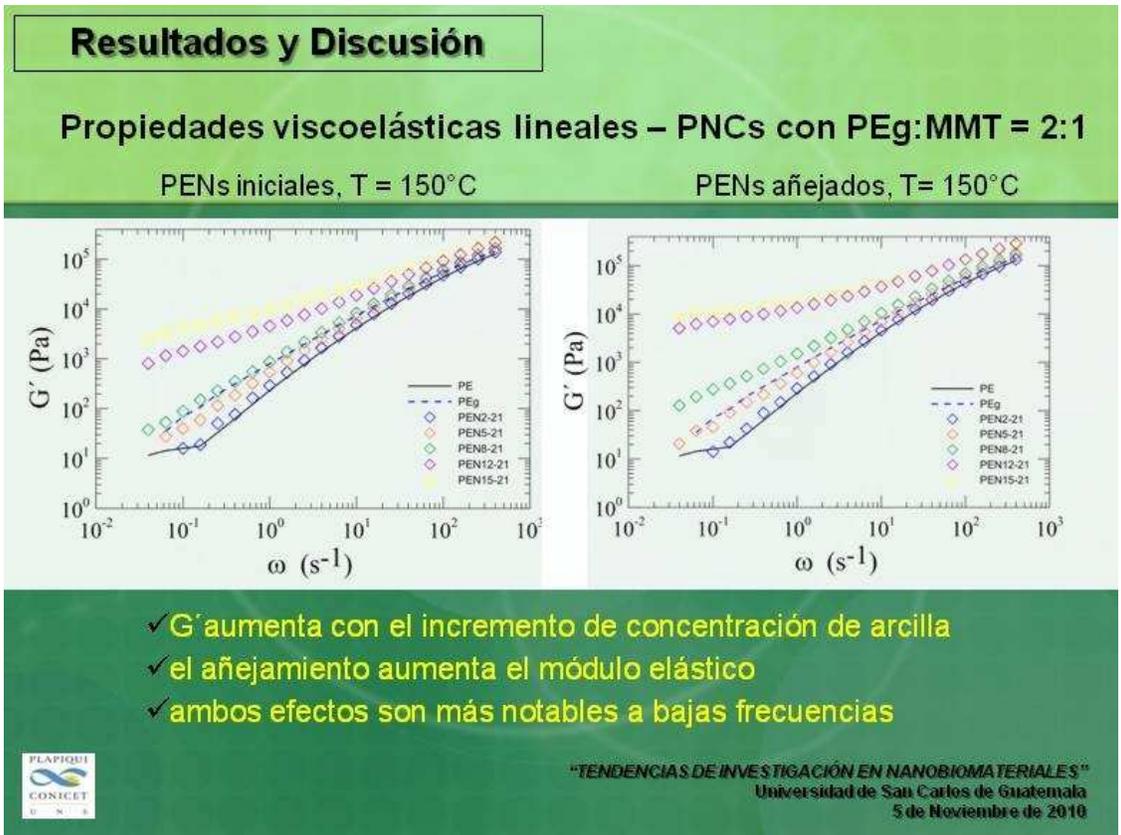
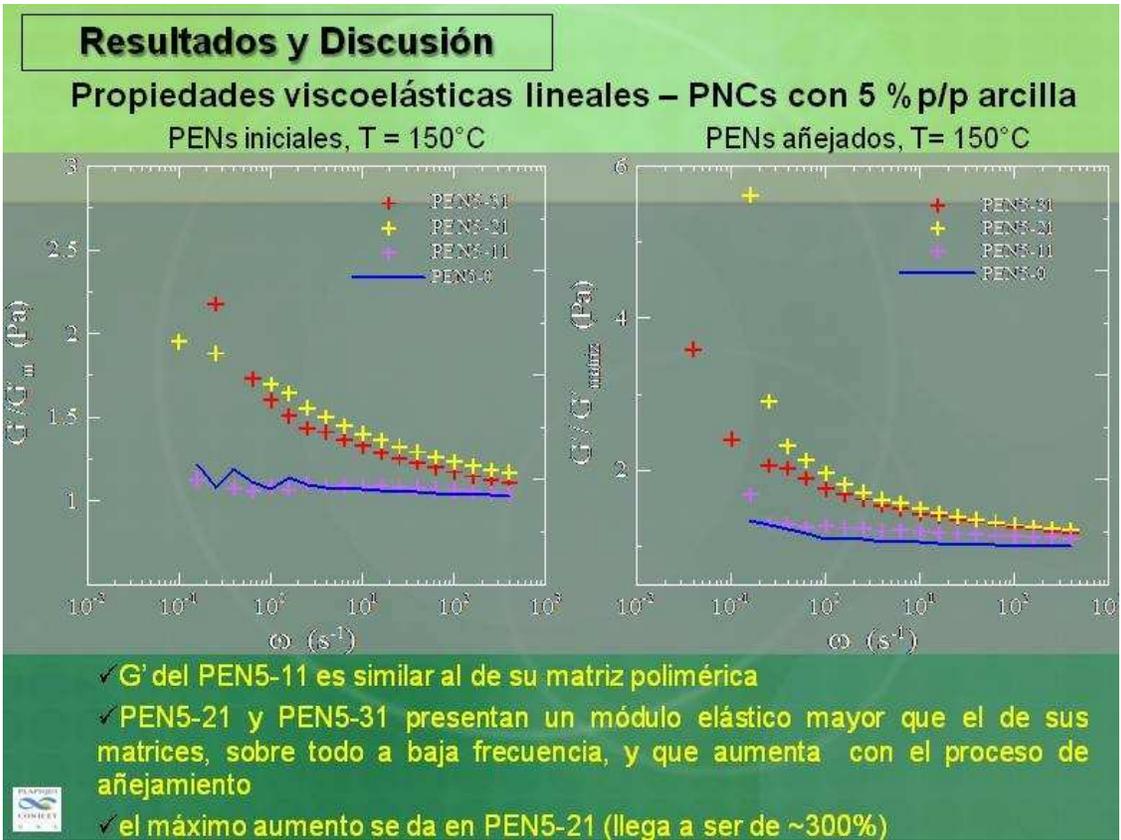
relación en peso  
PEg / arcilla



"TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN NANOBIMATERIALES"  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
5 de Noviembre de 2010

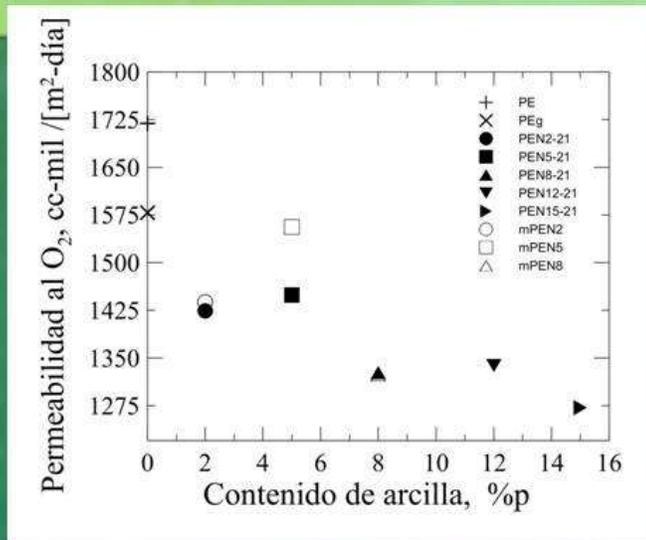






## Resultados y Discusión

### Permeabilidad al O<sub>2</sub>



los datos sugieren una disminución de la permeabilidad al O<sub>2</sub> con el incremento de concentración de arcilla



"TENDENCIAS DE INVESTIGACIÓN EN NANOBIO MATERIALES"  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
 5 de Noviembre de 2010

## Conclusiones preliminares

- ✓ Se ha logrado funcionalizar el HDPE por mezclado reactivo con monómero polar (AM) y cuantificar su grado de injerto a través de FTIR
- ✓ Los resultados de DRX sugieren que durante el mezclado en fundido se produciría la exfoliación parcial de la arcilla (mayor para la relación 2:1 de PEG:O-MMT) que aumentaría con el añejamiento en fundido
- ✓ Tanto las matrices poliméricas como los compuestos presentan propiedades térmicas similares a las de los polímeros originales
- ✓ Las matrices PE/PEg muestran módulos dinámicos intermedios entre los polímeros de base, lo que también sugiere miscibilidad entre los mismos
- ✓ La mezcla sin PEG y la PEN5-11 presentan módulos dinámicos similares a las respectivas matrices poliméricas



### Conclusiones preliminares

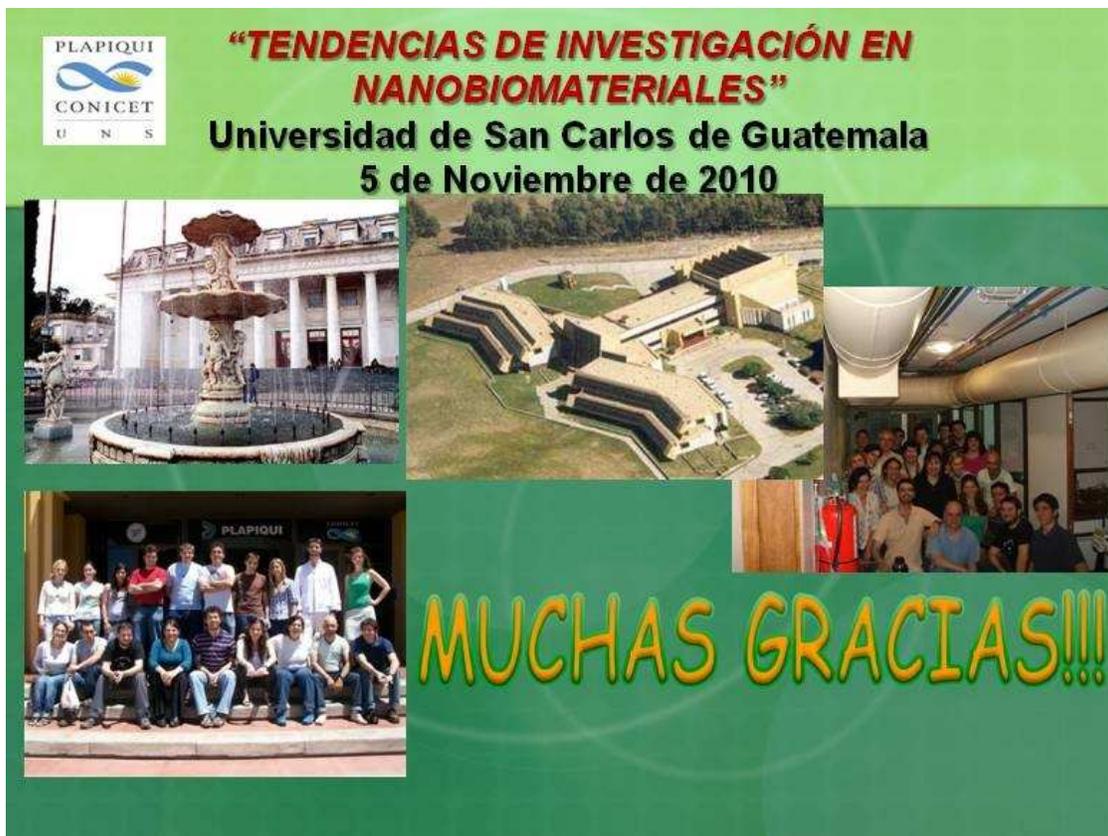
- ✓ PEN5-21 y PEN5-31 presentan un módulo elástico que aumenta notablemente respecto al de las matrices poliméricas, sobre todo a baja frecuencia, lo que indica una mayor interacción entre las partículas de arcilla
- ✓ El añejamiento aumenta aún más los valores de estos módulos a bajas frecuencias (sobre todo en PEN5-21) evidenciando un cambio en la distribución de la carga inorgánica favoreciendo la delaminación
- ✓ El aumento en la concentración de arcilla, manteniendo fija la relación PEG/arcilla, produce un aumento en  $G'$  de los compuestos, y este efecto es más notable luego del proceso de añejamiento
  - ✓ Los resultados preliminares de permeabilidad al  $O_2$  sugieren que ésta disminuye con el incremento de la concentración de arcilla para los compuestos de relación PEG/arcilla 2:1



### Publicaciones y trabajos presentados en Congresos

- ❖ “Comparative analysis of nanocomposites based on polypropylene and different montmorillonites” – C. Rohlmann, M.F. Horst, L.M. Quinzani y M.D. Failla - *European Polymer Journal*, Vol 44 (2008), 2749-2760.
- ❖ XII Simposio Latinoamericano y X Congreso Iberoamericano de Polímeros-SLAP-2010; San José, Costa Rica, 13-16 de Julio de 2010. “*Structure and Properties of Polyethylene-caly Nanocomposites*”, M. Fernanda Horst, Liliana Del Blanco, Walter Tuckart, Lidia M. Quinzani, Marcelo D. Failla
- ❖ “Propiedades reológicas de compuestos de polietileno y arcilla” - M.F. Horst, L.M. Quinzani y M.D. Failla – ARCHIPOL'09, Los Cocos, Córdoba, 18 al 21 de Octubre de 2009. Pág. 246
- ❖ “Estudio de las propiedades de compuestos de polietileno y montmorillonita” - M.F. Horst, W. Tuckart, M.D. Failla y L.M. Quinzani - SAM/CONAMET'09, Buenos Aires, 19 al 23 de Octubre de 2009. Pág. 341
- ❖ “Propiedades reológicas y tribológicas de nanocompuestos de polipropileno y arcilla” - W. Tuckart, M.F. Horst, M.D. Failla y L.M. Quinzani - SAM/CONAMET'08, Stgo. de Chile, 28 al 31 de Octubre de 2008.
- ❖ “Polyethylene hybrid composites: preparation and characterization” - M.F. Horst, M.D. Failla y L.M. Quinzani - SLAP'08, Lima, Perú, 15 al 18 de Julio de 2008.





### MARÍA FERNANDA HORST



Licenciada en Química de la Universidad Nacional del Sur, actualmente cursando el Doctorado en Ciencia y Tecnología de los Materiales desarrollando el tema de tesis Estudio de nanocompuestos basados en polietileno y montmorillonita. Acreedora de las becas de postgrado otorgadas respectivamente por ANPCYT y CONICET para acceder y culminar el doctorado. Ha desarrollado proyectos de investigación relacionados con los Polímeros de Interés Tecnológico, Nanocompuestos de Polietileno y Arcillas Naturales y Materiales compuestos modificados por mezclado con nanopartículas. Ha publicado diversos artículos científicos entre los que destacan como coautora de “Comparative análisis of nanocomposites based on polypropylene and different montmorillonites” y “Activity of magnetite-supported catalase in hydrogen peroxide decomposition”. Ha participado en diversos congresos entre ellos, el XI IBEROMET-CONAMET/SAM 2010, Viña del Mar, Chile en noviembre de 2010 como coautora de la ponencia sobre “*Propiedades barrera y tribológicas de nanocompuestos de polipropileno*”. También en el XII Simposio Latinoamericano y X Congreso Iberoamericano de Polímeros- SLAP-2010; San José, Costa Rica en Julio de 2010, coautora de la ponencia “*Structure and Properties of Polyethylene-clay Nanocomposites*”. En el XII Simposio Latinoamericano y X Congreso Iberoamericano de Polímeros- SLAP-2010; San José, Costa Rica, en Julio de 2010 con la ponencia “*Efecto f clay concentration on the tribological and barrier properties of polypropylene/clay nanocomposites*”,