

DEDICATORIA

A **DIOS** por todas las bendiciones brindadas, fortaleza y esperanza.

A mi esposo **Iván Suárez**, por tanta felicidad, amor, y confianza en esta nueva vida que emprendemos juntos así como la paciencia, palabras de aliento y apoyo incondicional. Sin él, mi trabajo hubiera sido otro, TE AMO.

A mis padres **Leopoldo y Estéfana**, por todo el apoyo brindado en las etapas de mi vida, que sin ellos no sería lo que soy ahora, los quiero mucho.

A mis hermanos por todos los momentos que pasamos juntos.

A mis sobrinos **Aarón, Brandon y Diego**, que han sido mi alegría.

Y muy especialmente a León Gabriel por ser mi motivación, alegría y felicidad, MI TODO, te amo mi pequeño.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica de la UANL por el apoyo financiero brindado a este proyecto de investigación y a mi persona.

Al Centro de Investigación de Estudios Avanzados (CINVESTAV), México, D:F:, Depto. de física, por el apoyo brindado en la realización de este proyecto.

A la Universidad Autónoma de Nuevo León por todo el apoyo brindado.

Al Dr. Ubaldo Ortiz Méndez por todo su apoyo incondicional, enseñanzas, amistad y consejos brindados durante mi formación.

Al Dr. Virgilio A. González González por sus enseñanzas, paciencia y por dirigir esta tesis.

Al Dr. Carlos A. Guerrero Salazar por sus consejos y enseñanzas.

Al Dr. Carlos Vázquez López del CINVESTAV, México, D:F:, por el apoyo incondicional y desinteresado durante la realización de la parte experimental de este proyecto.

Al Dr. Rafael Colás Ortiz, por todo su apoyo, enseñanzas y amistad.

A la Dra. Martha Guerrero por todo su apoyo, amistad y palabras de aliento.

A la Dra. Patricia Rodríguez por su apoyo, consejos y amistad.

Al Ing. Ana Soto, Ing. Blanca Zendija, y al Ing. Rogelio Fragoso, por apoyarme en la parte experimental realizada en el CINVESTAV, Depto. de Física en la ciudad de México.

Al Ing. Francisco Pulido por todo el apoyo brindado en esta etapa de mi vida.

Y a todos los profesores que forman parte del Programa Doctoral de Ingeniería de Materiales y amigos, que intervinieron en mi formación personal e intelectual.

PRÓLOGO

La naturaleza es un conjunto de materia y energía de la cual forman parte los seres vivos, incluyendo por supuesto el género humano. La gran diferencia entre los seres humanos y todo ser viviente conocido **(en)** nuestra tendencia innata a comprender y manipular nuestro entorno para nuestro beneficio. Este intento por comprender nuestro entorno es buscar, entender la naturaleza y... ya que formamos parte de la naturaleza, podemos afirmar que es un intento por explicar nuestra existencia.

Por supuesto la envergadura de la tarea que significa comprender totalmente la naturaleza y por ende a nosotros mismos es tan grande que hasta la fecha el lograrlo escapa a la capacidad de todo hombre o grupos de hombres, además entre más sabe surgen más preguntas cada vez más complejas al grado tal que para el estudio de la naturaleza ha sido necesario establecer especialidades, las cuales abarcan conjuntos de conocimientos cada vez más pequeños en relación a la totalidad. Actualmente el estudio formal de la naturaleza es la investigación científica y su manipulación es la tecnología.

El avance del conocimiento científico siempre ha sido discontinuo, pequeños saltos dados por innumerables científicos. Los saltos más grandes han sido de unos cuantos genios cuyas contribuciones no dejan de ser pequeñas en comparación al total de lo que aparentemente nos falta por entender.

El proyecto presentado es interdisciplinario (ciencia de materiales, física, química y matemáticas) y ha utilizado conceptos científicos que fueron generados en diferentes etapas del desarrollo humano, desde la geometría euclidiana que data desde hace más de 2000 años, hasta conceptos planteados hace menos de 30 años y que están aún en desarrollo como la geometría de fractales. Estos conceptos se aplicaron al fenómeno de cristalización de sustancias macromoleculares cuyas teorías no son completamente satisfactorias, data de hace aproximadamente 40 años. Este proyecto también utiliza tecnología moderna como calorimetría diferencial de barrido, microscopía de fuerza atómica y el uso de ordenadores en el procesamiento de datos, para generar un nuevo conocimiento.

Este nuevo conocimiento que consiste en el establecimiento de una relación entre la formación de estructuras cristalinas y las características superficiales en un termoplástico (*i*-PP), puede ser considerado como una pequeña contribución al conocimiento de la naturaleza, contribución que es de esperarse sirva para manipular mejor estos materiales y así hacerlos más útiles al hombre.

Utilizando conocimiento innovador y clásico boga y aplicando las tecnologías modernas este trabajo interdisciplinario ha servido para comprender mejor el comportamiento de la naturaleza de la que formamos parte.

Dr. Virgilio A. González González

RESUMEN

En este trabajo se aplica el método de ventana de ancho variable para medir el exponente de rugosidad en superficies formadas durante la cristalización dinámica de películas de *i*-PP acondicionadas y analizadas mediante calorimetría diferencial de barrido.

El objetivo de este proyecto es el de relacionar la rugosidad superficial de películas de *i*-PP con la velocidad de enfriamiento, correlación no reportada en la literatura. Se presentan como metas específicas las siguientes:

- Confirmar que las superficies de cristalización presentan un carácter autoafín.
- Determinar el exponente de rugosidad ζ en superficies formadas por la cristalización del material a diferentes velocidades de enfriamiento.

Para cumplir dichas metas, se prepararon películas de *i*-PP y se acondicionaron a velocidades de enfriamiento, Cr , de $1 \leq Cr \leq 100^\circ\text{C}/\text{min}$ en un calorímetro diferencial de barrido previamente calibrado con estándares de In y Zn.

Se obtuvieron imágenes topográficas de las superficies generadas de 512×512 píxeles y de diferentes tamaños de barrido por medio del microscopio de fuerza atómica en el modo de contacto, lo cual permitió analizar hasta 4 décadas de escala de amplificación.

Una vez obtenidas las imágenes se prosiguió a efectuar el análisis estadístico autoafín mediante el método de ventana de ancho variable, encontrando que las superficies de *i*-PP a diferentes velocidades de enfriamiento tienen un comportamiento autoafín. Como se esperaba, el exponente de rugosidad ζ aumenta cuando la velocidad de enfriamiento también aumenta.