



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

Centro Interdisciplinario de
Investigaciones y Estudios
sobre
Medio Ambiente y Desarrollo

"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"
175 Aniversario de la Escuela Superior de Comercio y Administración
125 Aniversario de la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía
80 Aniversario del CECyT 6 "Miguel Othón de Mendizábal"
75 Aniversario de la Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía

Ciudad de México a 12 de febrero de 2021

Grupo Industrial Reyma S.A. de C.V.
PRESENTE

Proyección del tiempo de biodegradación a partir de resultados de la digestión anaerobia de productos con formulación Reyma y aditivo Eco One

A partir de los resultados obtenidos en las pruebas de biodegradación para los productos con la formulación Reyma y aditivo Eco One, precisamente de polietileno (PE) que incluye varios tipos de bolsas; polipropileno (PP) que incluye a vasos, popotes y cubiertos y productos de poliestireno (PS) que incluyen charolas, domos, y vasos térmicos mostrados en las figuras 1, 2 y 3, en las que se observa diferentes porcentajes de biodegradación de estos polímeros bajo las condiciones de prueba que son; incubación a 55°C, obscuridad y agitación en contacto con microorganismos anaerobios con base en el estándar ASTM D 5511 (ISO 15985) y ASTM D 5526, para las muestras evaluadas, se realizó el análisis para estimar el tiempo aproximado de biodegradación completa de estas muestras, por medio de regresiones lineales y de segundo grado, considerando que en el ambiente de prueba no hay limitación de nutrientes así como la liberación de productos es continua.

Calle 30 de junio de 1520 s/n, Col. La Laguna Ticomán, Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07340, Ciudad de México
Tel: (55) 5729 6000 ext. 52716, ltovarg@ipn.mx



2020
AÑO DE
LEONA VICARIO
BENEMÉRITA MADRE DE LA PATRIA





"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"
175 Aniversario de la Escuela Superior de Comercio y Administración
125 Aniversario de la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía
80 Aniversario del CECyT 6 "Miguel Othón de Mendizábal"
75 Aniversario de la Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía

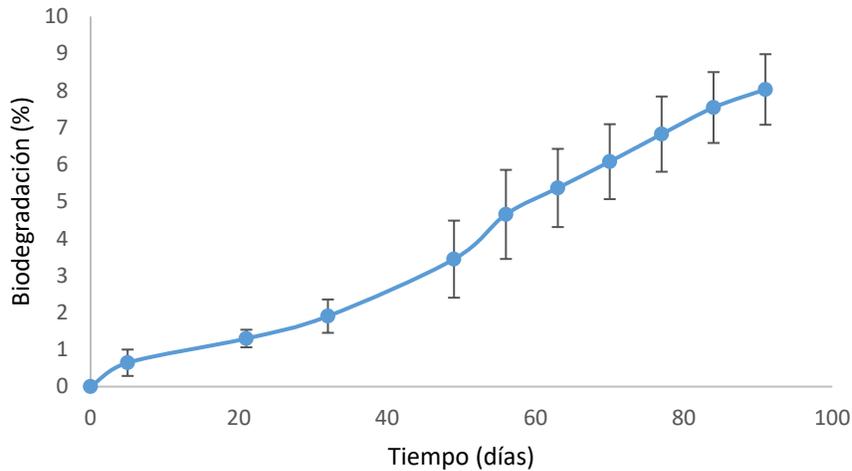


Figura 1. Resultados de biodegradación de las muestras de PE formulación Reyma con Eco One.

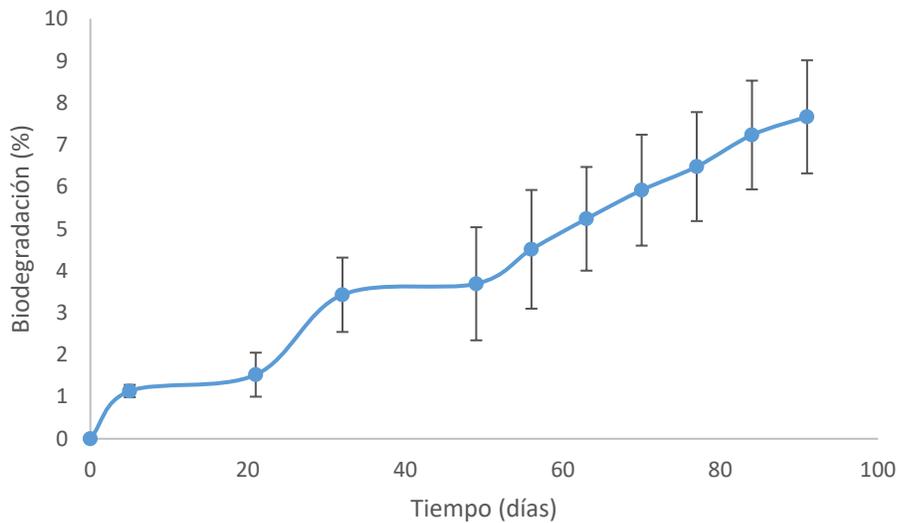


Figura 2. Resultados de biodegradación de PP formulación Reyma con Eco One.





"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"
175 Aniversario de la Escuela Superior de Comercio y Administración
125 Aniversario de la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía
80 Aniversario del CECyT 6 "Miguel Othón de Mendizábal"
75 Aniversario de la Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía

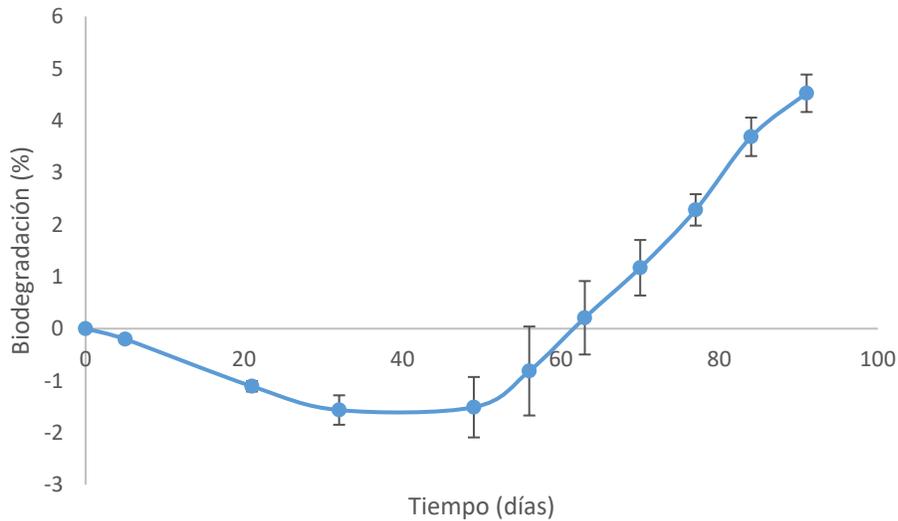


Figura 3. Resultados de biodegradación de PS formulación Reyma con Eco One.

En las figuras 4, 5 y 6, se muestran los espectros infrarrojos obtenidos en un equipo Perkin Elmer Spectrum Two con ATR por lectura directa con torque de cuerda de las muestras antes de ser sometidas a digestión y posteriormente mostrando modificaciones en la estructura inicial del polímero debido a que los microorganismos lo utilizaron como fuente de carbono, confirmando así la biodegradación parcial del polímero.

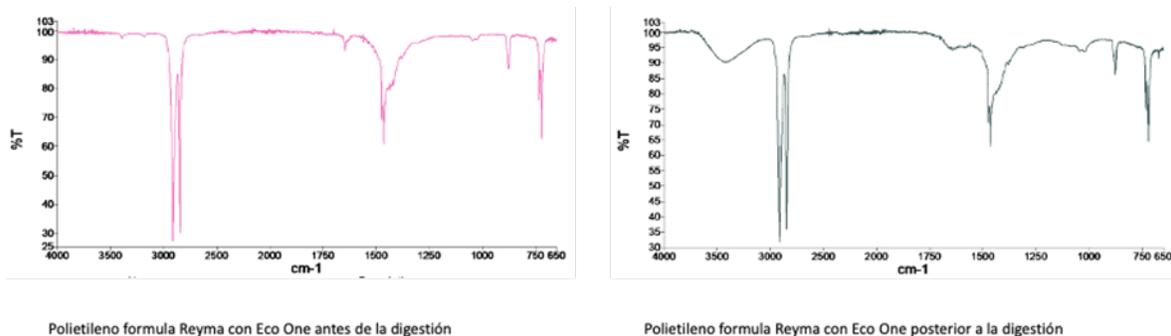
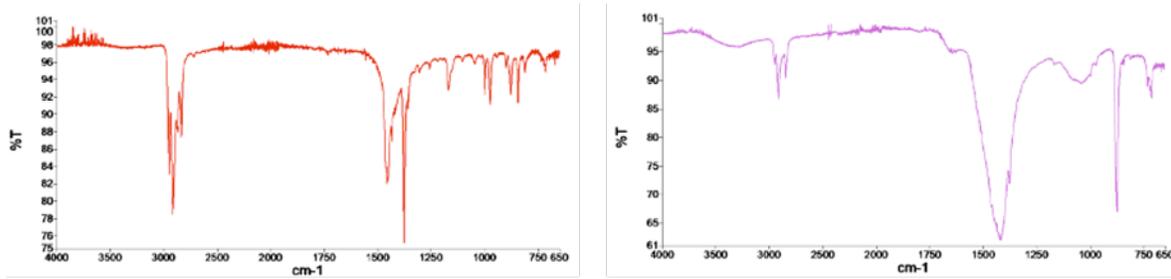


Figura 4. Espectro IR de las muestras de PE antes y después de la digestión.





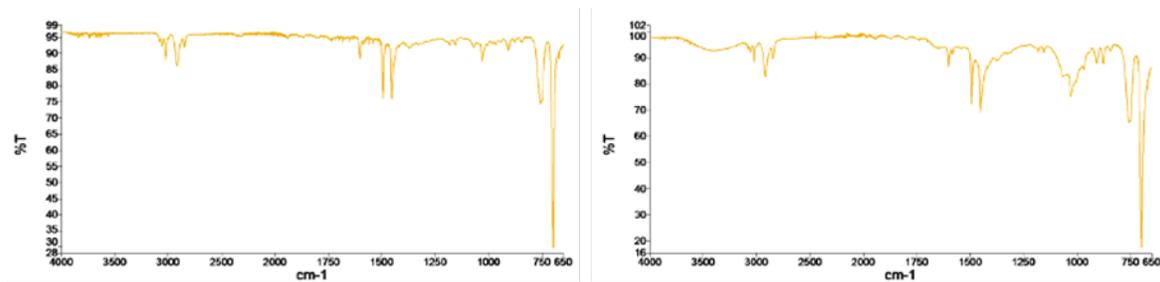
"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"
175 Aniversario de la Escuela Superior de Comercio y Administración
125 Aniversario de la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía
80 Aniversario del CECyT 6 "Miguel Othón de Mendizábal"
75 Aniversario de la Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía



Polipropileno formulación Reyma con Eco One antes de la digestión

Polipropileno formulación Reyma con Eco One posterior a la digestión

Figura 5. Espectro IR de las muestra de PP antes y después de la digestión.



Poliestireno formulación Reyma con Eco One antes de la digestión

Poliestireno formulación Reyma con Eco One posterior a la digestión

Figura 6. Espectro IR de las muestras de PS antes y después de la digestión.

En las figuras 7, 8 y 9 se muestran las proyecciones obtenidas a partir de los resultados de las evaluaciones de biodegradación. Estas representaciones gráficas se elaboraron por regresión lineal y regresión de segundo grado.

Las muestras que ya se sometieron a digestión durante 100 días de las cuales provienen las presentes estimaciones, se conservaron y se someterán nuevamente a digestión para dar continuidad al proceso de biodegradación y obtener más datos para el análisis de regresión.





"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"
175 Aniversario de la Escuela Superior de Comercio y Administración
"Ecosistema de la Facultad Nacional de Medicina y Odontología"
"Ecosistema de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Salud"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Computación"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Comunicación"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Administración"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Economía"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Psicología"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Filosofía"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Historia"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Lengua y Literatura"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Matemática"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Física"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Química"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Biología"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Geología"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Medicina"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Odontología"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Arquitectura"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Construcción"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Alimentos"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Materiales"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Mecánica"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Química"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Textiles"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Transportación"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Telecomunicaciones"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Energía"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Informática"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño Industrial"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Producto"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Experiencia de Usuario"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Interacción Humano-Computadora"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Servicios"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Negocio"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Organización"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Procesos"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Sistemas"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Infraestructura"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Entornos"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Interfaces"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Experiencia de Usuario"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Interacción Humano-Computadora"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Servicios"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Negocio"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Organización"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Procesos"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Sistemas"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Infraestructura"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Entornos"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Interfaces"
"Ecosistema de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de Diseño de Experiencia de Usuario"

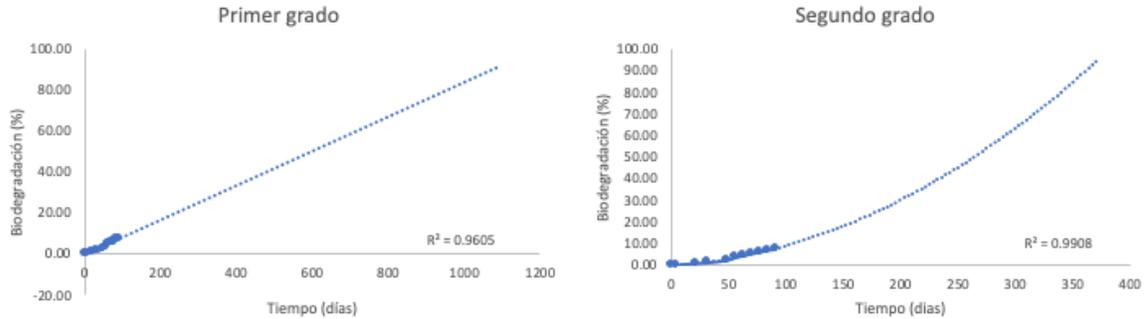


Figura 7. Proyección de la muestra de PE formulación Reyma con Eco One.

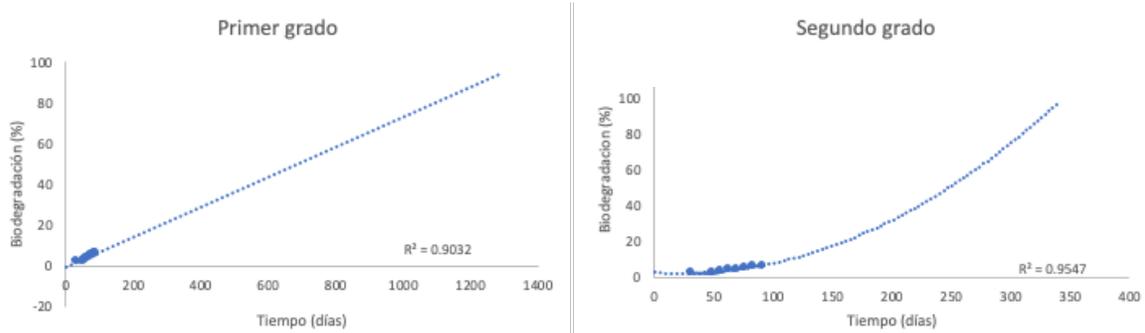


Figura 8. Proyección de la muestra de PP formulación Reyma con Eco One.

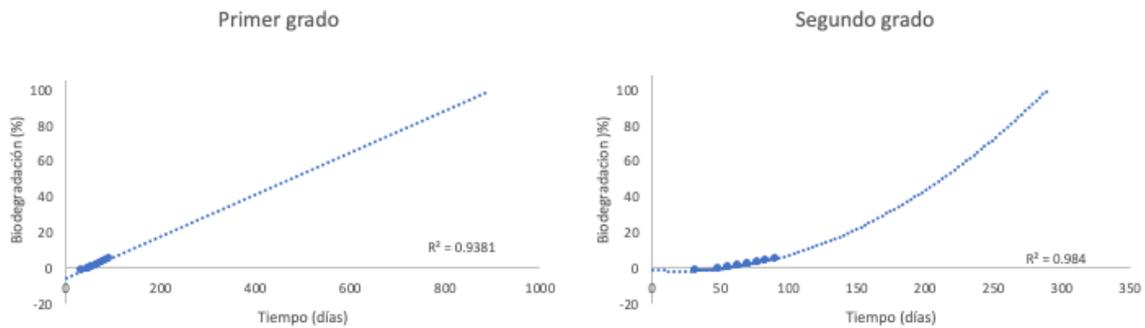


Figura 9. Proyección de la muestra de PS formulación Reyma con Eco One.





En las proyecciones de primer grado, la estimación de la biodegradación depende de la pendiente de la ecuación que en estos casos es baja (pendiente menor a 0.2) y el valor del coeficiente de correlación r^2 para estas regresiones fue cercano a 0.90, sin embargo, la regresión de segundo grado ajustó mejor con un coeficiente de correlación r^2 mayor a 0.95.

En el modelo lineal, el aumento en el valor de la variable dependiente, es decir, el porcentaje de biodegradación únicamente depende del valor de la pendiente que es constante y como se indicó es un valor bajo, lo que indicaría un incremento lento de la biodegradación con respecto al tiempo. El modelo de segundo grado es una regresión exponencial, por lo tanto, el aumento en la biodegradación es más rápido en comparación con el modelo lineal.

El modelo de segundo grado se explica mejor por la aclimatación inicial de los microorganismos en los reactores, en el cual posterior al estrés sufrido por éstos al momento de montar los reactores, comienzan lentamente a consumir los sustratos disponibles y a reproducirse, una vez que los microorganismos comienzan a metabolizar los sustratos disponibles y como es de esperarse en experimentos de cinéticas microbianas sin limitaciones, estos presentan un crecimiento exponencial.

Estos resultados son representaciones matemáticas basadas en resultados de laboratorio bajo una metodología que asemeja algunas condiciones de un relleno sanitario activo, es posible que este método simule algunas de las condiciones encontradas en un relleno sanitario en particular, por lo cual no debe considerarse como un resultado incontrovertible.

En la prueba que se realizó, los viales tuvieron agitación continua, se mantuvieron a 55°C y se extrajo el biogás de éstos periódicamente, los polímeros en presencia del aditivo Eco One son atacados por los microorganismos presentes en el inóculo y utilizan el carbono proveniente de éstos, pero no cuentan con una fuente de nitrógeno ni de fósforo ni de otros elementos traza





que son nutrientes esenciales en su crecimiento y reproducción, por lo que para que efectivamente se lleve a cabo la biodegradación de estos polímeros en el tiempo, será necesario agregar estos nutrientes a los viales teniendo como única fuente de carbono dichos polímeros para que el proceso de biodegradación efectivamente continúe.

En la figura 10, como un comparativo, se muestran las proyecciones de las tres familias de productos evaluados. De acuerdo con los estudios que se tienen a la fecha de emisión de este reporte, se estimó el tiempo de biodegradación como se puede observar en la grafica.

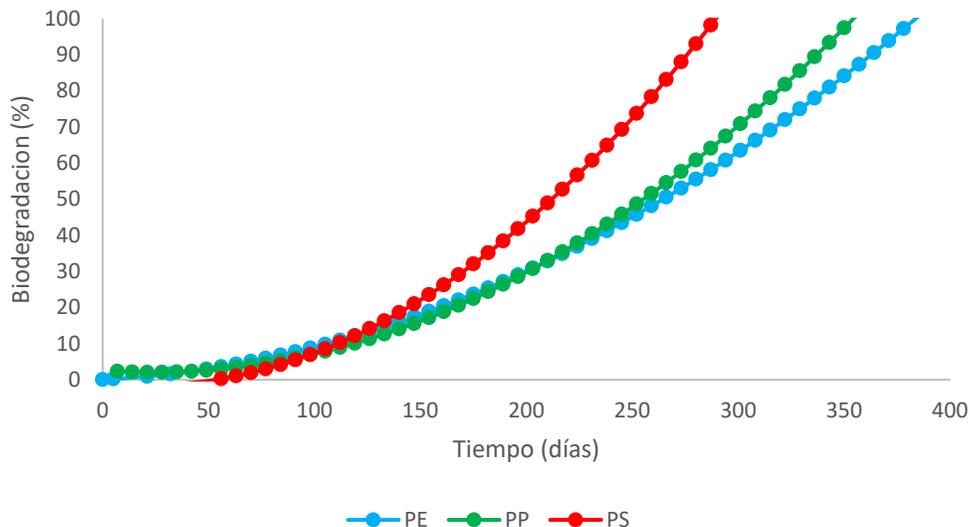


Figura 10. Proyecciones del tiempo de biodegradación por regresión de segundo grado de las muestras de PE, PP y PS Reyma con Eco One.





"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"
175 Aniversario de la Escuela Superior de Comercio y Administración
125 Aniversario de la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía
80 Aniversario del CECyT 6 "Miguel Othón de Mendizábal"
75 Aniversario de la Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía

De acuerdo a las pruebas anteriores, con base en los estándares ASTM D 5511 (ISO 15985) y ASTM D 5526 se realizó una extrapolación matemática, con el comportamiento observado podemos estimar que el tiempo de biodegradación de los productos evaluados bajo condiciones anaeróbicas en las condiciones de prueba son:

- Familia de productos formulación Reyma y aditivo Eco One de polipropileno: 1 a 2.5 años;
- Familia de productos formulación Reyma y aditivo Eco One de poliestireno: 1 a 2 años;
- Familia de productos formulación Reyma y aditivo Eco One de polietileno: 1 a 3 años.

Esto es posible ya que en un ambiente más amplio y diverso como un relleno sanitario se complete la biodegradación de estos productos, ya que continuamente se regeneran los microorganismos, habiendo un intercambio dinámico de nutrientes, así como liberación de productos y en conjunto con los residuos orgánicos presentes en el sitio, se complementen los procesos biodegradativos acelerando la biodegradación de los productos estudiados.

Atentamente,

Dr. Luis Raúl Tovar Gálvez
Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social

