

## TEMA 9: NANOCOMPOSITES POLIMÉRICOS

### 9.1- Introducción

Los **materiales compuestos tradicionales** presentan algunas limitaciones como por ejemplo, **baja ductilidad**. En la actualidad, se están desarrollando nanocomposites que permiten superar las limitaciones de los materiales compuestos tradicionales. Los **nanocomposites** son materiales compuestos en los que al menos una dimensión de las **partículas dispersadas** en la matriz polimérica tiene dimensiones del orden del **nanómetro** ( $10^{-9}$  m). Las dimensiones tan pequeñas de las partículas conducen a una **elevada superficie interfacial**.

Este tema se centrará en los nanocomposites de matriz polimérica y partículas inorgánicas. Dentro de este grupo existen varios tipos de nanocomposites, dependiendo de cuantas dimensiones de las partículas se encuentran en el rango nanométrico:

- a) Si las tres dimensiones son del orden del nanómetro, se tienen **nanopartículas**.
- b) Dos dimensiones en la escala nanométrica y la tercera mayor: **nanotubos**.
- c) Una sola dimensión en el rango nanométrico: **nanoláminas**.

### 9.2- Nanopartículas

Las nanopartículas más utilizadas son los **silicatos laminares** también denominados arcillas. Su estructura consiste en dos capas formadas por tetraedros de óxido de aluminio y una capa de octaedros de óxido de silicio. Estas capas forman apilamientos, con un espaciado regular entre ellas denominado galería. El silicato más utilizado es la montmorillonita. Algunos átomos de aluminio ( $Al^{+3}$ ) son sustituidos por  $Mg^{+2}$ , por lo que estas arcillas tienen una carga negativa superficial denominada **capacidad de intercambio catiónico** que se expresa en meq/100g. Para conseguir la neutralidad eléctrica, las galerías contiene cationes  $Na^{+}$  y  $K^{+}$ .

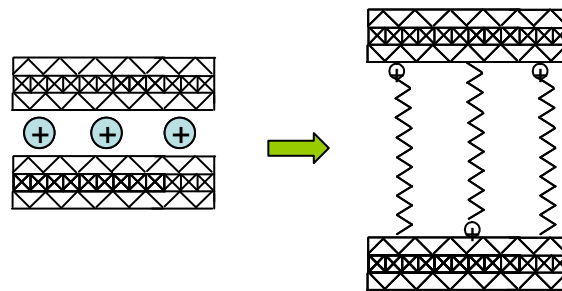
Estas arcillas no se dispersan fácilmente en la mayoría de los polímero porque tienen tendencia a aglomerarse. Por ello, se utilizan **agentes de acoplamiento**, que son moléculas con un grupo hidrofílico (con afinidad por el agua) y un grupo hidrofóbico (con afinidad por el polímero).

Existen diferentes tipos de agentes de acoplamiento y los más utilizados son las sales de Alquilamonio ( $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_n\text{-NH}_3^+$ ).

Estas moléculas se intercambian por los iones  $\text{Na}^+$  o  $\text{K}^+$  y se obtienen organosilicatos. Estos organosilicatos dan lugar a dos efectos:

- aumentan la compatibilidad entre polímero y arcilla ya que aumentan la hidrofobicidad del silicato
- aumenta la separación entre láminas

ambos efectos aumentan la compatibilidad con el polímero orgánico, facilitando la penetración del polímero



**Figura 1**

### **9.3- Estructura de los nanocomposites**

Se pueden obtener tres tipos de estructuras de composites:

#### **a) Microcomposite**

El polímero no entra en la galería y se obtiene un composite de fases separadas también llamado microcomposite o composite tradicional.

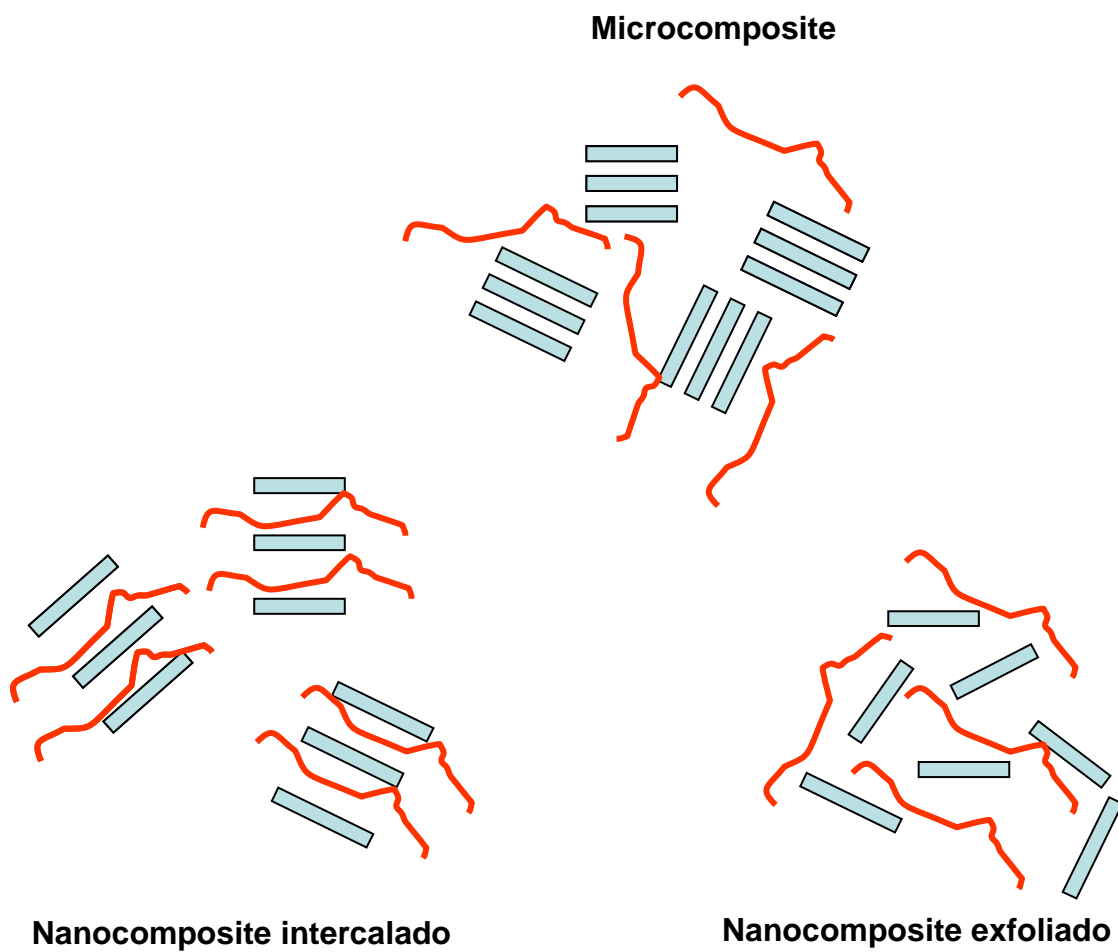
#### **b) Nanocomposite intercalado**

Las cadenas poliméricas se insertan en las galerías entre las láminas de silicatos, dando lugar a una morfología multicapa muy ordenada en la que se alternan láminas

poliméricas e inorgánicas.

c) **Nanocomposite exfoliado**

Las láminas de silicatos de 1 nm de espesor se encuentran uniformemente dispersas en la matriz polimérica. El gran aumento del área superficial polímero-arcilla, facilita la transferencia de carga de la matriz al nanorefuerzo, mejorando las propiedades mecánicas.



**Figura 2**

Las principales técnicas de caracterización son la difracción de Rayos X y la microscopía electrónica.

## **9.4- Técnicas de preparación de nanocomposites**

### **a) Polimerización in-situ**

Fue el primer método empleado y en la actualidad es el proceso más utilizado.

En esta técnica el silicato se incorpora a una solución de monómero y se inicia la polimerización.

### **b) En solución**

El silicato organomodificado se suspende en un disolvente orgánico polar y se le añade el polímero disuelto. Una vez que se consigue que las cadenas de polímero se intercalen entre las capas de silicatos. En una última etapa, se elimina el disolvente por evaporación bajo vacío, obteniéndose el nanocomposite.

La desventaja de esta técnica es que es difícil de aplicar a nivel industrial, debido al problema de usar grandes cantidades de disolvente.

### **c) Intercalación en fundido**

Consiste en fundir el polímero y mezclarlo con el silicato modificado.

Las ventajas de esta técnica son que no requiere disolventes y que los materiales se pueden procesar por técnicas sencillas como inyección o extrusión.

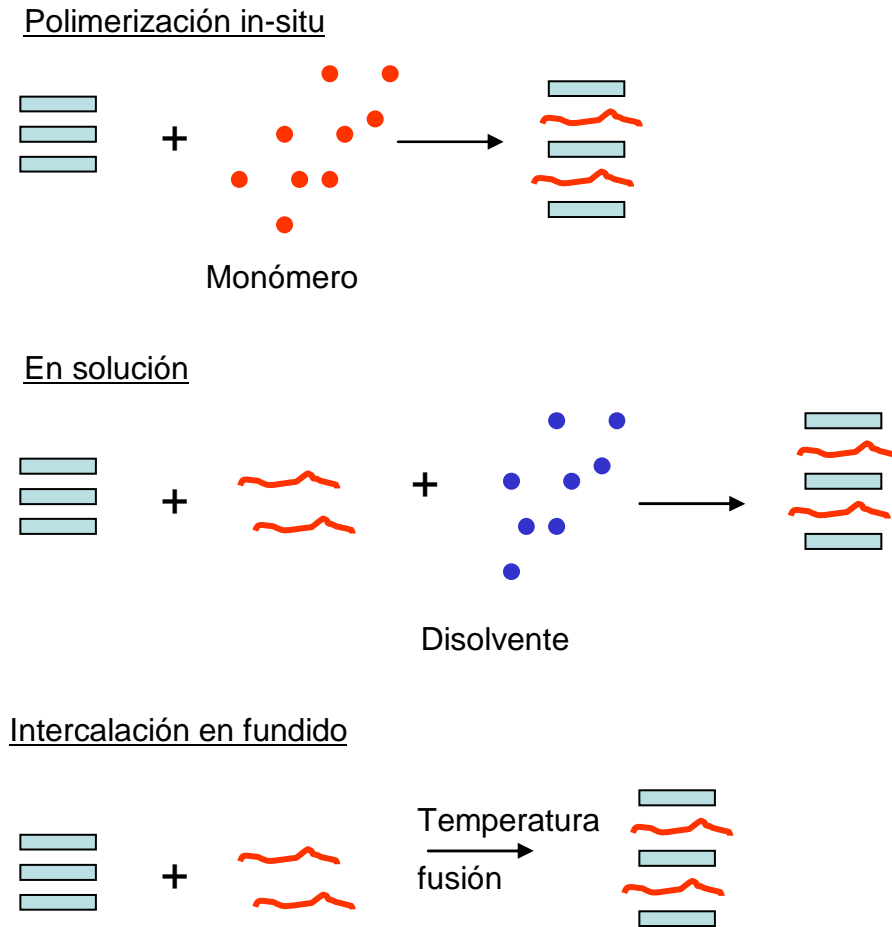


Figura 3

### 9.5- Propiedades de los nanocomposites

#### a) Propiedades mecánicas

Los nanocomposites producen un significativo incremento de las propiedades mecánicas con una pequeña proporción de refuerzo. Sus **buenas propiedades mecánicas** y **estabilidad dimensional** permite su utilización en la construcción. Además, su **densidad es menor** que la de los composites convencionales y por lo tanto son menos dañinos con el medioambiente.

#### b) Propiedades barrera

La incorporación de nanoláminas **disminuye la permeabilidad** de los materiales porque restringe la movilidad de las cadenas poliméricas. Además, la disposición en

zig-zag de las láminas de arcilla, suponen un camino tortuoso, lo que se refleja en un considerable incremento de las propiedades barrera. Esta disminución de la permeabilidad permite la utilización de los nanocomposites poliméricos en envasado y embalaje.

c) Propiedades térmicas

- Estabilidad térmica: el nanocomposite tiene **mayor estabilidad térmica** que los microcomposites debido a que las cadenas de polímero están confinadas entre las láminas.

Temperatura de reblandecimiento bajo carga: Los nanocomposites permiten conseguir aumentos de hasta 100°C en la temperatura de deformación bajo carga, ampliando así las posibilidades de aplicación de los composites a mayores temperaturas ambientales (ej, capó de automóviles).

- Inflamabilidad: los nanocomposites dan lugar a la formación de una capa carbonácea que mejora el comportamiento frente al fuego.

d) Propiedades ópticas

Se consiguen materiales reforzados transparentes ya que las partículas son tan pequeñas que no pueden dispersar la luz..