

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis previa a la obtención del Título de: Ingeniero Ambiental

TEMA:

**“Obtención del ácido láctico a partir del almidón de papa (*Solanum Tuberosum L*),
como materia prima para la fabricación de material descartable biodegradable”**

AUTORES:

*Andrea Iñiguez
Antonio Castillo*

DIRECTOR:

MSc. Lic. Ernesto Delgado Fernández

Cuenca, junio de 2011

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y conclusiones son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Cuenca, junio de 2011

Andrea Iñiguez

Antonio Castillo

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a nuestra pequeña hija Amelia quien con su hermosa sonrisa y por el amor que le profesamos; se ha convertido en fuente de inspiración y nuestro motivo de superación.

A nuestros padres, por su apoyo incondicional, paciencia y palabras de aliento; por todo el tiempo que les robamos pensando en nosotros, nuestra superación, nuestros valores morales y nuestros conceptos se los debemos a ustedes. Esta será la mejor herencia lo reconocemos y estaremos agradecidos eternamente ya que ustedes han logrado el progreso de nuestros ideales y con ello nos han permitido comprender cada día más la difícil posición de ser padres.

Andrea y Antonio

AGRADECIMIENTO

A nuestros docentes:

De manera especial al MSc. Lic. Ernesto Delgado, ya que por su guía y apoyo hemos podido concluir una de las grandes metas de nuestras vidas, porque además de sus conocimientos nos brindaron su valiosa amistad.

Con admiración y respeto.

Gracias.

Andrea y Antonio

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de tesis fue realizado por los señores: Andrea de Roció Iñiguez Arichavala y Antonio Castillo Molina, bajo mi dirección:

MSc. Lic. Ernesto Delgado Fernández

Director de Tesis

ÍNDICE

PORTADA	1
RESPONSABILIDAD	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
CERTIFICACIÓN	5
ÍNDICE	6
INTRODUCCIÓN	13
RESUMEN	15

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 EL PLÁSTICO 17

1.1.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA PRODUCCIÓN DE LOS PLÁSTICOS	18
--	----

1.1.2 EL TERMINO PLÁSTICO	19
---------------------------	----

1.1.3 ESTRUCTURA DEL PLÁSTICO	21
-------------------------------	----

1.1.3.1 HOMOPOLÍMEROS	21
-----------------------	----

1.1.3.2 COPOLÍMEROS	21
---------------------	----

1.1.3.3 ESTRUCTURA LINEAL	22
---------------------------	----

1.1.3.4 ESTRUCTURA LINEAL ALTERNA:	22
------------------------------------	----

1.1.3.5 ESTRUCTURA LINEAL DE SECUENCIA	22
--	----

1.1.3.6 ESTRUCTURA LINEAL ESTADÍSTICA	22
---------------------------------------	----

1.1.3.7 ESTRUCTURA BIDIMENSIONAL	23
----------------------------------	----

1.1.3.8 ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL	23
-----------------------------------	----

1.1.4	EL POLÍMERO Y SU FORMACIÓN	23
1.1.4.1	POLÍMERO	23
1.1.4.2	FUERZAS DE VAN DER WAALS	24
1.1.4.3	FUERZAS DE ATRACCIÓN DIPOLO-DIPOLO	25
1.1.4.4	ENLACES DE HIDRÓGENO	25
1.1.4.5	ENLACES IÓNICOS	25
1.1.5	IMPORTANCIA DEL PLÁSTICO	26
1.1.6	TIPOS DE PLÁSTICOS	27
1.1.6.1	SEGÚN EL MONÓMERO BASE	27
1.1.6.2	SEGÚN SU COMPORTAMIENTO FRENTE AL CALOR	28
1.1.6.3	SEGÚN LA REACCIÓN DE SÍNTESIS	29
1.1.6.4	SEGÚN SU ESTRUCTURA MOLECULAR	30
1.1.6.5	SEGÚN LA VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO	30
1.1.6.6	SEGÚN LA COMBINACIÓN DE MONÓMEROS	32
1.1.6.7	COPOLÍMEROS Y TERPOLÍMEROS	32
1.1.6.8	COPOLÍMEROS ESTIRENO-BUTADIENO	33
1.1.6.9	OTROS TIPOS DE PLÁSTICOS	35
1.1.7	PROPIEDADES DEL PLÁSTICO	38
1.1.7.1	PROPIEDADES FÍSICAS	39
1.1.7.2	PROPIEDADES MECÁNICAS	39
1.1.7.3	PROPIEDADES TÉRMICAS	40
1.1.7.4	PROPIEDADES ELÉCTRICAS	41
1.1.7.5	PROPIEDADES MAGNÉTICAS	41
1.1.7.6	PROPIEDADES ÓPTICAS	41
1.1.7.7	PROPIEDADES QUÍMICAS	41

1.1.7.8	PROPIEDADES TECNOLÓGICAS	42
1.1.8	CARACTERÍSTICAS DEL PLÁSTICO	42
1.1.9	IMPACTOS DEL PLÁSTICO EN EL AMBIENTE	43
1.1.9.1	NATURALEZA	43
1.1.9.2	SALUD	45
1.1.9.3	IMPACTO VISUAL	46
1.1.10	PLÁSTICOS BIODEGRADABLES	48
1.1.10.1	PLA	49
1.1.10.2	POLIHIDROXIALCANOATOS	50
1.1.10.3	PLÁSTICOS A PARTIR DE CO ₂	51
1.1.10.4	HIDROGEL	52
1.2	NORMAS	53
1.2.1	NORMAS INTERNACIONALES	53
1.2.2	LEGISLACIÓN AMBIENTAL DEL ECUADOR	55
1.3	FERMENTACIÓN	58
1.3.1	DEFINICIÓN Y USOS DE LA FERMENTACIÓN	58
1.3.1.1	DEFINICIÓN	58
1.3.1.2	USOS DE LA FERMENTACIÓN	58
1.3.1.3	FERMENTACIÓN LÁCTICA	59
1.3.1.4	PROCESO FERMENTATIVO	59
1.3.1.5	MICROORGANISMOS PRESENTES	60
		60

1.3.2	<i>Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus</i> (ATCC®7830),	
1.3.2.1	CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA	61
1.3.3	PARÁMETROS DE FERMENTACIÓN	61
1.3.3.1	TEMPERATURA:	61
1.3.3.2	EXCLUSIÓN DE AIRE	62
1.4	PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO	63
1.4.1	ÁCIDO	63
1.4.2	EL ÁCIDO LÁCTICO	63
1.4.3	PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO	64
1.4.4	PRODUCCIÓN FERMENTATIVA BIOTECNOLÓGICA DEL ÁCIDO LÁCTICO	65
1.4.5	PROPIEDADES DEL ÁCIDO LÁCTICO	66
1.4.5.1	IDENTIFICADORES	67
1.4.5.2	PROPIEDADES FÍSICAS	67
1.4.5.3	PROPIEDADES QUÍMICAS	68
1.4.5.4	ESTRUCTURA QUÍMICA	68
1.4.6	TRATAMIENTOS DE PURIFICACIÓN DEL ÁCIDO LÁCTICO	68
1.4.6.1	ELECTRODIÁLISIS	68
1.4.6.2	INTERCAMBIO IÓNICO	69
1.4.6.3	RESINA DE INTERCAMBIO DE IONES	69
1.4.6.4	DESMINERALIZACIÓN POR MEMBRANAS	70
1.4.6.5	ESTERIFICACIÓN	70
1.5	BIODEGRADABILIDAD	72

1.5.1	DEFINICIÓN	72
1.5.2	VÍAS DE BIODEGRADACIÓN	73
1.5.3	DEGRADACIÓN AEROBIA	74
1.5.4	DEGRADACIÓN ANAEROBIA	74
1.5.5	PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL RECICLAJE	76
1.5.6	MATERIALES Y BIOTECNOLOGÍA	77
1.5.6.1	BIOTECNOLOGÍA ROJA:	78
1.5.6.2	BIOTECNOLOGÍA BLANCA:	78
1.5.6.3	BIOTECNOLOGÍA VERDE:	78
1.5.6.4	BIOTECNOLOGÍA AZUL:	79
1.5.7	MICROORGANISMOS PRESENTES EN LA BIODEGRADABILIDAD	79
1.5.7.1	LAS BACTERIAS EN EL MEDIO AMBIENTE	79
1.5.8	IMPORTANCIA DE LA BIODEGRADACIÓN PARA EL AMBIENTE	83
1.5.9	CONSECUENCIAS POR MATERIALES NO DEGRADABLES	84
1.5.9.1	RELLENOS COLAPSADOS	84
1.5.9.2	CONTAMINACIÓN DE LOS SUELOS	84
1.5.9.3	CONTAMINACIÓN DEL AGUA	85
1.5.9.4	CONTAMINACIÓN DEL AIRE	86

1.5.10	BENEFICIOS DE LA BIODEGRADABILIDAD	87
1.5.11	PARÁMETROS DE BIODEGRADABILIDAD	88
1.5.11.1	TEMPERATURA	89
1.5.11.2	EVAPORACIÓN	89
1.5.11.3	MICROORGANISMOS	90
1.5.11.4	CAMBIO DE ESTADO	90
1.5.11.5	TEORÍA CINÉTICA MOLECULAR	91
1.5.11.6	OPERACIONES UNITARIAS	92
1.5.11.7	HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN	93
1.5.12	MÉTODO PARA MEDIR LA BIODEGRADACIÓN:	93

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1	SIEMBRA	95
2.1.1	CARACTERÍSTICAS	95
2.1.1.1	ESPECIFICACIONES	95
2.1.1.2	FUNCIONAMIENTO	96
2.2	SIEMBRA EN MATRACES.	98
2.3	CONTEO DE CEPAS	98
2.4	FERMENTACIÓN	101
2.5	TRATAMIENTO EN UN BIORREACTOR	103
		105

2.6 ANÁLISIS DE LABORATORIO	
2.7 RECUPERACIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO	106
CAPÍTULO 3: RESULTADOS	
3.1 RESULTADO DEL CONTEO DE BACTERIAS	109
3.2 DESARROLLO DE TRATAMIENTOS	111
3.2.1 RESULTADOS DEL CONTROL DE TRATAMIENTOS	112
3.2.2 RESULTADO DE ANÁLISIS DE INÓCULOS PARA DETERMINAR LA OBTENCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO	113
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	114
3.3.1 HIPÓTESIS 0	115
3.3.2 HIPÓTESIS 1	115
3.3.3 DISEÑO DE TRATAMIENTOS:	115
3.3.4 DISEÑO EN BLOQUE COMPLETAMENTE AL AZAR	115
3.3.5 FACTOR DE RESPUESTA	115
3.3.6 ALEATORIEDAD	116
3.3.7 INTERACCIÓN TIEMPO Y TEMPERATURA	116
3.4 INFERENCIA ESTADÍSTICA	117
3.4.1 ANOVA DE DOS FACTORES: ÁCIDO LÁCTICO VS. TIEMPO, TEMPERATURA	117

3.4.2 MEDIAS DE INTERVALOS DE CONFIANZA	118
3.4.3 EFECTOS EN LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO	119
3.4.4 VALORES PARA LA OBTENCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO	120
3.4.5 RESIDUO VERSUS AJUSTES	121
3.4.6 RESIDUOS VERSUS ORDEN	122
3.4.7 RESIDUOS VERSUS NIVELES	123
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
CONCLUSIONES	125
RECOMENDACIONES	127
PROYECCIONES FUTURAS	127
ANEXOS	
GLOSARIO DE TÉRMINOS	128
CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE ESPECIFICACIONES Y CUALIDADES DE LA BACTERIA <i>Lactobacillus Delbrueckii subsp.</i> <i>Lactis ATCC 7830</i> GARANTIZADO POR MEDIBAC INC.	130
BIBLIOGRAFÍA	132
PAGINAS WEB	133

“OBTENCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE PAPA “Solanum tuberosum L”, COMO MATERIA PRIMA PARA LA FABRICACIÓN DE MATERIAL DESCARTABLE BIODEGRADABLE”

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia los residuos plásticos se han ido convirtiendo en un gran problema para el medio ambiente, ya que diariamente son desechados en grandes cantidades por empresas y domicilios, volviéndose una preocupación en el momento de su disposición final.

El aumento de la población y la fabricación masiva de productos plásticos sin tener en cuenta la insuficiente capacidad de los lugares de disposición final, los daños que causan a la naturaleza siendo desechados en lugares inapropiados sin haber realizado un tratamiento previo, y por consecuencia tardando muchos años para formar parte nuevamente de la naturaleza.

“Cuando los productos plásticos culminan su vida útil se los consideran como residuos sólidos inorgánicos pero a la vez reciclables ya que en un proceso de recuperación se podrían obtener otros objetos creados con ellos, el problema es grave cuando no se toma ninguna medida para su reutilización”. (Noticias Ambientales de Argentina, (2009))¹, y tampoco son de manera adecuada, siendo abandonados en lugares que causan mayores daños y ponen en riesgo el desarrollo de la vegetación, los animales y las personas.

Para solucionar este problema se han incorporado nuevas alternativas de productos amigables con el ambiente o bioplásticos que en su mayoría son a base de productos ricos en almidón.

¹Noticias-ambientales-argentina.blogspot.com/2009_03_01_archive.html

En nuestro medio podemos encontrar elementos naturales ricos en almidón como es el caso de la papa "*Solanum tuberosum L*", las misma que es producida en Ecuador en abundancia especialmente en el norte del país. "Al extraer su almidón este tiene las características de una resina que puede inyectarse, extruirse y termoformarse", (Ácido poliláctico (PLA))², el mismo que se puede utilizar para la elaboración de productos plásticos como materia prima; estos podrían ser desechados, su descomposición no tardaría y a la vez sería de beneficio por su contenido de nutrientes los cuales aportarían como enmiendas para el suelo.

La producción de plásticos biodegradables empieza con la obtención de ácido láctico previo a la extracción del almidón puro de la papa "*Solanum tuberosum L*". Al tener el almidón puro de papa "*Solanum tuberosum L*", ingresa a un proceso anaeróbico de fermentación el mismo que con la acción de microorganismos en especial la bacteria "*Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus*" (ATCC®7830) (Microbiología. Editorial Interamericana, S.A. 1era edición Español, México(1969)).³Encargadas de la transformación del almidón en condiciones adecuadas de temperatura, tiempo de retención, pH y concentración; estos serán favorables para que el proceso de obtención de ácido láctico se cumpla.

Este proyecto contribuirá a una verdadera respuesta a la demanda de productos utilizados diariamente generando menor impacto ambiental, ya que la materia prima procede de recursos renovables de origen agrícola, disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero, el consumo de energía y de recursos no renovables, y completa un círculo virtuoso; las materias primas de origen agrícola regresan a la tierra a través de los procesos de biodegradación y compostaje, sin emitir contaminantes.

²Plástico - Wikipedia, la enciclopedia libre

³Microbiología. Editorial Interamericana, S.A. 1era edición Español (México 1969)

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se basa en un proceso de fermentación el mismo que se hizo en un biorreactor en condiciones anaerobias.

Esta investigación comienza con la adquisición de la bacteria "*Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830), la misma que se colocó en refrigeración para posteriormente trasplantarla en un medio de cultivo Nutritivo, adquirido de la casa distribuidora Merck con la siguiente descripción "111471 DEV. Agar nutritivo para microbiología", después se realizó la siembra en matraces de 250 ml, se procedió a determinar las UFC (unidades formadoras de colonias) mediante el conteo previo en la cámara de Neubauer, el número de bacterias lo expresamos en un número relativo de microorganismo de un taxón (Mayr, E, (1996))⁴.

Se realizaron 9 repeticiones en matraces de 500ml, colocando en el mismo 300g de almidón de papa "*Solanum tuberosum L*", y 400ml de la dilución de la bacteria "*Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830), obteniendo un promedio de 3.72 UFC/ml, al tener preparado el inóculo listo tapamos el matraz con algodón y papel aluminio, se codifico colocando las variables: temperatura, tiempo de retención y pH inicial.

Para la determinación de ácido láctico, se tomó una muestra de 100ml de cada repetición, que fue refrigerada para evitar que se alteren los resultados durante el análisis, el método que fue utilizado para realizar el análisis de ácido láctico del medio fermentado fue de Fehling, que consiste en una volumetría ácido-base sencillo, en la que posteriormente se valora la acidez de la fermentación. Luego de los resultados

⁴Taxón: Mayr, E. (1996) "What is a Species, and What is Not?" en Philosophy of Science, vol. 63: 262-277, Ghiselin, Michael T. (1983). El triunfo de Darwin. María Eulalia Pérez Sedeño, (trad.) (1ª ed. edición). Cátedra. pp. 272 págs.

obtenidos se procedió a realizar la fermentación a mayor escala en un biorreactor anaerobio de flujo intermitente en el mismo que utilizamos las referencias de los 3 inóculos con mayor contenido de ácido láctico del ensayo preliminar

Para realizar la fermentación en el biorreactor colocamos los inóculos lo cerramos herméticamente y por un periodo de 4 días dejamos que salga el aire del biorreactor tornándolo en un ambiente totalmente anaeróbico, a partir de esto comenzamos controlando la temperatura, el tiempo de retención y la agitación del inóculo. Los resultados de los tratamientos realizados en el biorreactor se obtuvieron de la misma forma que obtuvimos los resultados de los inóculos hechos en matraces por el método de policondensación.

Las variables que consideramos en el proceso de fermentación fueron las de temperatura y tiempo de retención, “el pH no fue considerado ya que el inóculo se lo realizó con un pH neutro propicio para el crecimiento bacteriano”. (Touber M. (1992))⁵

Después de haber obtenido los resultados procedimos a realizar la separación del ácido láctico por medio de un proceso de destilación a altas temperaturas obteniendo ácido láctico puro.

⁵ Touber M. 1992. Microbiological problems facing the dairy industry. Bulletin of IDF 276, pág. 6-9

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 EL PLÁSTICO

Para realizar el trabajo de investigación titulado “Obtención del ácido láctico a partir del almidón de papa “*Solanum tuberosum L*”, como materia prima para la fabricación de material descartable biodegradable”, se tienen que poner en consideración muchos factores que influyen directa o indirectamente en el proceso, es necesario revisar los diferentes conceptos y procesos que están directamente relacionados con la ejecución de la investigación, los mismos que se detallan a continuación.

1.1.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA PRODUCCIÓN DE LOS PLÁSTICOS

Antes de crearse los polímeros, la madre naturaleza era la única y exclusiva fuente de materiales con que el hombre contaba para la realización de sus herramientas, útiles y objetos de uso cotidiano. Las propiedades que ofrecían las piedras, las maderas o los metales no satisfacían todas las demandas existentes así que, el hombre en su innato afán de investigación y búsqueda comenzó a aplicar sustancias que suplieran estas carencias.

Surge el estireno, componente a partir del cual, más adelante nace el poliestireno y las resinas de poliestireno”. (Pedro Pablo Gallardo año (1786))⁶, “Durante el siglo XIX, tuvo lugar el descubrimiento del caucho constituyéndose en el antecesor de los plásticos modernos”. (Juan Causa, (1820))⁷.

⁶ Gallardo, Pedro Pablo. “Aspectos técnicos, teóricos y fundamentos del policloruro de vinilo (PVC) como soporte artístico e industrial”. Montilla (Córdoba), 1997. Pag.12.

⁷ De Cusa, Juan. “Aplicaciones del plástico en la construcción”. Ed. CEAC. Barcelona, 1979. Págs. 10-11.

En 1851 es obtenida la ebonita patentado por Hancock Goodyear y Nelson Goodyear⁸. En 1855 descubren el celuloide, afirmando que el nitrato de celulosa se disuelve en alcanfor fundido, con la ayuda de calor y que al enfriarse la disolución, antes de convertirse en una masa dura, pasaba por una fase intermedia de plasticidad, durante cuyo transcurso podía ser objeto de moldeo”(Cusa, Juan (1979))⁹.

En 1828 es entonces cuando tiene lugar un hecho importante dentro de los avances en cuanto a formulación química de los polímeros se realiza la primera síntesis dentro de la química orgánica; Wöhler la logra a partir de la urea y las investigaciones realizadas con el cianato de plata.(Cusa, Juan (1979))¹⁰.

Tiene lugar la creación del primer plástico sintético termoestable a manos del químico Leo Baekeland, (Antonio Miravete)¹¹.

Con este material se fabricaron carcasas de teléfonos y de radios, artículos de escritorio, ceniceros, etc.

La creciente demanda por parte de una sociedad cada vez más consumista sigue estimulando la producción masiva de objetos de plástico.

En 1915 cuando se descubre la formación de polímeros por el encadenamiento molecular de dos o más monómeros de diferente naturaleza, lo que recibió el nombre de copolimerización (Molina, J. A. (1995))¹².

Llegando a 1930, se consigue el desarrollo industrial de los polímeros más importantes de nuestra actualidad como el poli (cloruro de vinilo), el poliestireno, las poliolefinas y el poli (metacrilato de metilo (Gallardo, Montero. Pedro. Pablo)¹³.

⁸ Gallardo, Montero. Pedro .Pablo. “Aspectos técnicos, teóricos y fundamentos del policloruro de vinilo (PVC) como soporte artístico e industrial”. Pág. 14.

⁹ Cusa, Juan. “Aplicaciones del plástico en la construcción”. Ed. CEAC. Barcelona, 1979. Pag.11.

¹⁰ Cusa, Juan. “Aplicaciones del plástico en la construcción”. Ed. CEAC. Barcelona, 1979.Pag. 11.

¹¹ Antonio Navarrete, Los nuevos materiales en la construcción

¹² Molina, J. A. “Los materiales básicos de la construcción”. Ed. ProgenSA S.A. Sevilla 1995.

Sobre todo porque de 1930 a 1935 nació la técnica de los termoplásticos aplicándolos como pinturas y barnices (Arredondo, F. Y Soria, F (1967))¹⁴.

En 1936 Se lanzó al mercado el poli(metacrilato de metilo), que es un vidrio orgánico, transparente, ligero y fácil de moldear, Carleton Ellis, en 1937, también estimuló un mayor interés por la resina, al descubrir que con la adición de monómeros insaturados a poliésteres insaturados se reducía considerablemente el tiempo de reticulación y polimerización. (Richardson & Lokensgard. (2002))¹⁵.

Los plásticos han penetrado en la sociedad y hoy en día son cruciales pues han contribuido a facilitar nuestro modo de vida, la variedad de polímeros que están presentes en el mercado es muy grande, con lo cual se generan tantos residuos que en 1988 el Boteó Institute de la Society of the Plastics Industry, crea un sistema de códigos para identificar los recipientes de plástico. Cada código tiene un número dentro de un símbolo triangular y una abreviatura debajo a fin de identificarlos correctamente para un eventual reciclaje.

1.1.2 EL TÉRMINO PLÁSTICO

El término plástico, se aplica a las sustancias de distintas estructuras que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperaturas, propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo, en sentido concreto, se debe a que denota ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales (QUÍMICA I. (1999))¹⁶.

¹³ Gallardo, Montero. Pedro. Pablo. “Aspectos técnicos, teóricos y fundamentos del policloruro de vinilo (PVC) como soporte artístico e industrial”. Pág. 22.

¹⁴ Arredondo, F. Y Soria, F. “Estudio de materiales”. Ed. Graf. Torroba. 4ª Edición. Madrid, 1967. Pág.

¹⁵ Richardson & Lokensgard. “Industria del plástico”. Ed. Paraninfo. Madrid, 2002. Pág. 553.

¹⁶ QUÍMICA I, Sistemas materiales. Estructura de la materia. Transformaciones químicas, Editorial Santillana, POLIMODAL, varios autores, noviembre de 1999, Buenos Aires – Argentina.

La palabra plástico se usó originalmente como adjetivo para denotar un cierto grado de movilidad y facilidad para adquirir cierta forma, sentido que se conserva en el término plasticidad, plástico es el nombre genérico por el cual se conoce a este material, pero químicamente forma parte de la familia de los polímeros, El plástico es una sustancia sintética de estructura macromolecular, ya que está constituido por gran cantidad de moléculas de hidrocarburos, alcoholes y demás compuestos orgánicos, es decir el plástico es una sustancia orgánica dada su cantidad de carbono entre sus numerosas moléculas.

El plástico puede ser constituido, por la acción del calor y la presión ya sean calor y presión natural como artificial, este último es el caso más común de fabricación ya que el plástico natural no es muy abundante y el que existe no suele ser el apropiado para la fabricación de la mayoría de los productos plásticos que hoy en día se producen. Por el hecho de necesitar calor o presión para que se produzca, el plástico es una sustancia realizada mediante reacciones endotérmicas. El proceso por el cual los radiactivos se convierten en producto, el plástico consiste en que las moléculas se enlacen entre sí formando cadenas de eslabones. La formación del plástico, mediante polimerización (INTI, Argentina)¹⁷.

Si bien los plásticos no se comportan tan bien como el caucho cuando se los estira, en primer lugar se requiere mucha energía para estirarlos. Esta es una manera de decir que los plásticos resisten la deformación mejor que los elastómeros. (Enciclopedia Encarta® (1998))¹⁸. Lo cual es conveniente cuando no deseamos que nuestro material se estire.

Se requiere más energía para estirar los plásticos, haciéndolos resistentes a la deformación. Pero al mismo tiempo, si se estira lo suficiente, no sólo podremos estirar el plástico, sino que éste conservará la forma que adquirió una vez que dejemos de

¹⁷Normas del INTI para la producción de plásticos en la República Argentina

¹⁸Enciclopedia Encarta® 1998, Microsoft® Corporation

estirarlo, (Diccionario Enciclopédico Salvat®)¹⁹. En cambio los elastómeros recobran su forma original.

Y los plásticos son mucho más flexibles que otros materiales, como por ejemplo las fibras las mismas que se extienden muy poco cuando las estiramos, esto las hace muy útiles para fabricar sogas, (Centro Uruguay Independiente (1998))²⁰.

1.1.3 ESTRUCTURA DEL PLÁSTICO

Según como se formen los plásticos pueden tener una variedad de estructuras como:

1.1.3.1 HOMOPOLÍMEROS

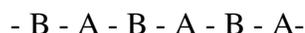
Son aquellos en los que la estructura base llamada A y la secundaria llamada B están constituidas por repetición, es decir, siguiendo un esquema de este tipo:



En los homopolímeros solo aparece la estructura base A ya que también tienen estructura monómera. (Horta A. (1991))²¹

1.1.3.2 COPOLÍMEROS:

Son aquellos plásticos en las que las estructuras A y B se encuentran encadenadas, siendo su síntesis en la mayoría de los casos de la siguiente manera:



¹⁹Diccionario Enciclopédico Salvat®.

²⁰Centro Uruguay Independiente, Informe de salubridad y reciclaje, marzo de 1998, Montevideo-Uruguay

²¹ Horta A. (1991) "Técnicas de Caracterización de Polímeros". Ed. UNED.

Dependiendo como se encuentren encadenadas las moléculas surgen estructuras en tres tipos distintos de dimensiones.

1.1.3.3 ESTRUCTURA LINEAL:

Estas estructuras son posibles en dos casos:

En el caso de un homopolímero, ya que al solo tener la base A se daría una estructura lineal, en el que solo aparece un elemento, en este caso el elemento A.

En el caso de un copolímero de A y B la estructura lineal puede ser de tres aspectos diferentes pero pertenecientes todos al mismo elemento

1.1.3.4 ESTRUCTURA LINEAL ALTERNA:

En esta estructura, los motivos A y B se suceden alternativamente:



1.1.3.5 ESTRUCTURA LINEAL DE SECUENCIA:

En este tipo estructural del plástico largas secuencias del motivo o elemento A siguen a otras secuencias iguales del motivo B.

1.1.3.6 ESTRUCTURA LINEAL ESTADÍSTICA:

En la estructura lineal estadística, la alternación de los monómeros A y B no sigue ninguna ley definida, se debe al azar, es decir los dos motivos aparecerán en la molécula de forma aleatoria, (Painter P.C., Coleman M.M. (1996))²².



²²Painter P.C., Coleman M.M. (1996) "Fundamentos de Ciencia de Polímeros" Ed. Technomic

1.1.3.7 ESTRUCTURA BIDIMENSIONAL:

Esta estructura es la menos común de las tres existentes, de ella no se ha podido encontrar la síntesis, pero lo que sí se sabe es que los dos motivos A y B están situados en dos dimensiones tal y como indica su nombre. Los plásticos con estructura bidimensional son naturales, en su mayoría del campo biológico y del reino animal.

1.1.3.8 ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL:

La macromolécula ocupa un volumen cuyas tres dimensiones son de tamaños equivalentes y el monómero posee al menos tres lugares reactivos para que pueda conseguirse el desarrollo en las tres dimensiones del espacio (Diccionario Enciclopédico Larousse, (1984))²³.

1.1.4 EL POLÍMERO Y SU FORMACIÓN

1.1.4.1 POLÍMERO

“Polímero proviene del griego poly, (muchos), entonces es una sustancia formada de muchos segmentos, puede ser un compuesto orgánico natural o sintético cuya característica principal está formada por grandes moléculas y estas a su vez están formadas de pequeñas moléculas que se repiten varias veces, esta molécula pequeña que se repite se llama monómero (Diccionario Santillana 2, (1987))²⁴.

Los plásticos incluyen aquellas materias orgánicas que se producen mediante la síntesis de productos primarios a base de la desintegración de carbón, petróleo y gas natural.

La materia está formada por moléculas que pueden ser de tamaño normal o moléculas gigantes llamadas polímeros.

²³Diccionario Enciclopédico Larousse, Editorial Planeta, Barcelona, 1984

²⁴Diccionario Santillana 2, Editorial Santillana, Madrid 1987

Las miles de moléculas pequeñas denominadas monómeros forman enormes cadenas diferentes, algunas parecen fideos, otras tienen ramificaciones, otras, globos, etc. Algunas se asemejan a las escaleras de mano y otras son como redes tridimensionales.

La mayor parte de los polímeros que usamos en nuestra vida diaria son materiales sintéticos con propiedades y aplicaciones variadas.

En general, los polímeros tienen una muy buena resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen. Las fuerzas de atracción intermoleculares dependen de la composición química del polímero y pueden ser de varias clases, las más comunes, denominadas Fuerzas de Van der Waals. (Areizaga J., Cortázar M.M., Elorza J.M., Iruin J.J. (2002))²⁵.

Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas. En general, los polímeros tienen una excelente resistencia mecánica debido a las grandes cadenas poliméricas que se atraen. Las fuerzas de atracción intermoleculares dependen de la composición química del polímero y pueden ser de varias clases (Katime I. (1994))²⁶.

1.1.4.2 FUERZAS DE VAN DER WAALS

También llamadas fuerzas de dispersión, están en las moléculas de muy baja polaridad, generalmente en los hidrocarburos. Estas fuerzas provienen de dipolos transitorios como resultado de los movimientos de electrones, en cierto instante una porción de la molécula se vuelve ligeramente negativa, mientras que en otra región aparece una carga positiva equivalente. Así se forman dipolos no permanentes. Estos dipolos producen atracciones electrostáticas muy débiles en las moléculas de tamaño normal, pero en los polímeros, formados por miles de estas pequeñas moléculas, las fuerzas de atracción se

²⁵Areizaga J., Cortázar M.M., Elorza J.M., Iruin J.J. (2002) "Polímeros". Ed. Síntesis.

²⁶Katime I. (1994) "Problemas de Química Física Macromolecular". Ed. UPV

multiplican y llegan a ser enormes (International Unión of Pure and Applied Chemistry (1994))²⁷.

1.1.4.3 FUERZAS DE ATRACCIÓN DIPOLO-DIPOLO

Estas atracciones son mucho más potentes y a ellas se debe la gran resistencia tensil de las fibras de los poliésteres, (Iver Brevik, V. N. Marachevsky, Kimball A. Milton)²⁸.

1.1.4.4 ENLACES DE HIDRÓGENO

Como en las poliamidas, estas interacciones son tan fuertes, que una fibra obtenida con estas poliamidas tiene resistencia tensil mayor que la de una fibra de acero de igual masa, (I. D. Dzyaloshinskii, E. M. Lifshitz, and L. P. Pitaevskii, (1961))²⁹.

1.1.4.5 ENLACES IÓNICOS

Hay atracciones de tipo iónico que son las más intensas, se llaman ionómeros y se usan, por ejemplo, para hacer películas transparentes de alta resistencia. (J. Lyklema)³⁰

Tipo de enlace	Kcal / mol
Van der Waals en CH ₄	2,4
Dipolos permanentes	3 a 5
Enlaces hidrógeno	5 a 12
Iónicos	mayores a 100

Tabla 1. Tipos de enlaces

Fuente: Monografias.com, tipos de enlaces

²⁷International Union of Pure and Applied Chemistry (1994). "Van der Waals forces". «Compendium of Chemical Terminology» Internet edition (en inglés).

²⁸Iver Brevik, V. N. Marachevsky, Kimball A. Milton, Identity of the van der Waals Force and the Casimir Effect and the Irrelevance of these Phenomena to Sonoluminescence, hep-th/9901011

²⁹I. D. Dzyaloshinskii, E. M. Lifshitz, and L. P. Pitaevskii, *Usp. Fiz.Nauk***73**, 381 (1961)

³⁰J. Lyklema, Fundamentals of Interface and Colloid Science, p. 4.43

La fuerza total de atracción entre las moléculas del polímero, dependería del número de las interacciones. Como máximo, sería igual a la energía de enlace según la tabla, multiplicada por el número de átomos de carbono en el caso del polietileno o por el número de carbonílicos C = O en los poliésteres, etc. Rara vez se alcanza este valor máximo, porque las cadenas de los polímeros no pueden, por lo general, acomodarse con la perfección que sería requerida, (Seymour R.B., Carraher, C.E. Jr. (1995))³¹.

1.1.5 IMPORTANCIA DEL PLÁSTICO

En la vida moderna el plástico ha constituido un fenómeno de indudable trascendencia. Hoy en día el hombre vive rodeado de objetos plásticos que en siglos anteriores no eran necesarios para la vida cotidiana. “Los plásticos se han fabricado para satisfacer las demandas de una gran variedad de usos, dando lugar a una vasta industria donde la civilización debería llamarse la civilización del plástico, debido al papel determinante que ha desempeñado este material en su desarrollo, en el mejoramiento de las condiciones de la vida del hombre y el acelerado crecimiento de la ciencia y la tecnología” (Kalpakjian, S. (1997))³².

“El plástico, ha sustituido partes metálicas en la industria automotriz, se usa en la construcción, en empaques, electrodomésticos y en un futuro no muy lejano irá entrando en otras ramas de la industria, por ejemplo en medicina, como sustitutos de articulaciones artificiales, los juegos de toda índole y en artículos deportivos, como pueden ver la rama del plástico está en proceso de crecimiento” (Van Griethuysen, A. J., (1988))³³. Ya que es común observar piezas que anteriormente eran producidas con otros materiales, por ejemplo con madera o metal y que ya han sido substituidas por otras de plástico.

³¹Seymour R.B., Carraher, C.E. Jr. (1995) "Introducción a la Química de los Polímeros". Ed. Reverté.

³²Kalpakjian, S. Manufacturing Processes for Engineering Materials, Third Edition, Addison Wesley Publishing Company. 1997.

³³Van Griethuysen, A. J. New Applications of Materials. Scientific & Technical Press Limited. 1988.

Cabe destacar que el plástico es una sustancia muy importante para el desarrollo de la industria ya que su material sintético o natural que contiene como ingredientes esenciales sustancias orgánicas de elevada masa molecular llamada polímero.

Al plástico lo podemos utilizar en muchas opciones las cuales son sin excepciones ya que sus diferentes formas y texturas nos dan la oportunidad de involucrarlo en muchos usos desde los más simples hasta los complejos, “la gran ventaja es que nos sirve para mantener muchos elementos de forma higiénica y aséptica y al mismo tiempo ser un óptimo aislante térmico, pudiéndolos llevar y colocar en cualquier lugar por ser muy leve, teniendo en cuenta que puede ser resistente a los cambios por lo tanto pueden durar mucho tiempo sin alterar su forma”(D.W. Clegg and A.A. Collyer, (1993))³⁴, para así poderlo utilizar con otro fin, lo cual lo podemos llamar como un material reutilizable y reciclable, ya que algunos por sus propiedades pueden ser vueltos a fundir y obtener otro objeto del mismo material.

“La relación costo-beneficio de los plásticos, está estrechamente ligada ya que pueden existir otros utensilios que suplan a estos materiales pero tienen mayor costo y su tiempo de duración es menor que la de los plásticos, en el mercado actual los plásticos son utilizados a gran escala ya que por su costo pueden ser regalados por lo cual no podrían ser sustituidos por otros materiales con costos elevados”. (Deffeyes, K. S Beyond Oil, (2006))³⁵.

1.1.6 TIPOS DE PLÁSTICOS

1.1.6.1 SEGÚN EL MONÓMERO BASE

En esta clasificación se considera el origen del monómero del cual parte la producción del polímero.

³⁴D.W. Clegg and A.A. Collyer. "The Structure and Properties of Polymeric Materials". The Institute of Materials, 1993.

³⁵Deffeyes, K. S beyond Oil: The View from Hubbert's Peak. Douglas & McIntyre Publishers. 2006.

1.1.6.1.1 NATURALES:

Son los polímeros cuyos monómeros son derivados de productos de origen natural con ciertas características como, por ejemplo, la celulosa, la caseína y el caucho. Los plásticos naturales suelen tener los enlaces moleculares de forma bidimensional aunque también se pueden dar casos de enlaces lineales pero estos casos con este tipo de enlace son mucho más extraños.

1.1.6.1.2 NATURALES SEMISINTÉTICOS:

Son aquellos plásticos que aunque la materia prima proceda de la naturaleza deben ser tratados mediante procesos químicos para su total utilización como materia plástica en sí. Este plástico es muy maleable cuando está en caliente pero a la vez es una sustancia muy inflamable.

1.1.6.1.3 SINTÉTICOS

Son todas aquellas sustancias plásticas que tienen origen en productos elaborados por el hombre, principalmente derivados del petróleo, mediante la polimerización de algunas moléculas muy sencillas, se obtienen en fábricas y laboratorios.

1.1.6.2 SEGÚN SU COMPORTAMIENTO FRENTE AL CALOR

Existen plásticos que son rígidos y otros que son blandos, esto es porque todos los plásticos poseen una cierta temperatura por encima de la cual son blandos y flexibles y por debajo de la misma son rígidos y quebradizos la misma que se denomina temperatura de transición vítrea, (Diccionario Enciclopédico Salvat®.)³⁶.

Por lo tanto tenemos dos tipos de plásticos que difieren frente a su estímulo con el calor:

³⁶Diccionario Enciclopédico Salvat®.

1.1.6.2.1 TERMOPLÁSTICOS

Un termoplástico es un plástico que, a temperatura ambiente, es plástico o deformable, se convierte en un líquido cuando se calienta y se endurece en un estado vítreo cuando se enfría lo suficiente. La mayoría de los termoplásticos son polímeros de alto peso molecular, los que poseen cadenas asociadas por medio de débiles fuerzas Van der Waals; fuertes interacciones dipolo-dipolo y enlace de hidrógeno; o incluso anillos aromáticos apilados.

1.1.6.2.2 TERMOESTABLES

Los plásticos termoestables son materiales que una vez que han sufrido el proceso de fusión y solidificación, se convierten en materiales rígidos que no vuelven a fundirse. Generalmente para su obtención se parte de un aldehído, (Centro Uruguay Independiente, (1998))³⁷.

1.1.6.3 SEGÚN LA REACCIÓN DE SÍNTESIS

Estos materiales se clasifican según la reacción que produjo el polímero:

1.1.6.3.1 POLÍMEROS DE ADICIÓN

Implican siempre la ruptura o apertura de una unión del monómero para permitir la formación de una cadena. En la medida que las moléculas son más largas y pesadas, la cera parafínica se vuelve más dura y más tenaz.

³⁷Centro Uruguay Independiente, Informe de salubridad y reciclaje, marzo de 1998, Montevideo-Uruguay

1.1.6.3.2 POLÍMEROS DE CONDENSACIÓN

Son aquellos donde los monómeros deben tener, por lo menos, dos grupos reactivos por monómero para darle continuidad a la cadena.

1.1.6.3.3 POLÍMEROS FORMADOS POR ETAPAS

La cadena de polímero va creciendo gradualmente mientras haya monómeros disponibles, añadiendo un monómero cada vez. Esta categoría incluye todos los polímeros de condensación además algunos otros que no liberan moléculas pequeñas pero sí se forman gradualmente, como por ejemplo los poliuretanos.

1.1.6.4 SEGÚN SU ESTRUCTURA MOLECULAR:

1.1.6.4.1 AMORFOS

Son amorfos los plásticos en los que las moléculas no presentan ningún tipo de orden; están dispuestas aleatoriamente sin corresponder a ningún orden. Al no tener orden entre cadenas se crean unos huecos por los que pasa la luz, por esta razón los polímeros amorfos son transparentes.

1.1.6.4.2 SEMICRISTALINOS

Los polímeros semicristalinos tienen zonas con cierto tipo de orden junto con zonas amorfas. En este caso al tener un orden existen menos huecos entre cadenas por lo que no pasa la luz a no ser que posean un espesor pequeño.

1.1.6.5 SEGÚN LA VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO:

Puede disminuirse (enfriamiento rápido) o incrementarse (enfriamiento lento) el porcentaje de cristalinidad de un polímero semicristalino, sin embargo, un polímero

amorfo, no presentará cristalinidad aunque la velocidad de enfriamiento sea extremadamente lenta.

1.1.6.5.1 COMODITIES

Son aquellos que tienen una fabricación, disponibilidad, y demanda mundial, tienen un rango de precios internacional y no requieren gran tecnología para su fabricación y procesamiento (Enciclopedia Encarta® (1998))³⁸.

1.1.6.5.2 DE INGENIERÍA

Son los materiales que se utilizan de manera muy específica, creados prácticamente para cumplir una determinada función, requieren tecnología especializada para su fabricación o procesamiento y de precio relativamente alto.

1.1.6.5.3 ELASTÓMEROS O CAUCHOS

Los elastómeros se caracterizan por su alta elasticidad, la capacidad de estiramiento y rebote, recuperando su forma primitiva una vez que se retira la fuerza que los deformaba. Comprenden los cauchos naturales obtenidos a partir de los látex naturales y sintéticos; entre estos últimos se encuentran el neopreno y el polibutadieno.

Los elastómeros son materiales de moléculas grandes las cuales después de ser deformadas a temperatura ambiente, recobran en mayor medida su tamaño y geometría al ser liberada la fuerza que los deformara (Investigación y Ciencia, N.º 228, (1995))³⁹.

³⁸Enciclopedia Encarta® 1998, Microsoft® Corporation

³⁹Investigación y Ciencia, N.º 228, septiembre de 1995.

1.1.6.6 SEGÚN LA COMBINACIÓN DE MONÓMEROS

1.1.6.6.1 HOMOPOLÍMEROS Y COPOLÍMEROS

Los materiales como el polietileno, el PVC, el polipropileno, y otros que contienen una sola unidad estructural, se llaman homopolímeros. Los homopolímeros, además, contienen cantidades menores de irregularidades en los extremos de la cadena o en ramificaciones.

Por otro lado los copolímeros contienen varias unidades estructurales, como es el caso de algunos muy importantes en los que participa el estireno.

1.1.6.7 COPOLÍMEROS Y TERPOLÍMEROS

1.1.6.7.1 SAN

Copolímero de estireno-acrilonitrilo en los que el contenido de estireno varía entre un 65% y 80%. Estos materiales tienen buena resistencia a los aceites lubricantes, a las grasas y a las gasolinas.

Asimismo, tiene mejores propiedades de impacto, tensión y flexión, que los homopolímeros del estireno. Los copolímeros son transparentes, pero con un ligero color amarillo que se vuelve más oscuro a medida que aumenta el contenido en acrilonitrilo. Al mismo tiempo mejora la resistencia química, la resistencia al agrietamiento ambiental y la resistencia térmica al aumentar el porcentaje en acrilonitrilo.

1.1.6.7.2 ABS

Terpolímero acrilonitrilo-butadieno-estireno. Son materiales heterogéneos formados por una fase homogénea rígida y una elastomérica.

Originalmente se mezclaban emulsiones de los dos polímeros de SAN y polibutadieno. La mezcla era coagulada para obtener ABS, (Revista "Noticiero Plástico", (1998))⁴⁰.

El ABS se originó por la necesidad de mejorar algunas propiedades del poliestireno de alto impacto. Este material tiene tres desventajas importantes:

- Baja temperatura de ablandamiento.
- Baja resistencia ambiental.
- Baja resistencia a los agentes químicos.

1.1.6.8 COPOLÍMEROS ESTIRENO-BUTADIENO

Éstos son los hules sintéticos que han sustituido prácticamente en su totalidad al natural, en algunas aplicaciones como las llantas para automóviles.

Los hules sintéticos contienen un 25% de estireno y un 75% de butadieno; sus aplicaciones incluyen en orden de importancia.

Los copolímeros de estireno-butadieno con mayor contenido de butadieno, hasta de 60%, se usan para hacer pinturas y recubrimientos ahulados. Para mejorar la adhesividad, en ocasiones se incorpora el ácido acrílico o los ésteres acrílicos, que elevan la polaridad de los copolímeros.

1.1.6.8.1 MBS

Se obtienen injertando metacrilato de metilo o mezclas de metacrilato y estireno, en las cadenas de un hule de estireno-butadieno.

⁴⁰Revista "Noticiero Plástico", Nº 431, junio de 1998, Buenos Aires – Argentina

Otros copolímeros importantes del estireno, se realizan polimerizando en suspensión, estireno en presencia de divinil-benceno, para obtener materiales entrecruzados, por sulfonación y otras reacciones químicas se convierten en las conocidas resinas de intercambio iónico, (Normas del INTI para la producción de plásticos)⁴¹.

1.1.6.8.2 POLIESTIRENO DE ALTO IMPACTO

Para hacer este material, se dispersa un elastómero en una matriz que puede ser de poliestireno o de algunos de sus copolímeros, (Enciclopedia Encarta® (1998))⁴².

Las variables importantes de la fase continua son:

- Distribución de pesos moleculares.
- Composición, cuando se trata de un copolímero.

Las variables importantes de la fase elastomérica son:

- Número, tamaño, distribución de tamaños y formas de las partículas dispersadas.
- Composición, si es un copolímero.
- Grado de entrecruzamiento en el elastómero.

Existen dos procedimientos para obtener poliestireno de alto impacto:

- Mezclar poliestireno directamente con el elastómero.
- Mezclar estireno, el elastómero, el catalizante y el acelerante y se produce la polimerización.

⁴¹Normas del INTI para la producción de plásticos en la República Argentina

⁴²Enciclopedia Encarta® 1998, Microsoft® Corporation

1.1.6.8.3 CPE

Los polietilenos clorados se obtienen clorando polietileno de alta densidad con 30% a 40% de cloro. Tienen baja cristalinidad y baja temperatura de transición vítrea. Un nivel de cloro del 36% resultó experimentalmente para un buen balance al impacto-dispersabilidad-procesabilidad.

1.1.6.8.4 EVA

Copolímero del etileno y acetato de vinilo con 30% a 50% del acetato, posee propiedades elastoméricas.

1.1.6.9 OTROS TIPOS DE PLÁSTICOS

Hoy en día se conocen gran cantidad de plásticos utilizables como tales. Entre ellos cabe destacar las siguientes:

1.1.6.9.1 CELOFÁN

Es un plástico con una consistencia similar a la del papel, los dos están compuestos por la misma materia prima, la celulosa, que es una sustancia macromolecular del grupo de los glúcidos que está contenida en las membranas de las células vegetales, en especial en la de algunos árboles como es el caso del roble. El celofán es un plástico transparente y muy flexible, además es aislante de la humedad.

1.1.6.9.2 NEOPRENO

Es un plástico de caucho artificial obtenido mediante ciertos procesos químicos con hidrocarburos tratados en todo momento. El neopreno es de carácter aislante y algunos

de los trajes de bomberos, aunque suelen estar hechos de poliuretano, están constituidos por este material, (Revista "Noticiero Plástico", N° 431, (1998))⁴³.

1.1.6.9.3 POLIURETANO

Es una sustancia plástica, formada en gran parte de polivinilo, con una capacidad de muy grande de aislamiento tanto térmico como acústico ya que impide el paso del calor y el ruido.

La mayoría de los equipos contra incendios están protegidos con poliuretano; así mismo es muy corriente que en lugares donde suelen haber grandes ruidos (música, ruido de máquinas etc.) las paredes estén recubiertas de poliuretano.

1.1.6.9.4 SILICONA

Son ciertas sustancias plásticas muy maleables en las que su principal compuesto es el silicio. La silicona suele ser utilizada con fines farmacológicos para fabricar pomadas y cremas y en la medicina estética para prótesis de senos, labios, pómulos, etc.

1.1.6.9.5 PLEXIGLÁS

Son unas láminas plásticas transparentes con el mismo aspecto del vidrio pero menos frágiles que éste. Con esta sustancia se fabrican las puertas y ventanas de muchos edificios para evitar posibles roturas del cristal.

Además de los plásticos existen otras sustancias plásticas que son las fibras plásticas. Estas fibras las descubrió Louis Marie Chardonet a finales del siglo pasado cuando percibió que de una sustancia plástica llamada nitrocelulosa se podía obtener una fibra parecida a la seda que podía tejerse con facilidad y cuya producción era muy barata. A esta fibra se la denominó rayón y a partir de ahí se fueron descubriendo otras como el

⁴³Revista "Noticiero Plástico", N° 431, junio de 1998, Buenos Aires – Argentina

nylon, el tergal, y otras muchas sustancias (Normas del INTI para la producción de plásticos)⁴⁴.

1.1.6.9.6 POLIPROPILENO

Se conoce con las siglas PP. Es un plástico muy duro y resistente. Es opaco y con gran resistencia al calor pues se ablanda a una temperatura más elevada (150 °C). Es muy resistente a los golpes aunque tiene poca densidad y se puede doblar muy fácilmente, resistiendo múltiples doblados por lo que es empleado como material de bisagras.

También resiste muy bien los productos corrosivos. Se emplean en la fabricación de estuches, y tuberías para fluidos calientes, jeringuillas, carcasa de baterías de automóviles, electrodomésticos, muebles (sillas, mesas), juguetes, y envases. Otra de sus propiedades es la de formar hilos resistentes aptos para la fabricación de cuerdas, zafras, redes de pesca.

1.1.6.9.7 POLIESTIRENO

Se designa con las siglas PS. Es un plástico más frágil, que se puede colorear y tiene una buena resistencia mecánica, puesto que resiste muy bien los golpes. Sus formas de presentación más usuales son la laminar. Se usa para fabricar envases, tapaderas de bisutería, componentes electrónicos y otros elementos que precisan una gran ligereza, muebles de jardín, mobiliario de terraza de bares, etc. La forma esponjosa también se llama PS expandido con el nombre POREXPAN o corcho blanco, que se utiliza para fabricar embalajes y envases de protección, así como en aislamientos térmicos y

⁴⁴Normas del INTI para la producción de plásticos en la República Argentina

acústicos en paredes y techos. También se emplea en las instalaciones de calefacción, (Enciclopedia Encarta®. (1998))⁴⁵.

1.1.6.9.8 ACRÍLICOS:

En general se trata de polímeros en forma de gránulos preparados para ser sometidos a distintos procesos de fabricación. Uno de los más conocidos es el polimetacrilato de metilo. Suele denominarse también con la abreviatura PMMA. Tiene buenas características mecánicas y se puede pulir con facilidad. Por esta razón se utiliza para fabricar objetos de decoración. También se emplean como sustitutivo del vidrio para construir vitrinas, dada su resistencia a los golpes. En su presentación traslúcida o transparente se usa para fabricar letreros, paneles luminosos y gafas protectoras.

Otras aplicaciones del metacrilato las encontramos en ventanas de avión, piezas de óptica, accesorios de baño, o muebles. También es muy práctico en la industria del automóvil. A partir del polvo plástico acrílico se fabrican aparatos sanitarios (bañeras, lavabos, fregaderos). Antiguamente se designaba comercialmente como plexiglás. Pero uno de los principales inconvenientes de este utilísimo es su elevado precio". (Química I, (1999))⁴⁶

1.1.7 PROPIEDADES DEL PLÁSTICO

Las propiedades de la mayoría de los plásticos aunque no siempre pueden cumplirse en determinados plásticos especiales son estas:

- fáciles de trabajar y moldear,
- tienen un bajo costo de producción,

⁴⁵Enciclopedia Encarta® 1998, Microsoft® Corporation

⁴⁶Química I, Sistemas materiales. Estructura de la materia. Transformaciones químicas, Editorial Santillana, Polimodal, varios autores, noviembre de 1999, Buenos Aires - Argentina

- poseen baja densidad,
- suelen ser impermeables,
- buenos aislantes eléctricos,
- aceptables aislantes acústicos,
- buenos aislantes térmicos, aunque la mayoría no resisten temperaturas muy elevadas,
- resistentes a la corrosión y a muchos factores químicos;
- algunos no son biodegradables ni fáciles de reciclar, y si se queman, son muy contaminantes.

1.1.7.1 PROPIEDADES FÍSICAS

1.1.7.1.1 DENSIDAD

Es el cociente entre la masa del cuerpo y su volumen

1.1.7.2 PROPIEDADES MECÁNICAS

1.1.7.2.1 ELASTICIDAD

Es la propiedad de un material de deformarse bajo la acción de una fuerza y volver a su forma original cuando desaparece la fuerza aplicada

1.1.7.2.2 PLASTICIDAD

Es la propiedad de un material que queda deformado después de haber actuado sobre él una fuerza, o sea que no vuelve a su forma original al desaparecer la fuerza aplicada.

1.1.7.2.3 RIGIDEZ

Se distinguen resistencia a la tracción, a la presión, a la flexión, al corte y a la torsión.

1.1.7.2.4 DUREZA

Resistencia que opone a la penetración en él de otro objeto.

1.1.7.2.5 FRAGILIDAD

Se rompe sin variar su forma.

1.1.7.2.6 TENACIDAD

Presenta considerables deformaciones plásticas bajo la acción de una fuerza antes de llegar a romperse.

1.1.7.3 PROPIEDADES TÉRMICAS

1.1.7.3.1 PUNTO DE FUSIÓN

Temperatura a la que el cuerpo sólido se convierte en líquido.

1.1.7.3.2 PUNTO DE EBULLICIÓN

Temperatura a la que el cuerpo líquido se convierte en gaseoso.

1.1.7.3.3 DILATACIÓN TÉRMICA

Incremento de volumen al aumentar la temperatura. En los cuerpos sólidos se suele emplear también el coeficiente de la dilatación lineal.

1.1.7.3.4 CAPACIDAD CALORÍFICA

Cantidad de calor necesaria para calentar un material plástico. Si se refiere a la unidad de masa se denomina calor específico.

1.1.7.3.5 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

Propiedad de conducir el calor a su través.

1.1.7.4 PROPIEDADES ELÉCTRICAS

1.1.7.4.1 RESISTENCIA A LAS CORRIENTES DE FUGAS

Aislante a las corrientes que circulan por la superficie del objeto.

1.1.7.5 PROPIEDADES MAGNÉTICAS

No permite adherirse a otro material.

1.1.7.6 PROPIEDADES ÓPTICAS

1.1.7.6.1 COLOR

1.1.7.6.2 BRILLO

1.1.7.6.3 TRANSPARENCIA

1.1.7.7 PROPIEDADES QUÍMICAS

1.1.7.7.1 RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

Oponen a su destrucción por reacciones químicas o electroquímicas con el medio ambiente.

1.1.7.7.2 RESISTENCIA A LOS ÁCIDOS

1.1.7.7.3 RESISTENCIAS A LAS BASES

1.1.7.7.4 RESISTENCIA AL DESCASCARILLADO

Se refiere a la acción del aire y de gases de hornos a elevadas temperaturas.

1.1.7.8 PROPIEDADES TECNOLÓGICAS

1.1.7.8.1 COLABILIDAD

1.1.7.8.2 MALEABILIDAD

1.1.7.8.3 SOLDABILIDAD

1.1.7.8.4 RESISTENCIA AL DESGASTE

Se refiere a la destrucción indeseada de la superficie del material, por ejemplo debido al rozamiento.

1.1.7.8.5 CONFORMABILIDAD EN FRÍO

1.1.7.8.6 RESISTENCIA AL CALOR

La oposición de un material plástico a su destrucción a causa de temperaturas elevadas.

1.1.7.8.7 UTILIDAD EN CALIENTE

Es la propiedad de un material plástico que puede ser empleado en altas temperaturas.”(Stevens M.P. (1999))⁴⁷.

1.1.8 CARACTERÍSTICAS DEL PLÁSTICO

Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, características excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas

⁴⁷Stevens M.P. (1999) "Polymer Chemistry. An Introduction". Ed. Oxford University Press.

lineales y ramificadas son termoplásticas, mientras que las entrecruzadas son termoendurecible, (Donald V. Rosato and Domionick V. Rosato, (1995))⁴⁸.

1.1.9 IMPACTOS DEL PLÁSTICO EN EL AMBIENTE

El problema del plástico en general radica en que siendo la mayoría de ellos derivados de combustibles fósiles, contribuyen al efecto invernadero. Aunque muchos plásticos pueden ser reciclados de un modo u otro, ha de existir una cantidad máxima que los limite. Por otro lado, muchos de los plásticos desechados no desaparecen del entorno. Se estima que una botella de plástico perdurará durante más o menos 200 años, y que suponiendo aproximadamente el 25% de los residuos generados en los E.E.U.U., los vertederos no podrán acoger semejante cantidad por mucho tiempo, (Val. (2008))⁴⁹.

Los impactos directos que efectúan los plásticos son detallamos a continuación:

1.1.9.1 NATURALEZA

Uno de los principales problemas del plástico convencional son las emisiones de efecto invernadero que se producen. “El bioplástico emite entre 0,8 y 3,2 toneladas menos de dióxido de carbono por tonelada que el plástico derivado del petróleo” (Clemente Álvarez (2008))⁵⁰, siendo esto muy importante en los tiempos actuales que corren hacia un desarrollo más sostenible.

Además, estos plásticos tienen la particularidad de que son realmente biodegradables, a diferencia del derivado del petróleo, al que hay que añadir una pequeña parte de metales pesados para que las cadenas de polímeros se desintegren.

⁴⁸Donald V. Rosato and Domionick V. Rosato."INJECTION MOLDING HANDBOOK" by Chapman & Hall.ITP, 1995

⁴⁹ Val. In Medio Ambiente, Los Plásticos Y El Medio Ambiente – La Problemática De Los Plásticos, 2008

⁵⁰Clemente Álvarez (Soitu.Es). 2008Cet

Es fácil percibir cómo los desechos plásticos, por ejemplo de envases de líquidos como el aceite de cocina o las botellas de agua, no son susceptibles de asimilarse de nuevo en la naturaleza, porque su material tarda aproximadamente unos 180 años en degradarse.

Por otra parte, “la mayoría de los plásticos se obtienen a partir de derivados del petróleo, un producto cada vez más caro y escaso, y, en consecuencia, un bien a preservar, el valor ambiental y económico que representan. Las bolsas de plástico están fabricadas con derivados del petróleo y con muchas otras sustancias químicas. La extracción, transporte y refinado del petróleo es altamente perjudicial para el medio ambiente. La producción de las bolsas también es contaminante, y en la degradación de estas bolsas las sustancias químicas que contienen son liberadas al medio ambiente.

Durabilidad, estabilidad y resistencia a la desintegración son las propiedades que hacen del plástico uno de los productos más utilizados por el consumidor final y que traen grandes consecuencias al medio ambiente. Anualmente se producen cerca del mil millones de toneladas de plástico y cerca del 10% de este total terminan en los océanos; el 80% de éste porcentaje proviene de la tierra. (Jon Juanma. (2011))⁵¹.

El océano Pacífico tiene una enorme cantidad de plástico flotante que se considera como la mayor concentración de basura del mundo con alrededor de 100 kilómetros de extensión; va desde la costa de California, atraviesa Hawái y llega a medio camino de Japón con una profundidad aproximada de diez metros. Se cree que en esta zona hay cerca de 100 millones de toneladas de todos los tipos de plásticos.

Los plásticos, en sólo 100 años de uso, ya han creado problemas gravísimos que el ser humano no es capaz de controlar. Por ejemplo, uno de ellos es la “isla de plásticos” descubierta a la deriva en el Océano Pacífico. Se calcula que su dimensión es superior a la superficie de la Península Ibérica. Aquí se puede encontrar pedazos de redes, botellas, gorras, pelotas, zapatillas, mecheros, bolsas de plásticos y todo tipo de artículo que se pueda fabricar con plástico. Según sus descubridores, esta área tiene aproximadamente

⁵¹ Jon Juanma (Jon E. Illescas Martínez), La Rebelión 2011

dos veces el tamaño de los Estados Unidos (Salvador López Arnal, (2011))⁵². A pesar de ser un plástico reciclable la fabricación del PET involucra sustancias tóxicas, metales pesado, químicos, irritantes y pigmentos, los cuales al final del proceso de producción permanecen en el aire, lo cual es perjudicial para el medio ambiente.

Los productos de plástico en su relación usar y tirar son cada vez más habituales. Derrochamos recursos y generamos residuos en todo su ciclo de vida. La vida útil de una bolsa de plástico, por ejemplo, es de aproximadamente 12 minutos. La capacidad de recuperación del planeta es limitada y en este caso el balance “contaminación-recuperación” está muy desequilibrado (Ian McEwan, (2011))⁵³.

1.1.9.2 SALUD

Como es evidente “el desecho de estos plásticos al ambiente trae graves consecuencias a las comunidades como lo son las enfermedades entre las cuales se encuentra el dengue; producido por el acumulamiento de basura y estancamiento de aguas negras sirviendo como criaderos de zancudas patas blancas. Entre otras de las consecuencias importantes se pueden mencionar son las obstrucciones de las tuberías de aguas negras” (Castillo Áureo, (2003))⁵⁴.

“Se ha declarado que el PET es menos perjudicial para la salud que el PVC u otros plásticos ya que contiene mayores cantidades de químicos artificiales los cuales en contacto con las personas que lo utilizan puede ser causante de enfermedades graves para su organismo.

Muchos de los plásticos son fabricados con los derivados del petróleo, el cual en el momento de su extracción, refinamiento y distribución causan muchos problemas en la

⁵²Salvador López Arnal, La Rebelión, 2011

⁵³Ian McEwan, Es bueno ensuciarse las manos, España solar, 2011

⁵⁴Castillo Áureo, "Educación Familiar y Ciudadana"

salud de las personas y de los animales, los cuales pueden traer consecuencias leves a la piel o la vez causar la muerte de los mismos” (Editorial Obelisco, Caracas (1993))⁵⁵.

El gran problema es que el plástico en su proceso de degradación origina partículas microscópicas que tienen efectos adversos sobre el medio ambiente. La envergadura de los impactos asociados a la “contaminación blanca” está aún por determinar, aunque se sabe que las sustancias peligrosas han entrado ya dentro de la cadena alimentaria. Las partículas de plástico son confundidas con alimentos ingeridos por muchos animales marinos. En la “isla de plásticos” existe 5,5 veces más concentración de residuos que de plancton.

Existen estudios en los que se revela que los contenidos de las botellas de plástico que se encuentran por mucho tiempo envasadas en ellas llegan a tomar gran parte de sus sustancias las cuales pueden provocar situaciones de salud ya que son sustancias que en análisis han resultado cancerígenas (Conama, (1994))⁵⁶.

1.1.9.3 IMPACTO VISUAL

Desecho de los materiales plásticos al ambiente provoca la disminución del embellecimiento de algunas áreas, establecimientos, pueblos y ciudades.

Así mismo surge como problema asociado la contaminación ambiental, “muchas veces producto del desecho de los plásticos de alta y baja densidad. Actualmente estos plásticos son muy utilizados a nivel comercial como envases o envolturas, de sustancias o artículos alimenticios los cuales son desechados al medio ambiente luego de su utilización. Muchas de las ventajas de los productos plásticos se convierten en una desventaja en el momento que desechamos ya sea el envase porque es descartable o bien

⁵⁵Editorial Obelisco, Caracas 1993

⁵⁶ Conama, Manual de Evaluación de Impacto Ambiental, 1994

cuando tiramos objetos de plástico porque se han roto” (Arbohain, Claudio y Gancen, Lilia (2001))⁵⁷.

Si bien los plásticos podrían ser reutilizados o reciclados en su gran mayoría, lo cierto es que los desechos son un problema de difícil solución, fundamentalmente en las grandes ciudades. Es realmente una tarea costosa y compleja para los municipios encargados de la recolección y disposición final de los residuos ya que a la cantidad de envases se le debe sumar el volumen que representan.

Por sus características los plásticos generan problemas en la recolección, traslado y disposición final. Algunos datos nos alertan sobre esto. Por ejemplo, “un camión con una capacidad para transportar 12 toneladas de desechos comunes, transportará apenas 6 ó 15 toneladas de plásticos compactados, y apenas 2 de plástico sin compactar

Dentro del total de plásticos descartables que hoy van a la basura se destaca en los últimos años el aumento sostenido de los envases de PET, proveniente fundamentalmente de botellas descartables de aguas de mesa, aceites y bebidas alcohólicas y no alcohólicas”(Broadbent, D.E. (2004))⁵⁸. De esta manera, resulta claro que el abandono de estos materiales al medio ambiente representa un grave problema ambiental y a la vez alterando el medio en el que vivimos cambiando el espacio del cual podemos disfrutar por un lugar al cual ya no se puede visitar.

“En Ecuador sólo se recicla el 10% de los residuos sólidos urbanos. El 77% acaba en los vertederos o en los rellenos sanitarios, según los últimos datos oficiales del Ministerio de Medio Ambiente. Aunque las bolsas de plástico sean 100% reciclables, la verdad es que solo se recicla una décima parte de ellas. La reciclabilidad de los plásticos es muy relativa, tienen que estar bien separados y en muchas ocasiones se trata de una mezcla

⁵⁷ Arbohain, Claudio y Gancen, Lilia (2001). La contaminación Visual, en comunidad de la Arquitectura Regional Latinoamericana

⁵⁸ Broadbent, D.E. (2004). Decision and stress. London and New York, academic Press

heterogénea de plásticos cuyas aplicaciones son muy limitadas” (Martínez, Luis (2004))⁵⁹.

“Mientras otros países se han fijado fechas para que se eliminen las bolsas de plástico de un sólo uso” (Inegi, (2006))⁶⁰, “Ecuador todavía no ha establecido una fecha límite. Sin embargo, el negocio de las bolsas de plástico respecto con los de los envases y embalajes de plástico es mínimo, en torno al 3%. A pesar del alarmismo, las repercusiones sobre el sector del abandono de las bolsas de plástico no biodegradable de un sólo uso sería casi anecdótico y un empuje para desarrollar materiales con menos impactos sobre el medio ambiente”. (Martínez, Luis (2004))⁶¹.

Los desechos de plástico llenan cada día nuestra bolsa de basura, haciéndonos cada vez más dependientes de ellos lo cual nos permite estar siempre contaminado de diferentes formas el medio ambiente.

1.1.10 PLÁSTICOS BIODEGRADABLES

La fabricación de plásticos biodegradables a partir de materiales naturales, es uno de los grandes retos en diferentes sectores; industriales, agrícolas, y de materiales para servicios varios. Ante esta perspectiva, las investigaciones que involucran a los plásticos obtenidos de otras fuentes han tomado un nuevo impulso y los polihidroxialcanoatos aparecen como una alternativa altamente prometedora.

La sustitución de los plásticos actuales por plásticos biodegradables es una vía por la cual el efecto contaminante de aquellos, se vería disminuido en el medio ambiente. Los desechos de plásticos biodegradables pueden ser tratados como desechos orgánicos y

⁵⁹Martínez, Luis (2004). La Publicidad exterior. Ed. Infinito

⁶⁰ Inegi. Producto Interno bruto por entidad Federativa 1999-2004. Sistema de cuentas nacionales de México, edición 2006

⁶¹ Martínez, Luis (2004). La Publicidad exterior. Ed. Infinito

eliminarlos en los depósitos sanitarios, donde su degradación se realice en pequeños períodos de tiempo, (Almeida A.; Ruiz A. J.; López I. N.; Pettinari M. J. (2004))⁶².

Los polímeros biodegradables se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Polímeros extraídos o removidos directamente de la biomasa: polisacáridos como almidón y celulosa. Proteínas como caseína, queratina, y colágeno.
- Polímeros producidos por síntesis química clásica utilizando monómeros biológicos de fuentes renovables.
- Polímeros producidos por microorganismos, bacterias productoras nativas o modificadas genéticamente.

Dentro de la última categoría se hallan los plásticos biodegradables producidos por bacterias, en este grupo encontramos a los PHAs y al ácido poliláctico (PLA). Los PHAs debido a su origen de fuentes renovables y por el hecho de ser biodegradables, se denominan “polímeros doblemente verdes”. El PLA, monómero natural producido por vías fermentativas a partir de elementos ricos en azúcares, celuloso y almidón, es polimerizado por el hombre. Los bioplásticos presentan propiedades fisicoquímicas y termoplásticas iguales a las de los polímeros fabricados a partir del petróleo, pero una vez depositados en condiciones favorables, se biodegradan. (Almeida, A. (2004))⁶³

1.1.10.1 PLA

El almidón es un polímero natural, un gran hidrato de carbono que las plantas sintetizan durante la fotosíntesis que sirve como reserva de energía. Los cereales como el maíz y trigo contienen gran cantidad de almidón y son la fuente principal para la producción de PLA. Los bioplásticos producidos a partir de este polímero tienen la característica de una resina que puede inyectarse, extruirse y termoformarse.

⁶²Almeida A.; Ruiz A. J.; López I. N.; Pettinari M. J. (2004) Bioplásticos: una alternativa ecológica. Química Viva Número 3, 122 – 133.

⁶³Almeida, A. (2004) Bioplásticos una alternativa ecológica. Tesis de maestría en química biológica. Buenos aires: universidad de buenos aires

La producción de este biopolímero empieza con el almidón que se extrae del maíz, luego los microorganismos lo transforman en una molécula más pequeña de ácido láctico o 2 hidroxipropiónico (monómero), la cual es la materia prima que se polimeriza formando cadenas, con una estructura molecular similar a los productos de origen petroquímico, que se unen entre sí para formar el plástico llamado PLA. (Segura, D.E., Noguez, R.A., Guadalupe E.E. (2007))⁶⁴.

1.1.10.2 POLIHIDROXIALCANOATOS

Los PHAs son producidos generalmente por bacterias Gram negativas, aunque existen bacterias Gram positivas también productoras en menor escala.

En estudios realizados, se observó que el *Bacillus megaterium* acumulaba el polímero cuando la relación glucosa/nitrógeno en el medio de cultivo no se encontraba en equilibrio y observaron su degradación cuando existía falta o deficiencia de fuentes de carbono o energía. A partir de este hecho, se encontraron inclusiones de PHA en una extensa variedad de especies bacterianas. En la actualidad se conocen aproximadamente 150 diferentes polihidroxicanoatos. (Macrae e Wildinson, (1958))⁶⁵.

En general los PHAs son insolubles en agua, biodegradables, no tóxicos, por lo cual uno de los principales beneficios que se obtienen de la aplicación de PHAs, es el ambiental.

La utilización de estos productos, reduce la dependencia del petróleo por parte de la industria plástica, provoca una disminución de los residuos sólidos y se observaría una reducción de la emisión de gases que provocan el efecto invernadero⁶⁶. (Povolo, F., Hermida, E.B., Miyazaky, S.A., Quagliano, J.A. (2000))⁶⁶.

⁶⁴Segura, D.E., Noguez, R.A., Guadalupe E.E. (2007), Contaminación Ambiental y Bacterias Productoras de Plásticos Biodegradables; Biotecnología Volumen 14, 362 - 371

⁶⁵Macrae e Wildinson, 1958

⁶⁶Povolo, F., Hermida, E.B., Miyazaky, S.A., Quagliano, J.A. (2000)

1.1.10.3 PLÁSTICOS A PARTIR DE CO₂

En lugar de ser el gas responsable del efecto invernadero, el CO₂ podría pasar de problema a solución al convertirse en materia prima para la producción de polímeros.

Fuera de evitar la producción a través de sistemas más limpios y eficientes, se ha planteado la propuesta de secuestrar o almacenar este gas, bien sea bajo tierra o bajo grandes superficies de agua, una alternativa que acarrea enormes costos y que también involucra riesgos. (Barone, J.R. (2005))⁶⁷.

Frente a esta perspectiva se abre una nueva posibilidad, de utilizar el CO₂ como materia prima para derivados químicos. En particular, el CO₂ podría utilizarse como materia prima para producir plásticos. En lugar de enterrar el CO₂, se propone "almacenarlo" en plásticos, que puedan reciclarse.

Hay tres grandes alternativas. En la primera, el CO₂ se puede utilizar para alimentar bacterias que sinteticen hidrocarburos de bajo peso molecular. En otra, se plantea la posibilidad de utilizar dióxido de carbono del aire, y a través de catalizadores almacenarlo para la producción de policarbonato. La tercera alternativa es originar metanol a partir de gases productos de combustión.

El dióxido de carbono puede utilizarse para plásticos, pero también para producir materia prima para la industria química. Sin embargo, hasta ahora ha sido más económico hacerlo a partir del petróleo o del gas natural, y sintetizar a partir de la quema parcial de monóxido de carbono e hidrógeno. Las condiciones económicas y ecológicas de los últimos tiempos han cambiado tanto que podría valer la pena, en lugar de emitir CO₂ de las chimeneas, aprovecharlo como materia prima para la industria química y de combustibles, (Ahmed Elhamin (2005))⁶⁸.

⁶⁷Barone, J.R. (2005) Biological Systems Engineering Department Virginia Polytechnic Institute and State University. U.S.A. Universidad de Massachusetts

⁶⁸Ahmed Elhamin 2005, BASF launches biodegradable packaging plastic.

1.1.10.4 HIDROGEL

Es un nuevo material, que incorpora arcilla como parte de su estructura para conseguir una mayor rigidez, es muy poco agresivo para con el medio ambiente y puede substituir al plástico derivado del petróleo en casi todas las aplicaciones imaginables. Sin embargo, puede que su costo, por ahora mayor al de los polímeros tradicionales, sea una barrera que dificulte su adopción inmediata

Los científicos de la Universidad de Tokio, en Japón, han desarrollado una mezcla de arcilla e hidrogel que esperan pueda substituir al plástico en un amplio número de aplicaciones, sin poner en peligro las personas o el planeta. El responsable del equipo que llevó a cabo este trabajo, mezcló unos pocos gramos de arcilla con 100 gramos de agua en presencia de pequeñas cantidades de un agente espesante conocido como poliacrilato de sodio y un pegamento molecular orgánico. El agente espesante ayuda a distribuir la arcilla en láminas delgadas, aumentando su superficie y permitiendo que el pegamento mencionado logre un mejor control sobre ella. El resultado es una mezcla compuesta aproximadamente por un 98% de agua, que forma un hidrogel transparente y elástico, con una resistencia mecánica lo suficientemente importante como para ser capaz de crear un puente autosostenido de 3,5 centímetros de ancho, (Tukoso Aida (2008))⁶⁹.

Al estar constituido básicamente por agua, barro y sólo un poco de polímero, el nuevo material no tiene ninguna de las propiedades tóxicas de plástico, (Craig, Hanker (2008))⁷⁰.

El costo no es un problema, el nuevo material podrá ser considerado como un reemplazo viable para el plástico, al menos cuando se haya determinado que realmente cumple con lo que promete, (Acosta, A.H; Velasco, I.R.; Villada, S.H. (2008))⁷¹.

⁶⁹Tukoso, Aida (2008)

⁷⁰Craig, Hanker (2008).

1.2 NORMAS INTERNACIONALES Y NORMAS ECUATORIANAS QUE REGULAN LA PRODUCCIÓN Y RESIDUOS PLÁSTICOS

1.2.1 NORMAS INTERNACIONALES

Existen en el mundo muchas normas que regulan la forma de fabricación de un plástico dependiendo de su composición, como tal también se manejan normas que son adoptadas por muchos países para la mitigación de los componentes tóxicos producidos por estos materiales, teniendo en cuenta todos los daños que estos pueden ir causando desde su conformación hasta el fin de su descomposición. A continuación se presenta ciertas normas que regulan lo antes mencionado.

NORMATIVA INTERNACIONAL SOBRE RESIDUOS SÓLIDOS			
Normas de calidad en la industria del plástico			
#	NORMA	RESUMEN	PAÍS
1	Ley 10/1998 (PNUR) 2000 (PNIR) 2008-2015	-Plan Nacional de Residuos Urbanos -Plan Nacional Integrado de Residuos - Ley de Residuos	España
2	Ley 10/1998, de 21 de abril	Siendo esta aplicable a cualquier clase de residuo con la excepción de las emisiones atmosféricas. (Seoáñez Calvo, Mariano (2000)) ⁷² .	España
3	Ley RS/2004	Prevenir la producción de residuos, establecer el régimen jurídico de su producción y gestión y fomentar, por este orden, su reducción. (El Peruano, (2008)) ⁷³ .	Perú
4	Ley RS/2004	El Gobierno podrá establecer normas para los diferentes tipos de residuos en las que se fijarán disposiciones particulares relativas a su producción o gestión. (El Peruano, (2008)) ⁷⁴ .	Perú
5	(UE) (PNRU) 2000 - 2006	Consistente en abandonar la clasificación centrada en dos únicas modalidades (residuos generales y residuos peligrosos) para pasar al establecimiento de una norma común para todos ellos	Unión Europea

⁷¹Acosta, A.H; Velasco, I.R.; Villada, S.H. (2008) Investigación de Almidones Termoplásticos Precursores de Productos Biodegradables, Información Tecnológica, Colombia, Vol. 19 N° 2.

⁷²Seoáñez Calvo, Mariano (2000). Tratado de Reciclado y Recuperación de Productos de los Residuos. Ediciones Mundi-Prensa. ISBN84-7114-901-X.

⁷³El Peruano; “Decreto Legislativo No 613: Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales”.

⁷⁴El Peruano; “Ley N° 27314: Ley General de Residuos Sólidos”.

6	Norma de Diseño de la planta de tratamiento de los efluentes industriales	La propuesta de diseño de la norma consta de un tanque agitado de hormigón para el proceso de coagulación, floculación y sedimentación, una trampa de grasas y aceites, una piscina de aireación, provista de un aireador superficial, una laguna de estabilización y dos eras de secado de lodos	Argentina
7	Norma para la prevención de polución	Propone un proceso para la eliminación y disminución causada por la industria de plástico y fibra de vidrio	EEUU
8	Norma para residuos industriales y contaminación de aire en industrias de productos plásticos	Propone la revisión en la industria del cloruro de vinilo y cloruro de polivinilo (CV y PVC) para reducir las emisiones de cloruro de vinilo a la atmósfera. (El Peruano, (2008)) ⁷⁵ .	Perú
9	Norma de tratamiento y re uso de desagües industriales de procesos coadhesivos vinílicos	Reusar los líquidos tratados en la preparación de soluciones de adhesivos y para la limpieza de máquinas y herramientas	México
10	Norma que desarrolla pautas para la limitación de efluentes provenientes de la industria de productos plásticos	Señala las fuentes existentes y las normas para el pre tratamiento y funcionamiento de las nuevas. Proporciona datos sustentatorios, razones y métodos para el desarrollo de las normas propuestas.	Chile
11	Norma que describe las actividades incluidas en un estudio preliminar	Incluye caracterización de los desagües, evaluación de alternativas de tratamiento, evaluación y control de fuentes, estudios de tratabilidad, tratamientos de laboratorio y plantas piloto, y diseño de procesos. (Seoáñez Calvo, Mariano (2001)) ⁷⁶ .	Unión Europea
12	Norma que explica un sistema de tratamiento para la medición del desmontaje biológico en la compostificación	Con esta norma se pone a disposición un aparato de medición, con el cual se puede examinar el desmontaje aeróbico y biológico de polímeros no sólo en un ambiente acuoso sino también en un medio compostado simulado. (El Peruano, (2008)) ⁷⁷ .	Perú
13	Norma que Describe los diferentes tipos de resinas existentes y los procesos para producirlas	Explica sobre los riesgos a la salud ocasionados por cada una de ellas y sobre los tratamientos empleados para los residuos de esta industria.	Argentina
14	Norma que Presenta la generación de residuos plásticos	Explica sobre las políticas de administración de los residuos, reciclaje de estos residuos y perspectivas futuras. (El Peruano, (2008)) ⁷⁸ .	Perú
15	Norma ISO para reciclar plástico	La International Organization for Standardization presenta una normativa: se trata de la ISO 15270:2008, sobre Plásticos - Directrices para la recuperación y reciclado de residuos plásticos. (ISO, (2008)) ⁷⁹ .	Internacional

⁷⁵El Peruano; “Decreto Legislativo No 613: Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales”.

⁷⁶Seoáñez Calvo, Mariano (2001). Tratado de Gestión del Medio Urbano. Ediciones Mundi-Prensa. ISBN 84-7114-959-1.

⁷⁷El Peruano; “Decreto Legislativo No 613: Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales”.

⁷⁸El Peruano; “Decreto Legislativo No 613: Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales”.

⁷⁹ ISO, 2008

16	Norma que describe el método para medir la biodegradación	Norma Respecto a la emisión de gases tóxicos por la combustión de sustancias químicas y residuos sólidos	Colombia
17	Protocolo de Kioto	La principal característica del Protocolo es que tiene objetivos obligatorios relativos a las emisiones de gases de efecto invernadero para las principales economías mundiales que lo hayan aceptado	Internacional

Tabla 2. Normas Internacionales de Residuos Sólidos

Fuente: Págs. Internet

1.2.2 LEGISLACIÓN AMBIENTAL DEL ECUADOR

A continuación se presenta un resumen de la Ley de Prevención y control de la contaminación ambiental.

LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL. (Decreto Supremo No. 374, (2007))⁸⁰

DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Art. 11.- Queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio del Ministerio de Salud, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia.

Art. 12.- Para los efectos de esta Ley, serán considerados como fuentes potenciales de contaminación del aire: las artificiales, originadas por el desarrollo tecnológico y la acción del hombre, tales como fábricas, calderas, generadores de vapor, talleres, plantas termoeléctricas, refinerías de petróleo, plantas químicas, aeronaves, automotores y similares, la incineración, quema a cielo abierto de basuras y residuos, la explotación de materiales de construcción y otras actividades que produzcan o puedan producir contaminación.

⁸⁰ Legislación Ambiental del Ecuador Decreto Supremo No. 374, 2007

Art. 15.- Las instituciones públicas o privadas interesadas en la instalación de proyectos industriales, o de otras que pudieran ocasionar alteraciones en los sistemas ecológicos y que produzcan o puedan producir contaminación del aire, deberán presentar al Ministerio de Salud, para su aprobación previa, estudios sobre el impacto ambiental y las medidas de control que se proyecten aplicar.

DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

Art. 16.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.

Art. 18.- El Ministerio de Salud fijará el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen.

Art. 19.- El Ministerio de Salud, también, está facultado para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley.

DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LOS SUELOS

Art. 20.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes.

Art. 21.- Para los efectos de esta Ley, serán considerados como fuentes potenciales de contaminación, las sustancias radioactivas y los desechos sólidos, líquidos o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica.

Art. 23.- El Ministerio de Salud, en coordinación con las municipalidades, planificará, regulará, normará, limitará y supervisará los sistemas de recolección, transporte y disposición final de basuras en el medio urbano y rural.

Art. 24.- Las personas naturales o jurídicas que utilicen desechos sólidos o basuras, deberán hacerlo con sujeción a las regulaciones que al efecto se dictará. En caso de contar con sistemas de tratamiento privado o industrializado, requerirán la aprobación de los respectivos proyectos e instalaciones, por parte del Ministerio de Salud.

Art. 25.- El Ministerio de Salud regulará la disposición de los desechos provenientes de productos industriales que, por su naturaleza, no sean biodegradables, tales como plásticos, vidrios, aluminio y otros.

Art. 29.- Se concede acción popular para denunciar ante las autoridades competentes, toda actividad que contamine el medio ambiente.

Art. 30.- Son supletorias de esta Ley, el Código de la Salud, la Ley de Aguas, el Código de Policía Marítima y las demás leyes que rigen en materia de aire, agua, suelo, flora y fauna. Dado en el Palacio Nacional, en Quito, a 21 de mayo de 1976.” (Decreto Supremo, (1976))⁸¹.

⁸¹Decreto Supremo 374 (Registro Oficial 97, 31-V-76)
Ley 12 (Suplemento del Registro Oficial 82, 9-VI-97)
Ley 99-37 (Registro Oficial 245, 30-VII-99).

1.3 FERMENTACIÓN

1.3.1 DEFINICIÓN Y USOS DE LA FERMENTACIÓN

1.3.1.1 DEFINICIÓN

La fermentación es un proceso catabólico de oxidación incompleta, totalmente anaeróbico, siendo el producto final un compuesto orgánico. Estos productos finales son los que caracterizan los diversos tipos de fermentaciones.

Fue descubierta por Louis Pasteur, que la describió como la *vie sans l'air* (la vida sin el aire). La fermentación típica es llevada a cabo por las levaduras. También algunos metazoos y protistas son capaces de realizarla. (X.Vazquez. (2009))⁸².

1.3.1.2 USOS DE LA FERMENTACIÓN

La fermentación sirve para 5 propósitos generales:

- Enriquecimiento a través del desarrollo de una diversidad de sabores, aromas y texturas en los substratos.
- Preservación de cantidades substanciales de alimentos a través de ácido láctico, etanol, ácido acético y fermentaciones alcalinas.
- Enriquecimiento de substratos con proteína, aminoácidos, ácidos grasos esenciales y vitaminas.
- Detoxificación durante el proceso de fermentación alimenticia.
- Disminución de los tiempos de cocinado y de los requerimientos de combustible.

La fermentación tiene algunos usos exclusivos. Puede producir nutrientes importantes o eliminar antinutrientes. Se pueden también preservar materias, la fermentación hace uso

⁸²X.Vazquez. (2009). Fermentación. Wikipedia.com

de energía de los alimentos y puede crear condiciones inadecuadas para organismos indeseables. Por ejemplo, avinagrando el ácido producido por la bacteria dominante, inhibe el crecimiento de todos los otros microorganismos (Gerhard Jagnow (1991))⁸⁴.

1.3.1.3 FERMENTACIÓN LÁCTICA

La fermentación láctica es un proceso celular anaeróbico donde se utiliza glucosa para obtener energía y donde el producto de desecho es el ácido láctico. Este proceso lo realizan muchas bacterias (llamadas bacterias lácticas), también lo hacen algunos hongos. (FRAZIER, W. C. (1978))⁸³.

1.3.1.4 PROCESO FERMENTATIVO

En condiciones anaerobias, la fermentación responde a la necesidad de la célula que es de generar la molécula de NAD⁺, que ha sido consumida en el proceso energético de glucólisis, en donde la célula transforma y oxida la glucosa en un compuesto de tres átomos de carbono, el ácido pirúvico, obteniendo dos moléculas de ATP; sin embargo, en este proceso se emplean dos moléculas de NAD⁺ que actúan como aceptores de electrones y se reducen a NADH. Para que puedan tener lugar las reacciones de la glucólisis productoras de energía es necesario reoxidar el NADH; esto se consigue mediante la cesión de dos electrones del NADH al ácido pirúvico, que se reduce a ácido láctico. (Gerhard Jagnow, (1991))⁸⁴.

⁸³FRAZIER, W. C. Microbiología de los Alimentos. Editorial Acribia, S.A. 3era edición Española, Zaragoza (España 1978)

⁸⁴ Gerhard Jagnow 1991. Biotecnología introducción con experimentos de modelo. Ed. Acribia. España. 1997.

1.3.1.5 MICROORGANISMOS PRESENTES

En la fermentación de glucosa estará presentes una variedad de microorganismos propios del medio pero el que destacamos es la bacteria de *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830), ya que es la bacteria promotora de la degradación glucósica para la obtención del ácido láctico.

1.3.2 *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830)

Los *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830), son Gram-positivos, anaerobios facultativos, no móviles, no forman esporas, y los podemos observar en forma de bastoncillo, su rango de tamaño es de 0.5-0.8 x 2.0-9.0 mm, son miembros del ácido láctico. (Axelsson, 1998; Hammes y Vogel, 1995; Kandler y Weiss, (1986))⁸⁵ Al igual que otras bacterias ácido lácticas, son tolerantes a la acidez, no puede sintetizar porfirinas, y poseen un metabolismo fermentativo estrictamente con ácido láctico como producto metabólico final importante, (Axelsson, (1998))⁸⁶.

Los *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830), son Homofermentativos facultativos, producen ácido láctico D a partir de azúcares de hexosa, y son incapaces de fermentar pentosas. (Hammes y Vogel, (1995))⁸⁷, crecen en un número relativamente restringido de hidratos de carbono y por lo general requiere ácido pantoténico y niacina. (Hammes y Vogel, (1995))⁸⁸.

⁸⁵ (Axelsson, 1998; Hammes y Vogel, 1995; Kandler y Weiss, 1986)

⁸⁶ Axelsson, (1998)).

⁸⁷ Hammes y Vogel, 1995

⁸⁸ Hammes y Vogel, 1995

1.3.2.1 CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA DE LA BACTERIA

Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus (ATCC®7830)

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
Reino:	Bacteria
División:	Firmicutes
Clase:	<i>Bacilli</i>
Orden:	<i>Lactobacillales</i>
Subespecie:	<i>bulgaricus</i>
Género:	<i>Lactobacillus</i>
Especie:	<i>L. delbrueckii</i>
Familia:	<i>Lactobacillaceae</i>

Tabla 3. Clasificación científica de la bacteria *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830)

Fuente: Microbiología Editorial Interamericana

1.3.3 PARÁMETROS DE FERMENTACIÓN

Los principales parámetros que se deben tomar en cuenta para la producción de ácido láctico en el proceso de fermentación son:

1.3.3.1 TEMPERATURA:

Crea las condiciones óptimas para el desarrollo de microorganismos responsables. Ejerce una influencia fundamental en la calidad del almidón fermentado, y de ello depende además de la duración de la fermentación.

La temperatura más favorable para el desarrollo de Lactobacilos que intervienen en la fermentación de almidón de papa "*Solanum tuberosum L*", viene a ser 30 °C. A esta temperatura se garantiza sobre todo una rápida propagación de la acidez y con esto una reducción del tiempo de fermentación, por desgracia a esta ventaja se une un inconveniente. El producto así preparado tienen mal aroma, ya que las bacterias lácticas hetero fermentativas no se multiplican suficientemente.

La temperatura alta favorece el ablandamiento del almidón por proceso autolíticoenzimáticos y la aparición de sustancias mucilaginosas, y se acelera la destrucción del ácido ascórbico que tienen gran valor y la glucosa fermentada presenta peor color.

Para evitar estas pérdidas de calidad, es práctica corriente mantener la temperatura de fermentación entre 10 y 20 °C.

1.3.3.2 EXCLUSIÓN DE AIRE

Las bacterias lácticas pertenecen a los microorganismos anaerobios facultativos, es decir, que pueden desarrollarse tanto en presencia como en ausencia de oxígeno. Sin embargo, la fermentación no tiene lugar en presencia de aire, por lo que se toman las correspondientes medidas para desalojarlo procurando que durante la fermentación no penetre aire de nuevo. Las bacterias productoras de ácido láctico, especialmente hongos y levaduras, que solo son conveniente en cantidad limitada en la primera fase de la fermentación.

La mejor forma de evitar la presencia de oxígeno en el proceso de fermentación consiste en cerrar herméticamente el tanque de fermentación, usando recipientes de gomas con hojas de plásticos. (Carl Nürnberb, (1956))⁸⁹.

⁸⁹Carl/Nürnberb, 1956. "Das Grosse Lexicon vom Bier", VMA, Verlag Wiesbaden

1.4 PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO

Bajo la denominación de bioplásticos se engloba a los tipos de plásticos derivados de productos vegetales, que a diferencia de los plásticos convencionales provienen del petróleo (Wee Y, Kim J, Ryu H, 2006)⁹⁰.

El ácido láctico es un material procesado, obtenido de manera natural como en este caso el almidón de papa "*Solanum tuberosum L*" el cual es una alternativa prometedora para frenar el deterioro del medio ambiente. (Thongwai N. (1999))⁹¹.

1.4.1 ÁCIDO

Un ácido (del latín acidus, que significa agrio) es considerado tradicionalmente como cualquier compuesto químico que, cuando se disuelve en agua, produce una solución con una actividad de catión hidronio mayor que el agua pura, esto es, un pH menor que 7. Los ácidos pueden existir en forma de sólidos, líquidos o gases, dependiendo de la temperatura. También pueden existir como sustancias puras o en solución (Johannes Nicolaus Bronsted y Martin Lowry, (1999))⁹².

1.4.2 EL ÁCIDO LÁCTICO

El ácido láctico, o su forma ionizada, el *lactato* (del lat. *lac, lactis, leche*), también conocido por su nomenclatura oficial *ácido 2-hidroxi-propanoico* o *ácido α -hidroxi-propanoico*, es un compuesto químico que juega importantes roles en diversos procesos bioquímicos, como la fermentación láctica. Es un ácido carboxílico, con un grupo hidroxilo en el carbono adyacente al grupo carboxilo, lo que lo convierte en un ácido α -

⁹⁰ Wee Y, Kim J, Ryu H, Food Technol. Biotechnol., 44(2), 166 (2006)

⁹¹Thongwai N. Production of L-(+) lactic acid from blackstrap molasses by *Lactobacillus casei* subspecies *rhamnosus* ATCC 11443, Tesis Doctoral. Louisiana, USA. Louisiana State University, 1999

⁹²Johannes Nicolaus Brønsted y Martin Lowry

hidroxílico (AHA) de fórmula $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{OH})-\text{COOH}$ (Wee Y, Kim J, Ryu H.(2006))⁹³.

En solución puede perder el Hidronio y convertirse en el anión lactato. El ácido láctico es un quirómero, por lo que posee dos isómeros ópticos. Uno es el dextrógiro ácido D-(-)-láctico o d-ácido láctico en este caso, el ácido (R)-láctico; el otro es el levógiro ácido L-(+)-láctico o ℓ-ácido láctico en este caso, ácido (S)-láctico, que es el que tiene importancia biológica. La mezcla racémica de cantidades idénticas de estos isómeros se llama d, ℓ-ácido láctico (K-SUFRG. (2005))⁹⁴.

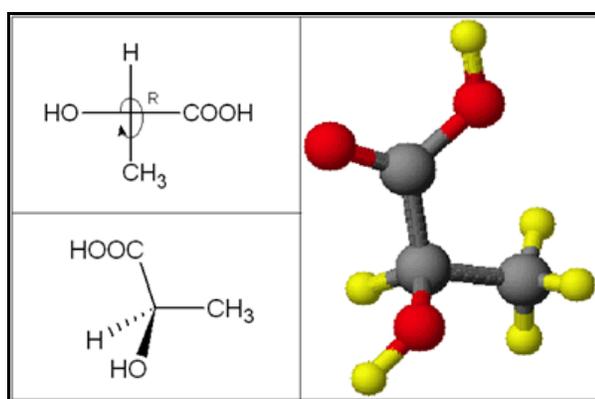


Tabla 4. Enantiómeros del ácido láctico
Fuente: Nomenclatura D-L, 1996

1.4.3 PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO

El ácido láctico se puede obtener por síntesis química o por vía fermentativa biotecnológica. En la actualidad se prefiere la vía fermentativa biotecnológica, debido a la necesidad de obtener ácido láctico ópticamente puro.

Los factores limitantes en la producción de ácido láctico por la vía fermentativa son principalmente, la baja concentración de bacterias lácticas en el sistema y la inhibición del crecimiento por el producto por lo tanto se aplica la vía fermentativa biotecnológica

⁹³ Wee Y, Kim J, Ryu H, Food Technol. Biotechnol., 44(2), 166 (2006)

⁹⁴ K- Sufrg Megazyme. Sucrose, D-fructose and D-glucose assay procedure Wicklow (Irlanda): Megazyme International Ireland Limited, 2005

para ir incrementando la concentración de las bacterias lácticas (Bruno – Bárcena, J. M.; A. L. Ragout; P. R. Córdoba & F. Sineriz. (1999))⁹⁵, y así obtener mejores resultados en menores tiempos.

Las bacterias lácticas están conformadas por un amplio grupo de bacterias no esporuladas, Gram Debido al gran número de bacterias lácticas sólo son de interés los géneros altamente productores de ácido láctico (Ben Amor, K.; E. E. Vaughan & W. M. de Vo. (2007))⁹⁶. Para la producción industrial de ácido láctico son de mayor importancia las bacterias lácticas homofermentativas, aquellas que sólo producen ácido láctico, por filtración, concentración y acidificación (Kandler, O. (1983))⁹⁷.

1.4.4 PRODUCCIÓN FERMENTATIVA BIOTECNOLÓGICA DEL ÁCIDO LÁCTICO

“La producción biotecnológica está basada en la fermentación de sustratos ricos en carbohidratos por bacterias u hongos que tienen la ventaja de formar enantiómeros D (-) o L (+), óptimamente activos. La producción biotecnológica depende del tipo de microorganismo utilizado, la inmovilización o recirculación del microorganismo, el pH, la temperatura, la fuente de carbono, la fuente de nitrógeno, el modo de fermentación empleado y la formación de subproductos.

Las bacterias que pueden utilizarse para la producción de ácido láctico son cocos y bacilos Gram positivos, anaerobios facultativos, no esporulados, inmóviles y catalasa negativo, pertenecientes a los géneros *Lactobacillus*, *Carnobacterium*, *Leuconostoc*, *Tetragenococcus* como en este caso hemos utilizado el *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830).

⁹⁵ Bruno – Bárcena, J. M.; A. L. Ragout; P. R. Córdoba & F. Sineriz. 1999. Continuous production of L (+) – lactic acid by *Lactobacillus casei* in two – stage systems. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 51(3): 316 – 324.

⁹⁶ Ben Amor, K.; E. E. Vaughan & W. M. de Vo. 2007. Advanced molecular tools for the identification of lactic Acid bacteria. *Journal of Nutrition*, 137(3): 741 – 747

⁹⁷ Kandler, O. 1983. Carbohydrate metabolism in lactic acid bacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 49: 209 – 224.

En la producción biotecnológica de ácido láctico, se ha utilizado como sustrato, almidón extraído de papa "*Solanum tuberosum L*", y para la producción del ácido láctico se requiere de los siguientes pasos:

- 1) Hidrólisis del sustrato hasta almidón fermentable.
- 2) Fermentación de almidón a ácido láctico.
- 3) Separación de biomasa y partículas sólidas del medio de fermentación.
- 4) Purificación del ácido láctico obtenido.

En la obtención con bacterias lácticas, al sustrato puro se le adiciona una fuente de vitaminas y de cofactores, se utiliza una mezcla de glucosa, cantidades menores de fosfato de amonio, extracto de levadura y un neutralizante. El medio se inocula y se agita sin aireación para optimizar la neutralización del ácido formado. La fermentación dura entre 2 a 4 días y se termina cuando todo el almidón es consumido, con el fin de facilitar la purificación. Posteriormente el medio se filtra para eliminar sustancias insolubles, así como biomasa." (Kulozik, U. (1998))⁹⁸.

1.4.5 PROPIEDADES DEL ÁCIDO LÁCTICO

El Ácido Láctico posee las siguientes propiedades:

⁹⁸ Kulozik, U. 1998. Physiological aspects of continuous lactic acid fermentations at high dilution rates. Applied Microbiology and Biotechnology, 49(5): 506 – 510.

1.4.5.1 IDENTIFICADORES

Fórmula	C ₃ H ₆ O ₃
Peso molecular	90,08

Tabla 5. Condiciones normales del ácido láctico

Fuente: NCh 2190.Of1993 "Sustancias Peligrosas - Marcas para Información de Riesgos.

Número CAS	(50-21-5)
	L:(79-33-4)
	D:(10326-41-7)
	D/L:(598-82-3)

Tabla 6. Isómeros del ácido láctico

Fuente: NCh 2190.Of1993 "Sustancias Peligrosas - Marcas para Información de Riesgos.

1.4.5.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de fusión	L(+) y D(-) 52,8 a 54 °C K (-273,15 °C)
Punto de ebullición	125-140 °C
Punto de descomposición	K (-273,15 °C)
Temperatura crítica	K (-273,15 °C)
Gravedad específica	1206
Calor de combustión	3616 cal/g
Viscosidad	40,33 mNsm ⁻²
Masa	90.08 u
Densidad	1.206 kg/m ³ 1.206 g/cm ³
Constante dieléctrica	22ε
Índice de refracción	14,414

Tabla 7. Propiedades físicas del ácido láctico

Fuente: NCh 2190.Of1993 "Sustancias Peligrosas - Marcas para Información de Riesgos

1.4.5.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

Acidez (pKa)		3.5
Solubilidad en agua		n/d
KPS		n/d

Tabla 8. Propiedades químicas del ácido láctico

Fuente: NCh 2190.Of1993 “Sustancias Peligrosas - Marcas para Información de Riesgo

1.4.5.4 ESTRUCTURA QUÍMICA” (Winkler (2007))⁹⁹

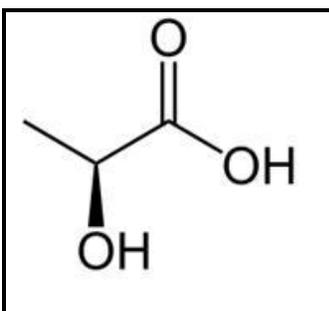


Ilustración 1. Estructura química del ácido láctico

Fuente: NCh 2190.Of1993 “Sustancias Peligrosas - Marcas para Información de Riesgos. Estructura química del ácido láctico”

1.4.6 TRATAMIENTOS DE PURIFICACIÓN DEL ÁCIDO LÁCTICO

1.4.6.1 ELECTRODIÁLISIS

En un equipo donde se aplican varias membranas ion-selectivas en forma de celdas, hechas aproximadamente del mismo material que las resinas. Cada celda, que consiste en una membrana catiónica y otra aniónica, se arregla en una pila análoga al intercambiador de calor de placa. El espacio entre las membranas es de 1mm y entre ellas fluyen las células antes mencionadas a manera de solución salina diluyente.

⁹⁹ Winkler 2007. Ficha de información Química. Ácido Láctico. Vigente desde 22/01/2007 versión N°1

Toda la pila se coloca entre una serie de electrodos de corriente directa que forman un campo eléctrico, bajo cuya influencia los cationes migran en dirección de la corriente eléctrica, esto es, al polo negativo y pasan a través de la membrana catiónica hacia la solución salina de lavado, que se recicla durante la operación. Los aniones migran en dirección opuesta de la corriente eléctrica, es decir, hacia el polo positivo y pasan a través de la membrana aniónica hacia la solución salina de lavado. Al igual que la solución salina de lavado, el suero se recicla durante la operación a través de un tanque de lotes que tiene un medidor de conductividad. (Anders, André)¹⁰⁰.

1.4.6.2 INTERCAMBIO IÓNICO

En el contexto de purificación, el intercambio de ion (Anders, André)¹⁰¹, es un proceso rápido y reversible en el cual los iones impuros presentes son reemplazados por iones que despiden una resina de intercambio de iones. Los iones impuros son tomados por la resina que debe ser regenerada periódicamente para restaurarla a su forma iónica original.

1.4.6.3 RESINA DE INTERCAMBIO DE IONES

Hay 2 tipos básicos de resinas- intercambio de cationes e intercambio de aniones. Resinas del intercambio de cationes emiten iones Hidrógeno (H+) u otros iones como intercambio por cationes impuros presentes. Resina de intercambio de Aniones despedirá iones de hydroxil (OH) u otros iones de cargas negativas en intercambio por los iones impuros que están presentes en el agua.

Las resinas de Intercambio de iones modernas son preparadas de polímeros sintéticos tales como styrenedivinlybenzene copolymers que han sido transformados para formar unos intercambios de cationes fuertemente ácidos para formar intercambios de aniones

¹⁰⁰ Enciclopedia Cultural Uteha. Encarta 97. Enciclopedia Británica

¹⁰¹ Anders, André. Handbook of Plasma Immersion Ion Implantation and Deposition. Nueva York. USA: John Wiley & Sons, Inc. 343-376 p.

fuertemente básicos o débilmente básicos(Folletos Técnicos de fabricantes de resinas de intercambio iónico: (Rohm and Hass Amberlite, Dow Chemical, Bayer Lewatit, Purolite, Sybron Ionac)¹⁰².

1.4.6.4 DESMINERALIZACIÓN POR MEMBRANAS

Esta técnica, consiste en hacer circular agua desmineralizada, a través de un conjunto de células en paralelo, delimitadas por dos membranas semi-permeables, catiónica y aniónica, y que contienen una mezcla de bolitas de resina, denominados compartimientos de dilución, encontrándose separados, estos comportamientos de dilución, los unos con respecto a los otros, y encontrándose su conjunto separado del exterior, mediante espaciadores, los cuales forman comportamientos denominados de concentración, delimitados por membranas semi-permeables, aniónica y catiónica, encontrándose el conjunto emplazado entre un compartimiento catódico y un compartimiento anódico, bajo tensión. Se hace circular agua de lavado entre los espacios de concentración, lo cual permite eliminar, en forma de efluente, los iones que se concentran, debido al hecho de su polaridad, migrando a través de las membranas bajo el efecto del campo eléctrico, desde los compartimientos de dilución, hacia los compartimientos de concentración.

1.4.6.5 ESTERIFICACIÓN

La esterificación es el proceso por el cual se sintetiza un éster. Un éster es un compuesto derivado formalmente de la reacción química entre un ácido carboxílico y un alcohol.

¹⁰²Folletos Técnicos de fabricantes de resinas de intercambio iónico: Rohm and Hass (Amberlite), Dow Chemical, Bayer (Lewatit), Purolite, Sybron (Ionac).

Comúnmente cuando se habla de ésteres se hace alusión a los ésteres de ácidos carboxílicos, sustancias cuya estructura es R-COOR', donde R y R' son grupos alquilo. Sin embargo, se pueden formar en principio ésteres de prácticamente todos los oxácidos inorgánicos. Por ejemplo los ésteres carbónicos derivan del ácido carbónico y los ésteres fosfóricos, de gran importancia en Bioquímica, derivan del ácido fosfórico.(Schaep J. et al. (2001))¹⁰³.

En general, este procedimiento requiere de temperaturas elevadas y de tiempos de reacción largos presentando por tanto inconvenientes. (Suárez E.; Lobo A.; Álvarez S.; Riera F.; Álvarez R. (2005))¹⁰⁴.

Los ésteres tienen buenas propiedades como disolventes y a menudo se utilizan como tal (acetato de etilo) (Mulder M. (1991))¹⁰⁵.

¹⁰³ Schaep J. et al. (2001). Modelling the retention of ionic components for different nanofiltration membranes. Separation and Purification Technology 22-23, 169-179.

¹⁰⁴ Suárez E.; Lobo A.; Álvarez S.; Riera F.; Álvarez R. (2005). Congreso: Membrane Science and Technology Conference of Visegrad Countries. PERMEA 2005. Proceedings. Polanica Zdrój, Polonia

¹⁰⁵ Mulder M. (1991). Basic principles of membrane technology, Ed. Kluwer. Academic Publishers, The Netherlands.

1.5 BIODEGRADABILIDAD

Debido a los caracteres inertes de los materiales plásticos, estos no son atacados por los microorganismos presentes en el medio ambiente razón por la cual los plásticos de uso masivo, derivados del gas o petróleo no son biodegradables. No obstante existen plásticos biodegradables que son obtenidos de fuentes de materia prima renovables como el almidón de papa (*Solanum Tuberosum L*), azúcares, aceites vegetales, etc. que se denominan biopolímeros los cuales son verdaderamente biodegradables en condiciones controladas como por ejemplo en condiciones de compostaje.

1.5.1 DEFINICIÓN

Se entiende como biodegradable al producto o sustancia que puede descomponerse con cierta rapidez en elementos químicos naturales, por organismos vivos, como el sol, el agua, las bacterias, las plantas o los animales. Todas las sustancias son biodegradables una vez que se someten a una volumetría ácido-base sencilla, la diferencia es el tiempo que cada producto por su distinta composición y los agentes biológicos; tardan en descomponerse en químicos naturales, ya que todo está formado por agentes de la naturaleza (Fritz, H. G.; Seidenstucker, T.; Bolz, U. And Juza, M. (1994))¹⁰⁶.

Un material biodegradable es capaz de ser asimilado, descompuesto y metabolizado por el ambiente gracias a su naturaleza química, puede ser descompuesto por microorganismos en un periodo relativamente corto.

La biodegradabilidad no depende del origen del material sino de su estructura química y molecular. Un material es biodegradable si la degradación es consecuencia de la acción de microorganismos y hongos, como resultado final del proceso, el material se convierte en agua, dióxido de carbono, metano y biomasa.

¹⁰⁶Fritz, H. G.; Seidenstucker, T.; Bolz, U. and Juza, M. 1994. Study on production of thermoplastics and fibers based mainly on biological materials. Stuttgart. European Commission, 392 p.

Este fenómeno permite que los elementos que forman tales residuos queden disponibles para su nueva incorporación a la naturaleza de una manera útil. Un material que realiza un proceso de degradación biológica óptima, generalmente tiene una duración menor a veinte meses (Ruiz, Gladys. (2006))¹⁰⁷.

Existe una línea muy delgada entre los plásticos biodegradables y los susceptibles de composteo. Cuando polímeros naturales, sintetizados en plantas, animales y microorganismos, son incorporados en la polimerización de plásticos, el producto resultante es un plástico biodegradable. Estos aditivos pueden ser polímeros de féculas, celulosa, polisacáridos solubles en agua o productos de poliolefinas (Oficina Europea De Patentes EP670863)¹⁰⁸.

Cuando son expuestos a la luz de sol, específicamente los rayos Ultravioleta, los compuestos fotodegradables actúan como un catalizador del oxígeno del aire y desprende bases libres, cortando la cadena molecular haciendo biopolímeros más pequeños. A medida que el peso molecular se reduce, el polímero continúa rompiéndose en particular más pequeñas, lo que puede ser absorbido por los microorganismos. Es así que una población de microorganismos con crecimiento significativo es un excelente indicador de que el proceso de degradación es exitoso (Gutiérrez Pulido, Humberto y De La Vara Salazar, Ramón. (2004))¹⁰⁹.

1.5.2 VÍAS DE BIODEGRADACIÓN

La biodegradabilidad de los materiales depende de varios factores. Entre otros, del propio material, pero también, de nuestro comportamiento. Si los deseamos correctamente, estos materiales no perjudican la naturaleza y se reciclan más rápidamente por lo tanto puede emplearse en la eliminación de ciertos contaminantes

¹⁰⁷ Ruiz, Gladys. 2006. Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. Revista Ingeniería y Ciencia Universidad EAFIT. 2(4): 5-28.

¹⁰⁸ Oficina Europea De Patentes EP670863 Biodegradable compositions comprising starch. www.european-patent-office.org

¹⁰⁹ Gutiérrez Pulido, Humberto y De La Vara Salazar, Ramón. 2004. Análisis y diseño de experimentos. México D. F.: McGraw-Hill, 571 p.

como los desechos orgánicos urbanos, papel, hidrocarburos, también en vertidos que presenten materia biodegradable la degradación de estos compuestos puede producirse por dos vías: (Berna, J. Ferrer. (1989))¹¹⁰.

1.5.3 DEGRADACIÓN AEROBIA

La degradación aerobia es un conjunto de reacciones en las cuales el ácido pirúvico producido por glucólisis se desdobla a bióxido de carbono y agua, y se producen grandes cantidades de ATP. Utiliza la glucosa como combustible y el oxígeno como aceptor final de electrones. Se distinguen cuatro etapas en la respiración aerobia. (Biología CBI)¹¹¹.

- Glucólisis.
- Formación de acetyl coenzima A.
- Ciclo de Krebs o ciclo del ácido cítrico.
- Cadena respiratoria.

1.5.4 DEGRADACIÓN ANAEROBIA

La respiración anaeróbica es un proceso biológico de oxidorreducción de monosacáridos y otros compuestos en el que el aceptor terminal de electrones es una molécula inorgánica distinta del oxígeno, y más raramente una molécula orgánica. La realizan exclusivamente algunos grupos de bacterias y para ello utilizan una cadena transportadora de electrones análoga a la de las mitocondria en la respiración aeróbica. No debe confundirse con la fermentación, que es un proceso también anaeróbico, pero en el que no participa nada parecido a una cadena transportadora de electrones y el aceptor final de electrones es siempre una molécula orgánica (Battersby. N y Wilson, V. (1998))¹¹².

¹¹⁰ Berna, J. Ferrer. 1989. The fate of LAS in the environment. Tens. Surf. Deterg, 26, 102-107

¹¹¹ Biología CBI 203 Instituto de Ciencias Naturales Respiración Celular Anaeróbica y Aeróbica

¹¹² Battersby N y Wilson, V. 1998. Evaluation of technique for assessing the anaerobic biodegradability of organic compounds under methanogenic conditions. Chemosp Here, 13, 613-620.

En la respiración anaeróbica no se usa oxígeno, sino que para la misma función se emplea otra sustancia oxidante distinta, como el sulfato o el nitrato. En las bacterias con respiración anaerobia interviene también una cadena transportadora de electrones en la que se reoxidan los coenzimasreducidos durante la oxidación de los substratos nutrientes; es análoga a la de la respiración aerobia, ya que se compone de los mismos elementos (citocromos, quinonas, proteínas ferrosulfúricas, etc.). La única diferencia, por tanto radica, en que el aceptor último de electrones no es el oxígeno (ASTM (1979))¹¹³.

En la siguiente tabla se muestran distintos aceptores de electrones, sus productos y algunos ejemplos de microorganismos que realizan tales procesos (Balaguer, M.D y Paris J.M (1989))¹¹⁴.

Aceptor	Producto final	Microorganismo
Nitrato	Nitritos, óxidos de nitrógeno y N ₂	<i>Pseudomonas, Bacillus</i>
Sulfato	Sulfuros	<i>Desulfovibrio, Clostridium</i>
Azufre	Sulfuros	<i>Thermoplasma</i>
CO₂	Metano	<i>Methanococcus, Methanosarcina, Methanopyrus</i>
Fe³⁺	Fe ²⁺	<i>Shewanella, Geobacter, Geospirillum, Geovibrio</i>

¹¹³ASTM 1979. Proposed standard practice for the determinación of the anaerobic biodegradability of organic chemical Draft No. 3 February

¹¹⁴ Balaguer, M.D y Paris J.M 1989. Utilización de un método alcalinamétrico para el control de reactores anaerobios. Tecnología del agua 60, 73-76

Mn⁴⁺	Mn ²⁺	<i>Shewanella putrefaciens</i>
Selenato	Selenito	
Arsenato	Arsenito	<i>Desulfotomaculum</i>
Fumarato	Succinato	<i>Wolinella succinogenes,</i> <i>Desulfovibrio, E. coli</i>
DMSO	DMS	<i>Campylobacter,</i> <i>Escherichia</i>
TMAO	TMA	
Clorobenzoato	Benzoato	<i>Desulfomonile</i>

Tabla 9. Utilización de un método alcalinamétrico para el control de reactores anaerobios. Microorganismos degradantes según su aceptor

Fuente: Tecnología del agua 1989.

1.5.5 PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL RECICLAJE

En la vida moderna existen productos que se han constituido un fenómeno de indudable trascendencia. Hoy en día el hombre está rodeado de objetos que en siglos anteriores no eran necesarios para la vida cotidiana. Los productos se han fabricado para satisfacer las demandas de una gran variedad de usos, estos ocupan un papel determinante en el desarrollo, el mejoramiento de las condiciones de la vida del hombre y el acelerado crecimiento de la ciencia y la tecnología.

En general, las personas tienen muy poco conocimiento sobre estos productos, cómo se obtiene, cuáles son los tipos y sus aplicaciones, y cuáles son los procesos de transformación de los mismos. Estas informaciones son importantes para quienes trabajan en la comercialización, e industrias de producción o transformación, o apenas curiosos por el asunto (Biblioteca Salvat)¹¹⁵.

¹¹⁵Biblioteca Salvat. La contaminación

Todas las cosas en este mundo tienen su tiempo contado, les lleva más o menos tiempo degradarse de una u otra forma. Una manera es la biodegradación, que ocurre cuando una sustancia es deshecha por organismos vivos.

Cuando nosotros desechamos un producto sintético no lo hacemos con la finalidad de biodegradación, lo hacemos por el hecho de haber terminado su vida útil, de cierta forma estos tienen un vertido final el cual no lo consideramos ya que por el hecho de desprendernos del mismo no nos damos cuenta en donde será su destino final. Esto se ha vuelto un problema en las pequeñas como en grandes ciudades volviéndose un problema el lugar disponible para el desecho de estos productos. En algunos lugares su resultado es el reciclaje pero en la gran mayoría no lo practican poniendo a la disposición de la incrementación de productos inútiles que se encuentran destruyendo el hábitat de los animales y en si del hombre (TVQuality)¹¹⁶.

El reciclaje es un proceso difícil de implementar en muchos lugares, ya que con el conlleva una gran estructura de manejo de la cultura de las personas lo cual dura mucho tiempo en cambiarla o en muchos casos no es aceptada, en estos casos una cultura de reciclaje puede llegar a resultar en nuevas generaciones las cuales irían practicándolas desde su principio. Debido aquello es factible buscar nuevas soluciones las cuales puedan detener el deterioro de nuestro medio ambiente como es la biotecnología de los productos biodegradables que nos dan una opción principal al cambio de los desechos (TVQuality)¹¹⁷.

1.5.6 MATERIALES Y BIOTECNOLOGÍA

La facultad de algunos materiales de reintegrarse a la tierra por acción de la naturaleza es lo que se llama biodegradabilidad lo cual está relacionado con la ecología, el manejo de desperdicios, sobre todo cuando se habla de plásticos, ya que éstos tardan cientos de

¹¹⁶El mundo hecho de desechos

¹¹⁷El reciclado de la basura – TVQuality

años en ser descompuestos. (María Mercedes Martínez S., Ana Karina Carrascal C. y Patricia Martínez N. (2000))¹¹⁸.

- La biodegradabilidad de los materiales depende de su estructura física y química. Algunos, como el vidrio, no pueden ser biodegradados. Aunque se suele decir que un material no es biodegradable cuando el tiempo necesario para que los organismos lo descompongan es extremadamente largo o supera la capacidad de los organismos para procesarlo, como pasa con el plástico y el aluminio de las latas.
Hoy en día muchas cosas se fabrican con agentes biodegradables, como pasa con los detergentes, pero todavía están los plásticos y diversas sustancias como los insecticidas (Biología y Geología”4ESO Santillana)¹¹⁹.

Las aplicaciones de la biotecnología son numerosas y se suelen codificarse como:

1.5.6.1 BIOTECNOLOGÍA ROJA:

Se aplica a la utilización de biotecnología en procesos médicos.

1.5.6.2 BIOTECNOLOGÍA BLANCA:

También conocida como biotecnología industrial, es aquella aplicada a procesos industriales.

1.5.6.3 BIOTECNOLOGÍA VERDE:

Es la biotecnología aplicada a procesos agrícolas.

¹¹⁸María Mercedes Martínez S., Ana Karina Carrascal C. y Patricia Martínez N. Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, Colombia) Facultad de Ciencias 2000. La biotecnología industrial.

¹¹⁹Biología y Geología”4ESO Santillana

1.5.6.4 BIOTECNOLOGÍA AZUL:

También llamada biotecnología marina, es un término utilizado para describir las aplicaciones de la biotecnología en ambientes marinos y acuáticos. (Ochave, José María (2003))¹²⁰.

1.5.7 MICROORGANISMOS PRESENTES EN LA BIODEGRADABILIDAD

Si bien algunos microorganismos pueden provocar infecciones, la gran mayoría de ellos cumple alguna función necesaria para mantener el equilibrio de la naturaleza.

De igual manera, el ingenio del hombre ha permitido utilizar algunos microbios para su provecho, por ejemplo, en la producción de alimentos y medicamentos. (Anguita Virella, F)¹²¹.

Los hongos y bacterias son organismos heterotróficos que sintetizan enzimas intra y extracelulares, estas tienen capacidad para transformar prácticamente cualquier tipo de sustrato orgánico y participan en la oxidación en algunos compuestos inorgánicos. Los plásticos hechos a base de material orgánico; la mayoría elaborados se utilizan principalmente en la fabricación de rollos de plástico transparente para envolturas, películas, tuberías y botellas de bebidas gaseosas (Aranburu, A.)¹²².

1.5.7.1 LAS BACTERIAS EN EL MEDIO AMBIENTE

Son los microorganismos más abundantes y pequeños (0,1 a 1 micras). Pueden ser aerobias, anaerobias o facultativas. Pueden tolerar pH ácido (acidófilas), pH básico (basófilas) o pH neutro (neutrófilas). Si las bacterias se alimentan de compuestos

¹²⁰ Ochave, José María (mayo 2003). EASEAN Task Force, PNUD, APDIP (ed.): «Genes, technology and policy

¹²¹ Anguita Virella, F. Procesos geológicos externos y geología ambiental. Madrid: Editorial Rueda

¹²² Aranburu, A. Urdaibai, reserva de la biosfera. Vitoria: Gobierno Vasco (Eusko Jaularitza)

orgánicos son heterótrofos. Si se alimentan de inorgánicos, son autótrofos. Las que se desarrollan a temperaturas medias (15 a 40 grados centígrados) son mesófilas, a temperaturas menores a 15 grados centígrados son psicrófilas y a temperaturas mayores a 40 grados centígrados son termófilas.

Su capacidad de multiplicación les permite crear poblaciones muy grandes en un tiempo muy corto. Los grupos bacterianos que actúan primero sobre los sustratos disponibles son dominantes hasta que termina su acción y luego dan oportunidad a que otros grupos crezcan en el residuo del metabolismo de los primeros. Por lo tanto hay grupos bacterianos que permanecen y otros que entran en latencia hasta que encuentran condiciones favorables para su crecimiento.

Entre los géneros bacterianos más importantes para la transformación de los compuestos orgánicos e inorgánicos están (David, Elizabeth. English Bread and Yeast Cookery. (1977))¹²³.

1.5.7.1.1 ACTINOMICETOS

Son microorganismos que se parecen a los hongos y a las bacterias. Crecen a manera de micelio radial, forman conidias como los hongos pero las características morfológicas de sus células son similares a las de las bacterias. Se encuentran en el suelo, las aguas estancadas, el lodo y los materiales orgánicos en degradación. Se nutren de materiales orgánicos (heterótrofos). Degradan desde azúcares simples, proteínas, ácidos orgánicos hasta sustratos muy complejos compuestos por hemicelulosas, ligninas, quitinas y parafinas. (Mitchell Beazley, (2004))¹²⁴.

¹²³ David, Elizabeth. English Bread and Yeast Cookery. Penguin Books, 1977

¹²⁴ Mitchell Beazley, 2004 Leppard, Dan. The hand made loaf.

1.5.7.1.2 HONGOS

Conforman una importante fracción de la biomasa total microbiana. Crecen en forma de red extendiéndose como micelio hasta su estado reproductivo donde dan origen a esporas sexuales o asexuales. Son importantes degradadores aerobios de material vegetal en descomposición en medios ácidos. Producen enzimas y metabolitos que contribuyen al ablandamiento y a la transformación de sustancias orgánicas. También estas enzimas forman parte de la actividad de otros microorganismos.

Los hongos metabolizan compuestos carbonados de muy difícil degradación como las celulosas, las hemicelulosas y las ligninas. También degradan azúcares simples, alcoholes, aminoácidos y ácidos nucleicos. Pueden ser parásitos o saprofitos. Su crecimiento ramificado rápido y la intensa actividad degradadora les permiten mantener un equilibrio en los ecosistemas. (Cervantes, C., Gutiérrez-Corona, F: (2006))¹²⁵.

1.5.7.1.3 LA NITRIFICACIÓN

El Nitrógeno se encuentra presente como diferentes compuestos químicos, pero la mayor parte forma compuestos orgánicos. Solo del 5 al 10% del nitrógeno total se encuentra como formas inorgánicas: Amonio (NH_4^+), Nitrito (NO_2^-) y Nitrato (NO_3^-). El Nitrito y el Nitrato se encuentran en la solución del medio, mientras que el amonio (catión) se encuentra como intercambiable o fijado a la estructura de algunos minerales.

El Nitrógeno, bajo las diferentes formas en que se encuentra en los medios, es el elemento más susceptible de transformación por acción de los microorganismos. Estas transformaciones ocurren simultáneamente y en diverso sentido, formando el ciclo del

¹²⁵Cervantes, C., Gutierrez-Corona, F: Copper resistance mechanisms in bacteria and fungi. FEMS Microbiology Reviews. 14 (2): 121-137, 2006.

Nitrógeno en el cual hay aportes o pérdidas al medio, o cambio de un estado a otro. La nitrificación es un proceso bacterial y aeróbico (César Falcón (1983))¹²⁶.

1.5.7.1.4 MICROORGANISMOS QUE TRANSFORMAN EL FÓSFORO

La movilización del fósforo en la naturaleza lo hacen los microorganismos, participando en la disolución y transformación del elemento hasta combinaciones asimilables y también en la fijación temporal.

Cuando se incorporan a los medios residuos de cosecha, materiales orgánicos, enmiendas, estiércol, se agregan gran cantidad de compuestos organofosforados. El fosfato orgánico es hidrolizado por la enzima fosfatasa que segregan los microorganismos y libera el fosfato, para que sea asimilado (Ángel – Soto. (1997))¹²⁷.

1.5.7.1.5 MICROORGANISMOS QUE TRANSFORMAN EL AZUFRE

El azufre es esencial en la nutrición de las plantas pues participa en la formación de aminoácidos y vitaminas. Las plantas lo asimilan como sulfato. La descomposición de la materia orgánica por los microorganismos trae la degradación de aminoácidos hasta obtener sulfatos. También se degradan sulfatos orgánicos. Las bacterias del género *Thiobacillus* oxidan a sulfato el sulfuro que produce en condiciones de anegamiento y que es tóxico para las plantas. Además oxidan a sulfato el azufre elemental, compuestos de azufre como tiosulfato, tetratiónato y sulfito a sulfato. Se desarrollan en medios

¹²⁶César Falcón 1983. Manual de tratamiento de aguas negras. Editorial Limusa. S. A.

¹²⁷Ángel – Soto. Ciencias 9°. Bogotá. McGraw – Hill. 1997. Pág. 195.

aerobios con pH ácidos y extremadamente ácidos (2-3), forman ácido sulfúrico en la oxidación para aumentar la acidez (Alexander. (1980))¹²⁸.

1.5.7.1.6 MICROORGANISMOS QUE MOVILIZAN EL POTASIO

El potasio es retenido por los constituyentes de los medios, pero sólo una parte es soluble y otra gran fracción se fija quedando no intercambiable. (Salamanca, Rafael. (1984))¹²⁹.

1.5.8 IMPORTANCIA DE LA BIODEGRADACIÓN PARA EL AMBIENTE

Todas las sustancias o productos existentes en la Tierra son degradables, lo que ocurre es que unas tardan más que otras. Una forma de degradarse es la biodegradación que es cuando algo es deshecho por organismos vivos, principalmente bacterias, hongos o incluso por gusanos e insectos.

Luego de degradarse químicamente se reintegran en su ciclo natural beneficiando de forma certera al medio ambiente. Los productos biodegradables son menos contaminantes y menos antiecológicos que el resto, de ahí la importancia de los mismos (Graham, P. H. And Harris, S. C. (1982))¹³⁰.

El problema industrial de la biodegradación tiene una gran importancia ya que cualquier producto residual arrojado al medio ambientes por las fábricas y por los seres humanos comunes que utilizan, pueden llegar a destruir la fauna y flora; si el producto es

¹²⁸Alexander, Martín. Introducción to soil microbiology. 1980. 481 p

¹²⁹Salamanca, Rafael. Suelos y fertilizantes. 1984. 343 p.

¹³⁰Graham, P. H. and Harris, S. C. Biological nitrogen fixation. 1982. 768 p.

biodegradable las bacterias existentes en nuestro medio las degradan y así no ocasiona ningún efecto perjudicial (Frioni, Lilian (1990))¹³¹.

1.5.9 CONSECUENCIAS POR MATERIALES NO DEGRADABLES

Las consecuencias más evidentes en nuestro medio por no utilizar materiales biodegradables son las siguientes.

1.5.9.1 RELLENOS COLAPSADOS

La totalidad de los residuos producidos por los seres humanos van a parar a los rellenos sanitarios y estos con el tiempo llegan a colapsar.

Al hablar de rellenos sanitarios colapsados estamos poniendo en consideración la infiltración de lixiviados que sin un debido tratamiento estos son filtrados a través del suelo a las fuentes acuíferas y a los terrenos circundantes, como circunstancia tendríamos problemas con la salud, pérdida de cosechas y además pérdida de animales que pueden beber el agua contaminada. (Haug R.T. (1991))¹³².

1.5.9.2 CONTAMINACIÓN DE LOS SUELOS

El uso del suelo es otra de las características de la intervención humana en el medio, desde la reserva de espacios para su uso exclusivo, como en las ciudades, la industria, las comunicaciones o la agricultura, hasta su degradación general a través de la contaminación coloidal, por la lluvia ácida o la utilización en la agricultura de abonos químicos nitrogenados.

¹³¹ Frioni, Lilian (1990). Ecología Microbiana del Suelo

¹³² Haug R.T. (1991). The Practical Handbook of Compost Engineering

La sociedad, en suma, incide sobre el paisaje transformándolo y modificando su funcionamiento, para obtener de él los recursos necesarios que permiten el desarrollo económico, pero sin que el medio se vea expoliado hasta su desaparición. La manera y la velocidad con la que se extraen esos recursos es lo que provoca los desequilibrios.

La degradación de los suelos consiste en el deterioro de su calidad y, consecuentemente, de su aptitud productiva. Ese deterioro le impide cumplir plenamente las funciones citadas para con las plantas. Por lo general se inicia con la desaparición de la vegetación natural que los cubre y con la roturación excesiva. Ambas prácticas exponen al suelo a la radiación solar directa, lo oxigenan excesivamente y facilitan la muerte de muchos de sus pequeños habitantes. Todo conduce a acelerar la biodegradación del humus, con lo cual desaparecen los agregados, y con ellos la trama porosa que éstos habían generado. El agua y el aire ya no circulan con facilidad, la superficie del suelo se apelmaza y hasta puede tornarse impermeable, con lo cual el agua de las lluvias, en lugar de almacenarse en su interior, se pierde por escurrimiento superficial y se hacen frecuentes los encharcamientos y anegamientos cada vez que llueve. Los rendimientos de los cultivos declinan y la explotación se hace cada vez menos rentable.

Esto es producido por desechos tóxicos arrojados indiscriminadamente a los suelos, los cuales no causan ningún beneficio, solo los contaminan con el desprendimiento de sus contenidos artificiales dañando el hábitat de todo ser vivo hasta tornarlo en un lugar que no sirva para el desarrollo vegetal ni animal (Primavesi, Ana. (1982))¹³³.

1.5.9.3 CONTAMINACIÓN DEL AGUA

De todo el agua existente en el planeta, sólo una pequeña parte es aprovechable por la sociedad, y por la mayor parte de la naturaleza (Alexander P. (1992))¹³⁴.

El agua es un recurso que proporciona energía y vida. (Crawford Michael. (1978))¹³⁵.

¹³³Primavesi, Ana. (1982). Manejo Ecológico del Suelo

¹³⁴Alexander P. et. Al. *Biología*. Prentice Hall. Estados Unidos de América. 1992

De todo lo disponible, el 80% del agua se utiliza en la agricultura de regadío, que se contamina poco, dependiendo de los abonos químicos que se hayan utilizado. El 14% del agua lo utiliza la industria, que es altamente contaminada. Y el 6% restante lo utiliza la ciudad, y también está muy contaminada una vez que se ha utilizado. Frecuentemente, parte del agua disponible se pierde a causa de las malas conducciones. Se puede perder hasta el 40% del total embalsado (Dickson R. T. (1980))¹³⁶.

El agua de las ciudades y de la industria, pero también en algunos casos de la agricultura, está contaminada por productos difícilmente degradables, como los aceites o los detergentes. Estos productos se vierten en los ríos, con lo que se disminuyen las proporciones de oxígeno. Algunos productos pueden actuar directamente de veneno para algunas especies que viven en el agua, o que la utilizan, es el caso de la contaminación por mercurio y otros metales pesados. Estos productos, a través del agua, se depositan en los suelos y entran a formar parte de la cadena trófica y la alimentación humana.

Los agentes contaminantes alcanzan otros ámbitos a través de los ríos. Debido a las dimensiones de la contaminación llegan a perjudicar, gravemente, mares enteros, comprometiendo el equilibrio ecológico de ellos, de su entorno y de todo el planeta (Erickson Jon. (1993))¹³⁷.

1.5.9.4 CONTAMINACIÓN DEL AIRE

La contaminación del aire resulta muy fácil. Su problema, real, comienza con la utilización masiva de combustibles fósiles en la industria y la automoción. Las ciudades son lugares en las que las concentraciones de partículas contaminantes son especialmente elevadas, junto con los grandes centros industriales. El régimen de vientos expande las partículas por todo el globo, pero es en los países industrializados donde

¹³⁵ Crawford Michael. La Conservación del Medio Ambiente. Montaner y Simón. España. 1978

¹³⁶ Dickson R. T. Química. Enfoque ecológico. Limusa. México. 1980

¹³⁷ Erickson Jon. Un Mundo en Desequilibrio. La contaminación de nuestro planeta. Mc Graw-Hill. Méx. 1993

mayor incidencia tiene la contaminación del aire. Estas partículas (CO₂, SO₂) se precipitan, mezcladas con el agua de lluvia, formando ácido clorhídrico y sulfúrico, y dando lugar a la lluvia ácida, de efectos tan perniciosos para las biocenosis, al proporcionar un agua no apta para ser consumida por los seres vivos (Esteban A. y Sanz A. (1994))¹³⁸.

Las consecuencias de la contaminación aérea en el clima global especialmente en lugares de industrialización alta son de gran preocupación, por un lado, parece que hace disminuir el brillo del sol, por otro, parece que hace aumentar el efecto invernadero. Las series de estudios al respecto apuntan en el sentido del calentamiento global del clima, (Seinfeld, John H. 1978)¹³⁹. O al menos, si no son su causa sí parece que puedan acelerar el proceso.

1.5.10 BENEFICIOS DE LA BIODEGRADABILIDAD

La biodegradabilidad constituye una opción eminente para aplicarla en la destrucción de los desechos sólidos especialmente en los orgánicos por su compatibilidad con los factores dispensables para la biodegradación, siempre y cuando estos sean controlados en su producción ya que su constitución tendría que ser en su mayoría de formación orgánica, (JM Tedder/ A. Nechvatal/ A.H.Jubb. (1979))¹⁴⁰, lo cual es mejor para tener un resultado de biodegradación óptimo.

Como consecuencia si existe una degradación orgánica en gran cantidad esto podría producir gases que alteren la capa de ozono y sería contraproducente en el calentamiento global (Química Ambiental. (1981))¹⁴¹. Es por eso que los materiales biodegradables están propuestos para desprender componentes que puedan tener sus beneficios para toda

¹³⁸Esteban A. y Sanz A., La Situación del mundo 1994, Capítulos: La estabilización ecológica del transporte en España y La reinención de los medios de transporte, Madrid (España), 1994.

¹³⁹Seinfeld, John H., Contaminación atmosférica, fundamentos físicos y químicos, Instituto de Tecnología, California, Madrid, 1978.

¹⁴⁰JM Tedder/ A. Nechvatal/ A.H.Jubb."Química Orgánica. Un método mecanicista" Parte 5. Los productos industriales. Año 1979.

¹⁴¹Química Ambiental: Contaminación del aire y del agua" Año 1981.

la naturaleza como agentes fertilizantes de suelo, depuradores de agua y purificadores de aire, esto no tendría repercusiones en un solo ámbito como en el aire.

Cuando hablamos de productos y materiales biodegradables siempre acentuamos en la forma de su descomposición que si en su vez son ayudados por distintos factores medioambientales, siempre estarían degradándose por sí solos siendo este un beneficio para la naturaleza y para los planes de trabajos con desechos sólidos (Mopu. (1982))¹⁴², ya que no necesitarían de otros tratamientos para la descomposición.

Los productos biodegradables son hechos con materias orgánicas renovables como en la aplicación de nuestro proyecto es el almidón de la papa (*Solanum Tuberosum L*), esto quiere decir que no perderíamos ninguna fuente importante para el medio ambiente y tampoco estaríamos expuestos a contaminación con los mismos ya que los componentes regresarían a su mismo hábitat y servirían como fertilizante para que se pueda producir más material para la producción (Wolfgang Leithe. (1981))¹⁴³.

1.5.11 PARÁMETROS DE BIODEGRADABILIDAD

Para que exista la biodegradación intervienen diferentes factores, los cuales influyen de manera directa a los productos para que la acción se produzca, estos factores trabajan en conjunto con el material degradado y los microorganismos, siendo un complemento indispensable para obtener los resultados esperados y así el trabajo de biodegradación culmina en mayor o menor tiempo (Cifuentes, P.; González Alonso, S. y Ramos, A. (1993.))¹⁴⁴.

A continuación detallamos los parámetros que intervienen en la biodegradación.

¹⁴²Mopu. Los Residuos Tóxicos Y Peligrosos" Año 1982.

¹⁴³Wolfgang Leithe. La Química Y La Protección Del Medio Ambiente" Año 1981.

¹⁴⁴Cifuentes, P.; González Alonso, S. y Ramos, A. (1993.) "Diccionario de la naturaleza. Hombre, Ecología, Paisaje". Ed. Espasa - Calpe. Madrid.

1.5.11.1 TEMPERATURA

Diferentes compuestos orgánicos son susceptibles de degradación cuando su temperatura interna sobrepasa cierto límite, llamado temperatura de degradación.

Los polímeros poseen un rango de temperaturas, conocido como temperatura de trabajo, en este rango el polímero fundido puede ser procesado, si el polímero experimenta un aumento en su temperatura debido al incremento de calor, o fricción, por encima de su temperatura de trabajo, puede ocurrir una despolimerización o alguna otra reacción química alterna que se refleja en la pérdida de propiedades mecánicas y químicas del material.

Los polímeros biodegradables son degradados al incrementar su temperatura hasta llegar a la temperatura de degradación; esto ocurre sin fundir, ya sea una transición termodinámica o no termodinámica. (Sollfrank, U.; Kappeler, J.; and Gujer, W. (1992))¹⁴⁵.

1.5.11.2 EVAPORACIÓN

La evaporación es un proceso por el cual una sustancia en estado líquido pasa al estado gaseoso, tras haber adquirido energía suficiente para vencer la tensión superficial. A diferencia de la ebullición, este proceso se produce a cualquier temperatura, siendo más rápido cuanto más elevada aquélla. No es necesario que toda la masa alcance el punto de ebullición (Sollfrank, U.; Kappeler, J.; and Gujer, W. (1992))¹⁴⁶.

La evaporación es rara pero importante e indispensable en la vida cuando se trata del agua, que se transforma en nube y vuelve en forma de lluvia, nieve, niebla o rocío.

¹⁴⁵ Sollfrank, U.; Kappeler, J.; and Gujer, W. (1992) Temperature effects on wastewater characterization and the release of soluble inert organic material. *Wat. Sci. Tech.*, 25, 6.

¹⁴⁶ Sollfrank, U.; Kappeler, J.; and Gujer, W. (1992) Temperature effects on wastewater characterization and the release of soluble inert organic material. *Wat. Sci. Tech.*, 25, 6.

Cuando existe un espacio libre encima de un líquido caliente, una parte de sus moléculas está en forma gaseosa, al equilibrarse, la cantidad de materia gaseosa define la presión de vapor saturante, la cual no depende de la temperatura.

Si la cantidad de gas es inferior a la presión de vapor saturante, una parte de las moléculas pasan de la fase líquida a la gaseosa: eso es la evaporación, (Kappeler, J; Gujer, W. (1992))¹⁴⁷.

1.5.11.3 MICROORGANISMOS

La variable más importante es la accesibilidad de los microorganismos a los materiales en descomposición, ya que los microorganismos que se alimentan de materia orgánica desde un principio actúan sobre los materiales descomponiendo según la necesidad de cada uno de ellos por sus nutrientes.

Todos los microorganismos no se encuentran en un mismo lugar, estos varían también según los otros factores que influyen en la biodegradación, los microorganismos tienen facultades de degradación diferente, según su especie y necesidad energética, pero todos están en coordinación porque cooperan entre sí para obtener lo que necesitan y así terminar con el material en degradación (McCarty, P.L.; and Brodersen, C.F. (1962))¹⁴⁸.

1.5.11.4 CAMBIO DE ESTADO

El cambio de estado es la evolución de la materia entre varios estados de agregación sin que ocurra un cambio en su composición. Los tres estados más estudiados y comunes en la tierra son el sólido, el líquido y el gaseoso; no obstante, el estado de agregación más común en nuestro universo es el plasma, material del que están compuestas las estrellas.

¹⁴⁷Kappeler, J; Gujer, W. (1992) "Estimation of kinetic parameters of heterotrophic biomass under anaerobic conditions and characterization of wastewater for activated sludge modelling" *Wat.Sci.Tech.* V 25(6) pp 125- 140

¹⁴⁸ McCarty, P.L.; and Brodersen, C.F. (1962) Theory of extended aeration activated sludge. *J. WPCF*, 34, 1095.

La fusión es el cambio de estado de sólido a líquido. Por el contrario la solidificación o congelación es el cambio inverso, de líquido a sólido.

La vaporización es el cambio de estado de líquido a gas. Contrariamente la licuación o condensación es el cambio inverso, de gas a líquido.

La sublimación es el cambio de estado de sólido a gas. El cambio inverso recibe el nombre de sublimación regresiva o cristalización.

La ionización es el cambio de estado de un gas a plasma. En caso contrario, se le llama deionización (Orhon, D.; Sozen, S.; Cokgor, E. U.; and Genceli, E. A. (1998))¹⁴⁹.

1.5.11.5 TEORÍA CINÉTICA MOLECULAR

Los dos parámetros de los que depende que una sustancia o mezcla se encuentre en un estado o en otro son: temperatura y presión. La temperatura es una medida de la energía cinética de las moléculas y átomos de un cuerpo. Un aumento de temperatura o una reducción de la presión favorecen la fusión, la evaporación y la sublimación, mientras que un descenso de temperatura o un aumento de presión favorecen los cambios opuestos.

Al calentar la sustancia la agitación de las partículas es mucho mayor, es decir, sube la temperatura. Hay que aclarar que la agitación no es la que provoca el calor, sino que la agitación es el propio calor. Si la sustancia es sólida y la agitación de sus partículas es suficiente, entonces la sustancia puede pasar de ser líquida a gaseosa, dependiendo del grado de agitación de las partículas, facilitando así la fusión, vaporización o sublimación de la sustancia. (William, Seese & Daub. (1989))¹⁵⁰.

¹⁴⁹ Orhon, D.; Sozen, S.; Cokgor, E. U.; and Genceli, E. A. (1998) The effect of chemical settling on the kinetics and design of activated sludge for tannery wastewaters. *Wat. Sci. Tech.*, 38, 4-5, 355.

¹⁵⁰ William, Seese & Daub. (1989). *Química*. Quinta edición. Editorial Prentice Hall. México DF

1.5.11.6 OPERACIONES UNITARIAS

Se llama operación unitaria a una parte indivisible de cualquier proceso de transformación, sea físico, químico o de naturaleza biológica, de una materia prima en otro producto de características diferentes.

Se entiende que los procesos de transformación en general y las operaciones unitarias, en lo particular, tienen como objetivo el modificar las condiciones de una determinada cantidad de materia en forma más útil a nuestros fines (Aspen Technology. (2001))¹⁵¹.

Esta transformación puede realizarse de distintas formas: modificando la masa o composición del cuerpo primario ya sea mezclándolo, separándolo o haciéndolo reaccionar químicamente; modificando la calidad de la energía que posee el cuerpo en cuestión, ya sea por enfriamiento, vaporización, aumento de presión; modificando las condiciones relativas a la cinética del cuerpo primario, ya sea aumentando o disminuyendo su velocidad o modificando la dirección que tiene en el espacio.

De hecho, los cambios mencionados son los únicos cambios posibles que un cuerpo puede experimentar. Un cuerpo está absolutamente definido cuando están especificadas:

- La cantidad de materia y su composición.
- La energía total (cualquiera que sea el tipo de energía) de que el cuerpo esté dotado.
- Las componentes de dirección y velocidad de que está animado (Alarcón, Alejandra (2002))¹⁵².

¹⁵¹ Aspen Technology.2001. Aspen Plus 11.1 User guide. Estados Unidos

¹⁵² Alarcón, Alejandra 2002. Apuntes de Operaciones Unitarias IV. Inéditos

1.5.11.7 HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN

La precipitación se deriva del agua atmosférica, el contenido de humedad del aire es responsable de los procesos de evaporación. Los índices más importantes de la humedad son la presión parcial de vapor y la temperatura de punto de rocío.

La humedad varía según la distribución geográfica, tendiendo a decrecer con el aumento de latitud, la humedad atmosférica es máxima sobre los océanos y decrece a medida que se avanza hacia el interior de los continentes. La humedad decrece con la disminución de temperatura y a la vez la humedad es mayor sobre áreas vegetadas que sobre suelo desértico.

Cuando estamos en verano la humedad es máxima y mínima en el invierno, cuando recién sale el sol la humedad es mínima por la condensación del rocío y luego empieza a subir durante el día.

Según los estados de humedad y la forma como se distribuye la degradación es mayor cuando existe mayor humedad, ya que esto produce el desprendimiento de los materiales a descomponer y como hablamos de humedad esto se relaciona con la lluvia, al recibir agua de lluvia, los materiales en descomposición reciben humedad adicional y esto facilita la degradación siendo así en menor tiempo la misma (García-Haro, F.J. 1997)¹⁵³.

1.5.12 MÉTODO PARA MEDIR LA BIODEGRADACIÓN:

El método de ensayo determina la biodegradabilidad total, el grado de desintegración y eventual eco toxicidad del material degradado. Se realiza bajo condiciones de simulación de un proceso de compostaje aeróbico intensivo. El inóculo utilizado consiste en un derivado maduro de compost estabilizado de ser posible derivado del compostaje de la fracción orgánica de la basura sólida municipal. El material de ensayo se mezcla con el

¹⁵³García-Haro, F.J. 1997. Modelización y estimación de parámetros relacionados con la cubierta vegetal en teledetección. Tesis Doctoral. Departamento de Termodinámica. Facultat de Física. Universitat de Valencia.

inóculo en una proporción entre 5-10 % y se introduce en un recipiente estático donde se composta intensivamente bajo condiciones de oxígeno (aerobio), temperatura y humedad óptimas durante un período de ensayo de 7 días. Este método está diseñado para simular las condiciones de compostaje aeróbico para abono de la fracción orgánica las basuras sólidas mixtas municipales, perfecto para utilizarlo en la descomposición del ácido láctico.

El dióxido de carbono generado y el oxígeno consumido se miden continuamente a intervalos regulares en recipientes de ensayo y de blanco para determinar la producción acumulada de dióxido de carbono. El porcentaje de biodegradación se mide mediante la relación entre el dióxido de carbono generado a partir del material de ensayo y la cantidad teórica máxima de dióxido de carbono que puede producirse a partir del material de ensayo. Así por ejemplo un 75% de biodegradación significa que un 75% de los átomos de carbono (C) presentes en el envase se convirtieron a dióxido de carbono (CO₂). El método también determina la velocidad del proceso de conversión, es decir en cuánto tiempo se logra el porcentaje especificado de biodegradación. La incubación debe realizarse a una temperatura constante de aproximadamente 58 °C.

La segunda etapa del método, es la medición de la desintegración. Esto es fundamental para que el envase pueda ser recuperado orgánicamente, que se desintegre en el procedimiento biológico sin que se observen efectos negativos en el proceso.

Por último se deben determinar los efectos ecotóxicos que eventualmente pudiera tener el plástico biodegradable en el desarrollo de las especies vegetales. Se compara el número de plantas que crecen o sea el número de germinaciones así como la velocidad de germinación y la biomasa producida en ambos sustratos. No existen efectos negativos cuando ambos ensayos dan resultados similares (Normas Internacionales, Europea y de USA)¹⁵⁴.

¹⁵⁴ Normas Internacionales, Europea y de USA. EN 13432 y ASTM D6400 y D 5338-98)

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio, en la parte práctica, se realizó en las instalaciones del laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana (campus El Vecino y Paute).

El microorganismo utilizado en la investigación es el *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830).

A continuación se detallan los materiales y métodos utilizados durante el estudio.

2.1 SIEMBRA

2.1.1 CARACTERÍSTICAS *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830)

2.1.1.1 ESPECIFICACIONES

Nombre de la bacteria:	<i>Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus</i>
Numero en catalogo:	0235
Número de lote:	23518
Numero de referencia:	ATCC®7830
Pureza:	Puro
Paso de referencia:	4
Fecha de expiración:	2011/05

Tabla 10. Especificaciones de la bacteria *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830)
Fuente: MEDIBAC

2.1.1.2 FUNCIONAMIENTO

Rasgos macroscópicos	pequeña, ovalada, translúcida, alfa hemolítico
Rasgos microscópicos	Barras Gram positivas con finales dado la vuelta, se encuentran separadamente, en pares y en cadenas cortas
Medio de Cultivo	CNA
Método	Gram mancha

Tabla 11. Funcionamiento de la bacteria *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830)
Fuente: MEDIBAC

Una vez obtenida la bacteria se procedió a sembrar la misma en Agar TSA y en Agar Nutritivo.

Luego de analizar el medio óptimo para el desarrollo de la bacteria determinamos que el medio ideal para el desarrollo bacteriano es el Agar Nutritivo.

Para el efecto se utilizaron cajas monopetri descartables.



Ilustración 1. Disposición de Agar Nutritivo en cajas monopetri
Fuente: Los Autores



Ilustración 2. Evolución correcta de la bacteria *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* ATCC®7830, en Agar Nutritivo

Fuente: Los Autores

Luego de verificar las características físicas y morfológicas del cultivo, se logra determinar mediante el uso de placas al microscopio las características del microorganismo, detalladas anteriormente.

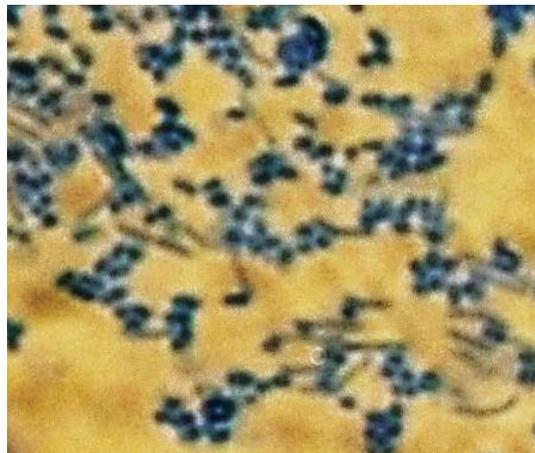


Ilustración 3. Verificación de las características físicas y morfológicas de la bacteria *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* ATCC®7830.

Fuente: Los Autores

Los cultivos se trabajan por duplicado logrando obtener cultivos puros a pico de clarín.

Para este procedimiento se utilizó una cámara de flujo laminar

2.2 SIEMBRA DE LA BACTERIA LA *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830) EN MATRACES.

De la misma forma se procede a sembrar el cultivo puro en matraces de 250 ml, se toma pequeñas cantidades de cultivo de tubos a pico de clarín mediante un aza de platino, este procedimiento se lleva a cabo en la cámara de flujo laminar, luego se cubre con algodón y papel aluminio.



Ilustración 4. Siembra de cultivo puro de la bacteria *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* ATCC®7830. En matraces de 250ml.

Fuente: Los Autores

2.3 CONTEO DE CEPAS

Materiales:

- Alcohol
- Algodón
- Mechero
- 500ml Agua destilada
- Papel aluminio
- Guantes
- Mascarilla
- Matraces de 500ml

- Matraces de 250ml con bacteria pura de *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830)
- Vaso de precipitación
- Pipeta
- Cámara de Neubauer

Equipos:

- Cámara de flujo laminar
- Autoclave
- Estufa
- Microscopio

Método:

Se procede a preparar agua redestilada en el autoclave a una presión de 15psi, por 15 minutos.

Para realizar el conteo de las cepas se toma en un vaso de precipitación el agua redestilada (100ml), de esta forma se procede a hacer lavados del cultivo mediante agitación, esta dilución se repite 4 veces más hasta tener un volumen de 500ml, en esta solución se agrega Twin 80 para lograr la dispersión de las cepas.



Ilustración 5. Solución de bacteria lista para realizar el conteo de UFC en la cámara de Neubauer
Fuente: Los Autores

Con una micro pipeta se coloca 0.1 microlitros en la cámara de Neubauer, se cubre con el cuarzo y se realiza el conteo de las cepas en el microscopio, se procede a contar partiendo del cuadrante superior izquierdo, una vez obtenido el resultado del conteo se aplica la siguiente formula.

$$\text{número de bacterias por ml} = (x(25000) * 500)$$

Dónde:

X= total de conteo de bacterias en los 5 cuadrantes

25000 = constante

500 = ml líquido diluyente



Ilustración 6. Cámara de Neubauer cubierta con cuarzo utilizada para el conteo de UFC
Fuente: Los Autores



Ilustración 7. Cuento de UFC, realizado mediante un microscopio electrónico
Fuente: Los Autores

2.4 FERMENTACIÓN

Materiales:

- Almidón de papa (*Solanum Tuberosum L*)
- Agua destilada
- Solución de *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830)
- Vaso de precipitación

Equipos:

- Cámara de flujo laminar
- Biodigestor

Método:

Para el proceso de fermentación se realizaron 9 tratamientos, en matraces de 500ml, determinando las condiciones adecuadas para fermentación.

En el siguiente cuadro detallamos las variables de cada una de los tratamientos realizadas en el proceso de fermentación para la obtención de ácido láctico.

VARIABLES APLICADAS					
Tratamientos	Tiempo de retención (días)	Temperatura (°C)	Concentración		pH.
			Almidón (g)	Bacteria (ml)	
1	5	19	300	400	6.09
2	5	25	300	400	6.09
3	5	37	300	400	6.09
4	9	19	300	400	6.09
5	9	25	300	400	6.09
6	9	37	300	400	6.09
7	15	19	300	400	6.09
8	15	25	300	400	6.09
9	15	37	300	400	6.09

Tabla 12. Variables aplicadas en cada una de los tratamientos
Fuente: Los Autores



Ilustración 8. Solución de Almidón de papa (*Solanum Tuberosum L*) junto con la bacteria, *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC@7830), dispuesto en matraces de 500ml, listos para el proceso de fermentación.
Fuente: Los Autores

2.5 TRATAMIENTO EN UN BIORREACTOR

Materiales:

- Almidón de papa(*Solanum Tuberosum L*)
- Agua destilada
- Solución de *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830)
- Vaso de precipitación

Equipos:

- Biorreactor
- Cámara de flujo laminar

Método:

Entonces una vez obtenidos los resultados de todos los tratamientos, se coloca 2000g de almidón junto con 2000ml de solución de bacteria, el tiempo de retención fue de 15 días y la temperatura a la cual se regulo fue de 19°C en el Biorreactor mecánico que posee una capacidad de 25 litros aproximadamente

En la siguiente tabla se detallan las variables aplicadas en este tratamiento.

VARIABLES APLICADAS						
Tratamientos	Tiempo de retención (días)	Temperatura (°C)	Concentración		pH.	Agitación (min.)
			Almidón (g)	Bacteria (ml)		
1	15	19	2000	2000	6.09	5

Tabla 13. Variables aplicadas para el proceso de fermentación en un biorreactor
Fuente: Los Autores

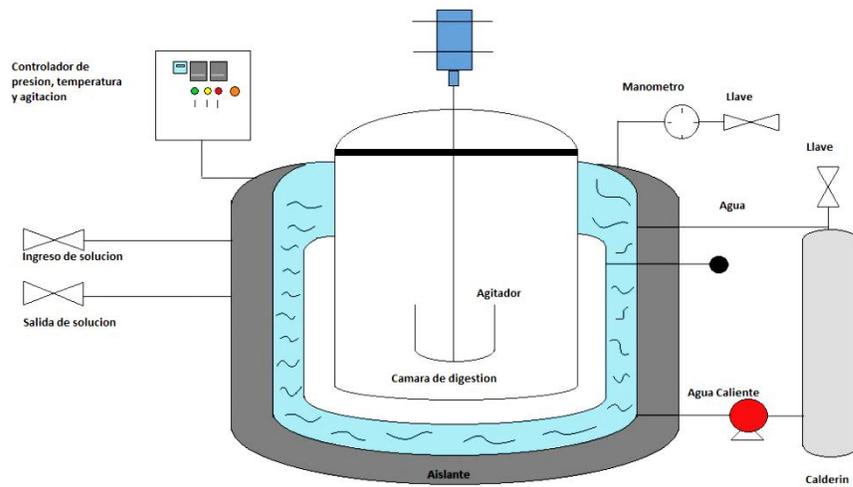


Ilustración 9. Partes de Biorreactor utilizado en el proceso de fermentación
Fuente: La Granja. Volumen 11. UPS Ecuador. Pág. 32
Modificaciones: Los autores



Ilustración 10. Proceso de pesaje de almidón de papa (*Solanum Tuberosum L*), para realizar la solución que se someterá a fermentar en el Biorreactor.
Fuente: Los Autores



Ilustración 11. Preparación de solución de Almidón de papa (*Solanum Tuberosum L*) y la bacteria, *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830), para el proceso de fermentación en el Biorreactor.
Fuente: Los Autores



Ilustración 12. Disposición de Solución de Almidón de papa (*Solanum Tuberosum L*) y la bacteria, *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830), en el Biorreactor
Fuente: Los Autores

2.6 ANÁLISIS DE LABORATORIO

Para realizar los análisis de laboratorio y verificar el contenido de ácido láctico obtenido durante los días de fermentación del Almidón de papa (*Solanum Tuberosum L*) y la bacteria, *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830), se tomó una muestra por cada tratamiento realizado, dándonos un total de nueve muestras, cada muestra fue recogida en un frasco esterilizado de 100ml y luego se procedió a realizar el respectivo

análisis, para el efecto se utilizó el método “Fehiling” verificando la cantidad exacta de ácido láctico del contenido.

Principio del método

Este análisis consiste en una volumetría ácido-base sencillo, en la que va a valorar la acidez de la fermentación de la solución de almidón de papa (*Solanum Tuberosum L*) y la bacteria, *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830), expresada en g de ácido láctico por 100 ml de la muestra fermentada, en presencia de fenolftaleína.

2.7 RECUPERACIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO

Una vez realizado el proceso de fermentación a diferentes temperaturas y en distintos periodos de tiempo procedemos a realizar la recuperación del ácido láctico del medio fermentado, debido a la baja producción del ácido tomamos la muestra más significativa en cuanto a la producción obtenida.

Materiales

- Soportes
- 1 rejilla
- 1 embudo
- Erlenmeyer
- 1 bola refrigerante
- Mangueras
- Corchos
- Tubo conducto

Equipos

- Cocina eléctrica
- Mechero

Método

El balón de aforo se introduce a través de un corcho en un tubo refrigerante que tiene una entrada de agua conectada al grifo y una salida de agua conectada al desagüe de fregadero.

Tanto el balón como el tubo refrigerante se sujetan a sendos pies de sujeción a través de sendas pinzas sujetas a los pies de sujeción mediante unas nueces de conexión.

En un vaso de precipitación aparte colocamos 55gr de solución de Almidón de papa (*Solanum Tuberosum L*) y la bacteria, *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830), previamente fermentado, añadimos 200ml de agua destilada y dejamos reposar la solución; agitándola continuamente, filtramos para obtener una solución acuosa, la misma que es colocada en un balón de destilación, se prende el mechero para que se caliente la solución y controlamos el punto de ebullición.

Esperamos un tiempo determinado para que el resultado de la destilación sea una concentración de ácido láctico.



Ilustración 13. Equipo utilizado para realizar la destilación de la solución de Almidón de papa (*Solanum Tuberosum L*) y la bacteria, *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830)

Fuente: Los Autores



Ilustración14. Residuo obtenido después de la destilación de la solución de Almidón de papa (*Solanum Tuberosum L*) y la bacteria, *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830)
Fuente: Los Autores



Ilustración 15. Ácido láctico obtenido después del proceso de destilación de la solución de Almidón de papa (*Solanum Tuberosum L*) y la bacteria, *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830)
Fuente: Los Autores

CAPÍTULO 3: RESULTADOS

Los resultados del trabajo de tesis fueron obtenidos de acuerdo al cronograma establecido y según el avance de las prácticas realizadas.

Cuando realizamos la siembra de la bacteria *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830) se hizo directamente en medio TSA y en medio Nutritivo, en cajas monopetri, luego del periodo de crecimiento, se logra determinar que el medio ideal para este tipo de microorganismo es el medio Agar Nutritivo.

Con las características físicas y morfológicas realizamos la verificación del crecimiento de la bacteria *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830).

3.1 RESULTADO DEL CONTEO DE BACTERIAS

Se determinó el número de UFC de las bacterias *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830) existente en un cultivo puro de acuerdo al proceso descrito en el Capítulo 2, Numeral 2.3, obteniendo los siguientes resultados

Celdas	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		C9	
	CI	CS	CI	CS	CI	CS	CI	CS	CI	CS	CI	CS	CI	CS	CI	CS	CI	CS
SD	45	87	80	135	36	57	61	56	57	46	46	36	74	46	36	26	65	45
SI	80	25	96	132	48	92	55	42	62	56	58	54	63	57	29	56	34	63
ID	73	93	112	92	52	35	56	57	73	58	37	65	53	53	45	37	72	54
II	40	94	53	137	63	67	54	67	54	44	45	63	55	55	38	43	54	73
C	56	36	66	134	38	84	73	78	49	63	48	48	62	46	42	35	63	49
TOTAL	629		1037		572		599		562		500		564		387		572	
UFC	3.8		6.48		3.5		3.7		3.5		3.1		3.5		2.4		3.5	

Ilustración 16. Resultado del conteo de bacterias y determinación de las UFC de las mismas.
Fuente: Los Autores

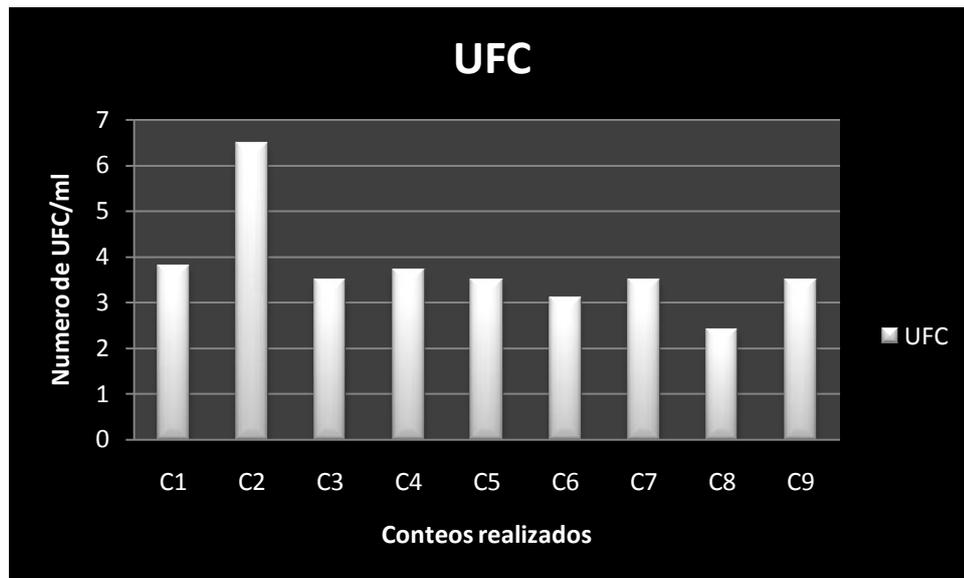


Ilustración 17. Estadística de conteo de bacterias determinando las UFC
Fuente: Los Autores

El número de UFC se encuentra entre un rango mayoritario de 2 UFC/ml y 4 UFC/ml, el único conteo que sobrepasa dicho rango es el conteo numero dos con 6.48 UFC/ml, de acuerdo a lo indicado se puede determinar una media de 3.72 UFC/ml, por lo mismo se puede establecer que en cada mililitro de la solución de 400ml preparada para realizar el inóculo; existen 3.72 UFC capaces de seguir produciendo colonias durante el proceso de fermentación.

En la siguiente ilustración observamos los resultados de los conteos de las bacterias, expresados en Unidades Formadoras de Colonias (UFC) versus la temperatura y el tiempo de retención, respecto a las cuales fueron colocadas en los inóculos:

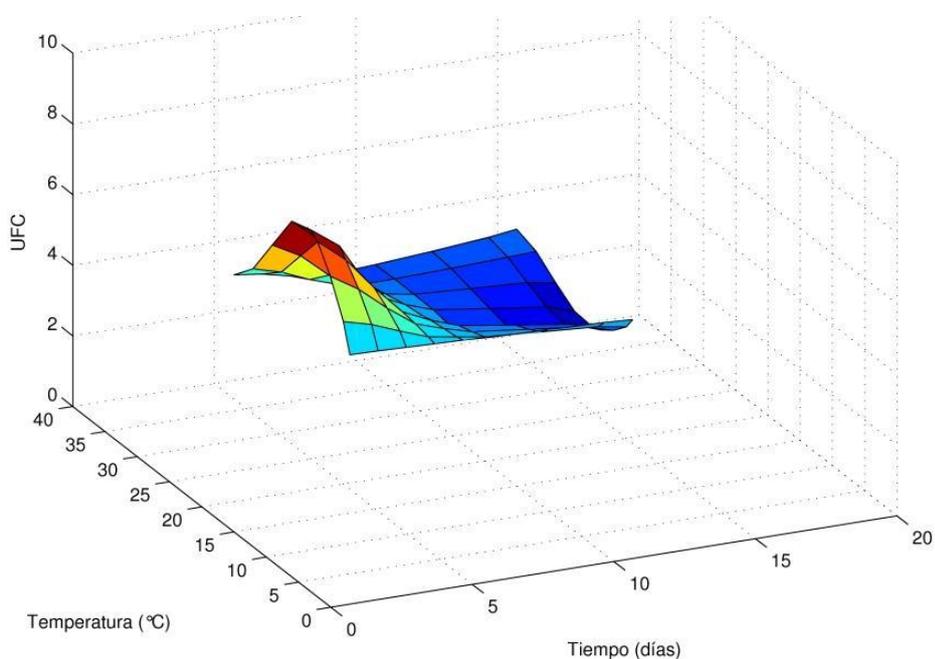


Ilustración 18 UFC versus Temperatura y Tiempo
Fuente: Los Autores

La media de las muestras fue 3.72 UFC con un rango de variación desde 2.4 a 6.5 UFC. Localizándose de esta manera en el rango de $\bar{x} \pm 3 \sigma$ (desviaciones estándar), es decir no se encuentran valores fuera de un rango considerado como aceptable, es de notar que tanto el valor máximo como mínimo se encuentran en los ensayos realizados con 25 °C de temperatura

3.2 DESARROLLO DE TRATAMIENTOS

A continuación se presenta cada uno de los tratamientos realizados con su respectivo tiempo de retención, temperatura, pH y cantidad de solución.

3.2.1 RESULTADOS DEL CONTROL DE TRATAMIENTOS

El control de tratamientos se realizó de la siguiente manera

- Se codificó cada tratamiento, tomado como referencia el número de días y la temperatura a la que se iba a exponer de forma ascendente.
- Al finalizar la preparación de la solución se midió el pH inicial.
- Se colocó cada uno de los tratamientos en condiciones de temperatura especificadas.
- Se rotuló la muestra que indica la referencia de cada tratamiento, fecha de inicio y culminación de cada uno de ellos.
- En el momento de tomar la muestra se procedió a tomar el pH. y la temperatura luego de los periodos de retención.

RESULTADOS CONTROL DE VARIABLES							
Tratamientos	Tiempo de retención (días)	Temperatura		Concentración		pH.	
		T. Inicial (°C)	T. Final (°C)	Almidón (g)	Bacteria (ml)	pH. Inicial	pH. Final
1	5	19	25.6	300	400	6.09	5.13
2	5	25	25.1	300	400	6.09	3.94
3	5	37	25	300	400	6.09	3.9
4	9	19	25	300	400	6.09	4.13
5	9	25	25.2	300	400	6.09	3.6
6	9	37	25	300	400	6.09	5.99
7	15	19	25.8	300	400	6.09	6.23
8	15	25	25.4	300	400	6.09	4.32
9	15	37	25.3	300	400	6.09	4.41

Tabla 14. Resultados de control de Variables durante el tiempo de realización de los tratamientos.

Fuente: Los Autores

La presente tabla indica, los números de tratamientos realizados durante el estudio, el tiempo de retención al cual fue sometido cada uno de ellos, la temperatura inicial del tratamiento y la temperatura final medida en el tomento de tomar la muestra para realizar el análisis de determinación de ácido láctico. También se considera la cantidad de Almidón y Solución de Bacteria dispuesta para el inóculo. Finalmente se especifica el pH. Medido en el momento de preparar el inóculo y también cuando se tomó la muestra para análisis.

3.2.2 RESULTADO DE ANÁLISIS DE INÓCULOS PARA DETERMINAR LA OBTENCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO

De acuerdo a los tratamientos realizados para la obtención de ácido láctico libre el porcentaje mayor de obtención del mismo es de 0.365% y el porcentaje mayor es de 0.039%.

Tratamientos	ÁCIDO LÁCTICO LIBRE		ÁCIDO LÁCTICO TOTAL	
	Ácido Láctico (mg/g)	Ácido Láctico (%)	Ácido Láctico (mg/g)	Ácido Láctico (%)
1	4.9544	0.087	12.6112	0.234
2	10.13	0.199	22.52	0.549
3	6.3056	0.129	23.8712	0.568
4	7.88	0.155	11.26	0.201
5	6.3056	0.158	17.5656	0.358
6	1.3512	0.039	2.7024	0.079
7	15.3136	0.365	39.1848	0.933
8	12.39	0.253	84.45	0.612
9	5.63	0.110	7.88	0.161

Tabla 15. Resultados del análisis de inóculos tomados para determinar la obtención de ácido láctico libre y ácido láctico total.

Fuente: Los Autores



Ilustración 19. Distribución de tratamientos a partir de la media de los mismos
Fuente: Los Autores

El valor de la media de los nueve tratamientos es 0.184, como se puede observar en la Ilustración No.18 La distribución de los tratamientos a partir de media teniendo 6 tratamientos por debajo y 3 tratamientos por encima de la misma. Esto se debe al incremento de ácido láctico en los tratamientos 7 (19 °C, 15 días) y 8 (25°C, 15 días). Influidando en estos dos tratamientos el tiempo de retención. (15 días)

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se utilizó el diseño en bloque completamente al azar en donde el factor de respuesta es el ácido láctico y los niveles que se consideran son: el tiempo de retención y la temperatura.

3.3.1 HIPÓTESIS 0

- La temperatura no es un factor que influye en la producción de ácido láctico
- El tiempo de retención no influye en la producción de ácido láctico

3.3.2 HIPÓTESIS 1

- La temperatura es un factor que influye en la producción de ácido láctico
- El tiempo de retención influye en la producción de ácido láctico.

3.3.3 DISEÑO DE TRATAMIENTOS:

Factor Tiempo

Factor Temperatura

3.3.4 DISEÑO EN BLOQUE COMPLETAMENTE AL AZAR

En la aplicación del diseño experimental completamente al azar se consideran 9 tratamientos, los mismos que fueron expuestos a 3 diferentes temperaturas (19°C, 25°C y 37°C), y a tres diferentes tiempos de retención (5 días, 9 días y 15 días) siendo la temperatura y el tiempo de retención los niveles aplicados para el análisis estadístico.

3.3.5 FACTOR DE RESPUESTA

El factor de respuesta es el porcentaje de ácido láctico obtenido después de realizar el análisis de una muestra de 100ml del inóculo sometido al tratamiento de fermentación.

3.2.3 ALEATORIEDAD

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temperaturas	19	19	19	25	25	25	37	37	37
Tiempos	5	9	15	5	9	15	5	9	15

Tabla 16. Aplicación de aleatoriedad entre el número de tratamientos y niveles del tratamiento
Fuente: Los Autores

Se tomó en cuenta el número de tratamientos (9 tratamientos) los mismos que fueron aleatorizados con los diferentes niveles (tiempo y temperatura); de la siguiente manera:

3.2.4 INTERACCIÓN TIEMPO Y TEMPERATURA

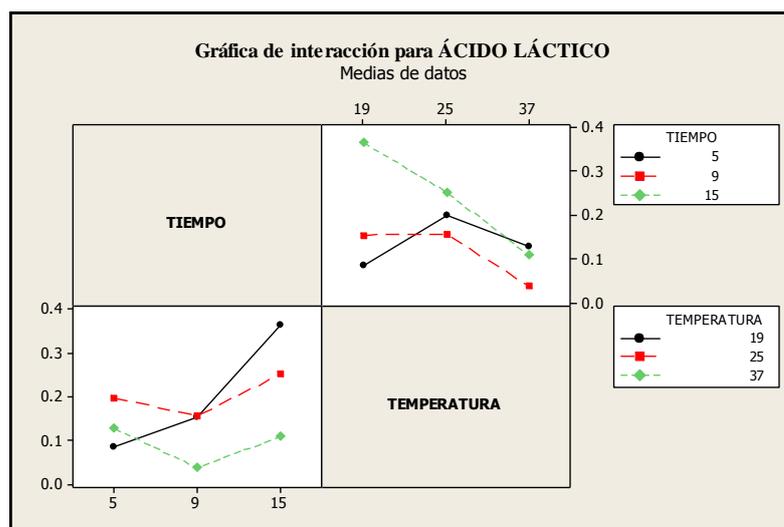


Ilustración 20. Interacción entre tiempos de retención y temperaturas niveles determinados para la obtención de ácido láctico
Fuente: Los Autores

La gráfica indica que existe interacción entre los dos niveles:

- Panel de fila 1: La línea negra (tiempo 5) aumenta a medida que aumenta la temperatura, la línea roja (tiempo 9) aumenta a medida que la temperatura se mantiene y la línea verde (tiempo 15) disminuye cuando la temperatura también disminuye.

- Panel de fila 2: los dos tiempos representados con color verde y rojo se mantienen distantes, de la misma forma que la temperatura, mientras que la línea negra (tiempo 5) varía significativamente de la misma forma que varía con la temperatura 19.

3.3 INFERENCIA ESTADÍSTICA

3.3.1 ANOVA de dos factores: ÁCIDO LÁCTICO vs. TIEMPO, TEMPERATURA

3.3.1.1 TABLA DE ANÁLISIS DE VARIANZA

FACTORES	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	ESTIMADOR	FEXP	P
TIEMPO	2	0.0270349	0.0135174	2.25	0.221
TEMPERATURA	2	0.0242749	0.0121374	2.02	0.247
Error	4	0.0240091	0.0060023		
Total	8	0.0753189			
<i>a</i>	4.325				

Tabla 17. ANOVA de variables (tiempo y temperatura) para la obtención de ácido láctico
Fuente: Los Autores

- Dado que en el análisis del modelo completo para los datos sobre correcciones de manejo indicaron que no hay interacción entre tiempo y temperatura, se decidió ajustar el modelo aditivo.
- El efecto de tiempo ($p = 0.221$) no es significativo (NS) Esto indica que los tratamientos con diferentes niveles de tiempo no hicieron mayor producción de ácido láctico durante los tratamientos.
- El efecto de temperatura ($p = 0.247$) tampoco es significativo. Esto indica que los tratamientos con diferentes niveles de temperatura tampoco hicieron mayor producción de ácido láctico durante los tratamientos.
- Para los datos sobre obtención de ácido láctico $S=0.077747$ $R= 68.12\%$ y R ajustado = 36.25% . si está comparando diferentes resultados de obtención de

ácido láctico el valor de S es correcto ya que la desviación estándar entre las respuestas de obtención de ácido láctico en cada uno de los tratamientos es mínimo, mientras que se debe buscar un modelo que maximice los dos tipos de R.

- De acuerdo a lo explicado se acepta la hipótesis 0, ya que F_{exp} se encuentra por debajo del valor a .

3.3.2 MEDIAS DE INTERVALOS DE CONFIANZA

Nivel de confianza de 95% individuales para la media basados en Desviación Estándar agrupada:

TIEMPO	Media	-+-----+-----+-----+-----
5	0.138333	(-----*-----)
9	0.117333	(-----*-----)
15	0.242667	(-----*-----)
		-+-----+-----+-----+-----
		0.00 0.10 0.20 0.30

Tabla 18. Cuadro de medias para tiempo basado en la desviación estándar agrupada
Fuente: Los Autores

Los tratamientos con mayor tiempo de retención (Nivel 3, Media 0.24), produjeron más ácido láctico en relación con los tratamientos realizados con menor tiempo de retención (Nivel 2, Media 0.11 y Nivel 1, Media 0.13). El valor designado para p para el tiempo en la tabla ANOVA indica que la diferencia entre las medias de niveles no es significativa, podemos observar también que los valores de confianza para estas medidas en los tres niveles están sobrepuestos.

Nivel de confianza de 95% individuales para la media basados en Desviación Estándar Agrupada.

TEMPERATURA	Media	---+-----+-----+-----+-----
19	0.202333	(-----*-----)
25	0.203333	(-----*-----)
37	0.092667	(-----*-----)
		---+-----+-----+-----+-----
		0.00 0.10 0.20 0.30

Tabla 19. Cuadro de medias para temperatura basado en la desviación estándar agrupada
Fuente: Los Autores

Los tratamientos que se encontraron expuestos a menores temperaturas (Nivel 1, Media 0.20 y Nivel 2, Media 0.20), produjeron más ácido láctico, en comparación con el (Nivel 3, Media 0.09), que indica una producción mínima de ácido láctico. El valor designado para p para la temperatura en la tabla ANOVA indica que la diferencia entre las medias de niveles no es significativa, pudiendo observar también que los valores de confianza para estas medidas en los tres niveles están sobrepuestos.

3.3.3 EFECTOS PRINCIPALES EN LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO

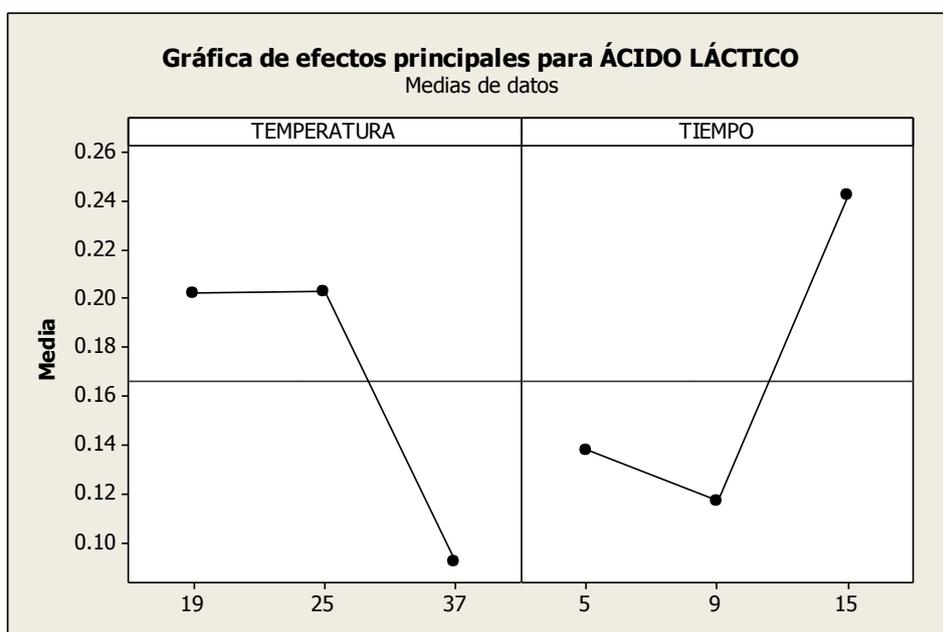


Ilustración21. Efectos principales dados por el Tiempo y la Temperatura para el Ácido Láctico de acuerdo a las medias de intervalos de confianza.

Fuente: Los Autores

La mayor producción de ácido láctico se obtuvo con las menores temperaturas a las cuales se expusieron los tratamientos (Nivel 1, Media 0.20 y Nivel 2, Media 0.20), mientras que el tratamiento expuesto a la mayor temperatura (Nivel 3, Media 0.09).

Los intervalos de confianza en los niveles 1 y 2 se sobreponen y el valor p para la temperatura en la tabla ANOVA indica que la diferencia entre las medias no es significativa.

3.3.4 VALORES INDIVIDUALES PARA LA OBTENCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO

La gráfica de valores individuales de los datos sobre obtención de ácido láctico muestra lo siguiente:

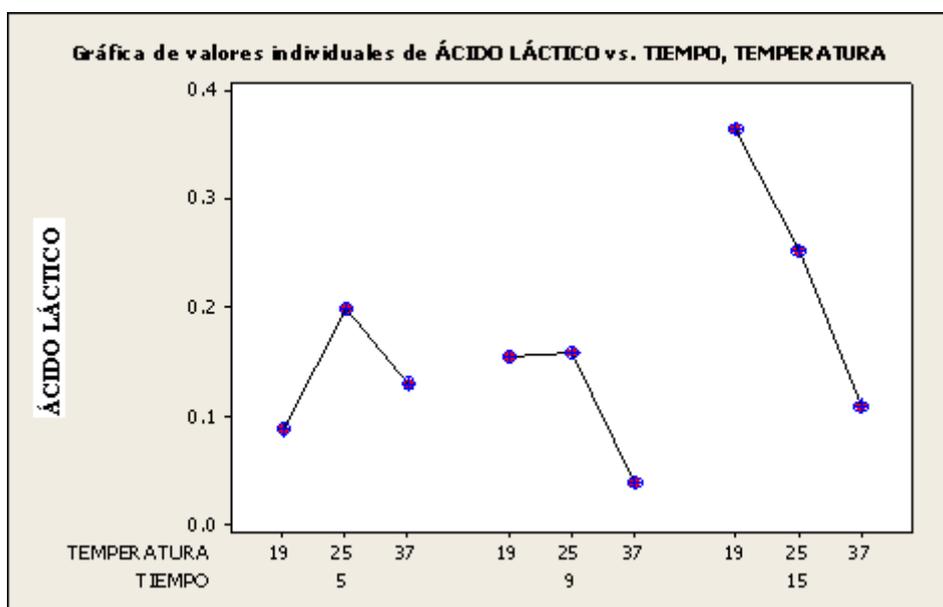


Ilustración 22. Grafica de valores individuales para la obtención de ácido láctico de acuerdo a la temperatura y al tiempo.

Fuente: Los Autores

- El inóculo realizado para la producción de ácido láctico colocado a una temperatura ambiente de 19 °C, asciende según aumenta el tiempo de retención.
- El inóculo realizado para la producción de ácido láctico colocado a una temperatura de 25°C no depende del tiempo de retención ya que no tiene un lineamiento definido de niveles.
- La producción de ácido láctico no es significativa cuando se coloca el inóculo a una temperatura de 37°C, en todos los tiempos de retención.

- Todo inóculo expuesto a 19°C produce ácido láctico a partir de los 25°C empieza a descender la producción existiendo un decaimiento casi total al llegar a 37°C.
- Al exponer el inóculo a una temperatura de 19°C durante 15 días se determina que existe mayor producción de ácido láctico

3.3.5 RESIDUO VERSUS AJUSTES

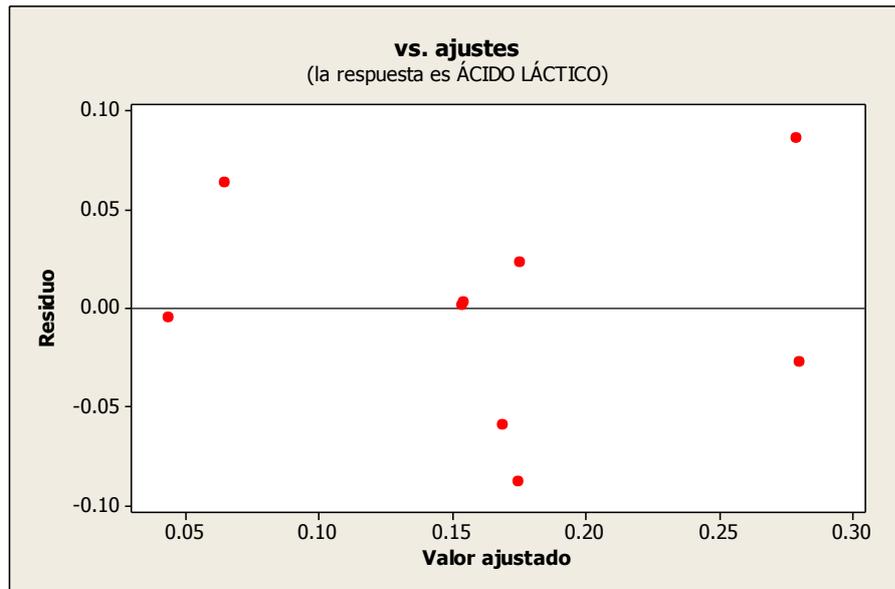


Ilustración 23. Residuos versus ajustes teniendo como respuesta la obtención de ácido láctico
Fuente: Los Autores

De acuerdo con la gráfica, los residuos parecen estar dispersos aleatoriamente alrededor de cero. No existe evidencia de varianza no constante, términos faltantes o valores atípicos.

3.3.6 RESIDUOS VERSUS ORDEN

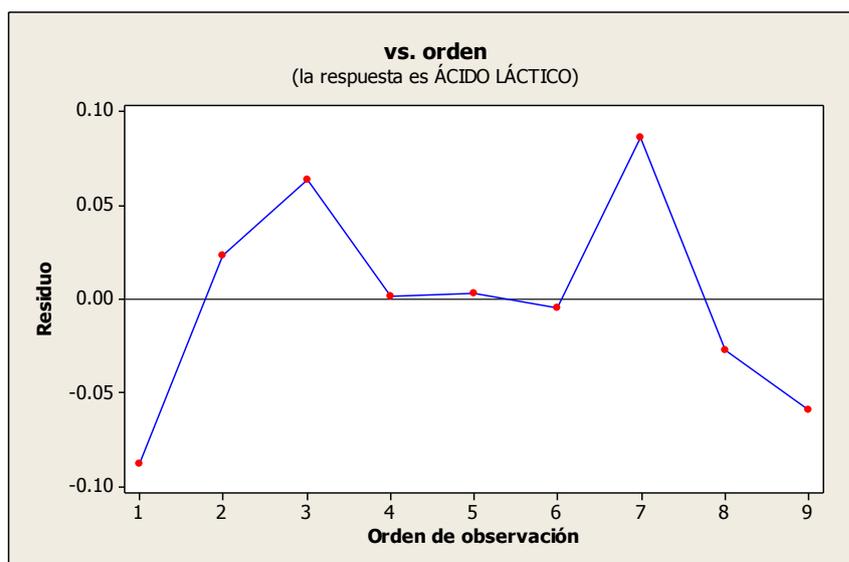


Ilustración 24. Residuos versus el orden de los tratamientos aplicados para la obtención de ácido láctico
Fuente: Los Autores

Para los datos sobre el manejo de tratamientos, los residuos no parecen estar dispersos aleatoriamente alrededor de cero. Existe evidencia de que los términos de error están correlacionados entre sí.

3.3.7 RESIDUOS VERSUS NIVELES

3.3.7.1 RESIDUOS VERSUS TEMPERATURA

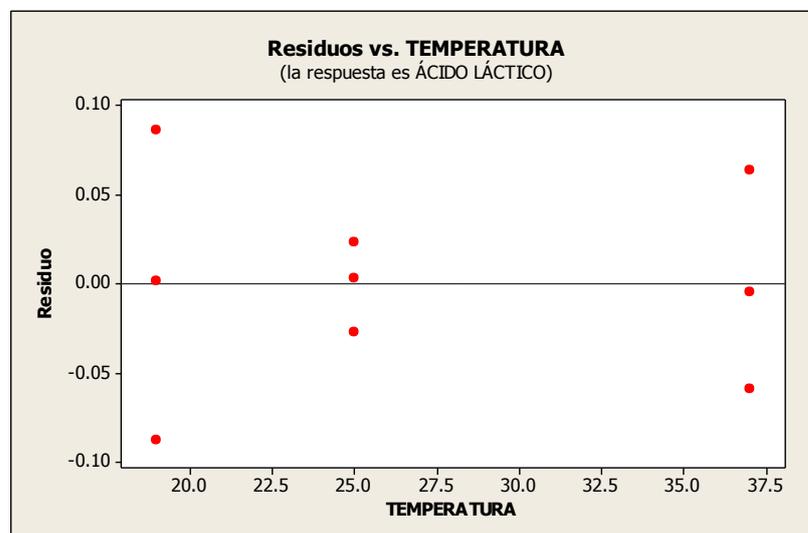


Ilustración 25. Variabilidad de acuerdo a la temperatura que se expusieron los inóculos para la obtención de ácido láctico

Fuente: Los Autores

Para los datos sobre obtención de ácido láctico de acuerdo a los tratamientos, los residuos se graficaron en función de las temperaturas a las cuales fueron expuestas. La gráfica no revela ningún patrón fuerte, aunque aparentemente puede haber una leve tendencia a mayor variabilidad cuando se expone a una temperatura de 19 °C y a 37°C.

3.3.7.2 RESIDUOS VERSUS TIEMPO

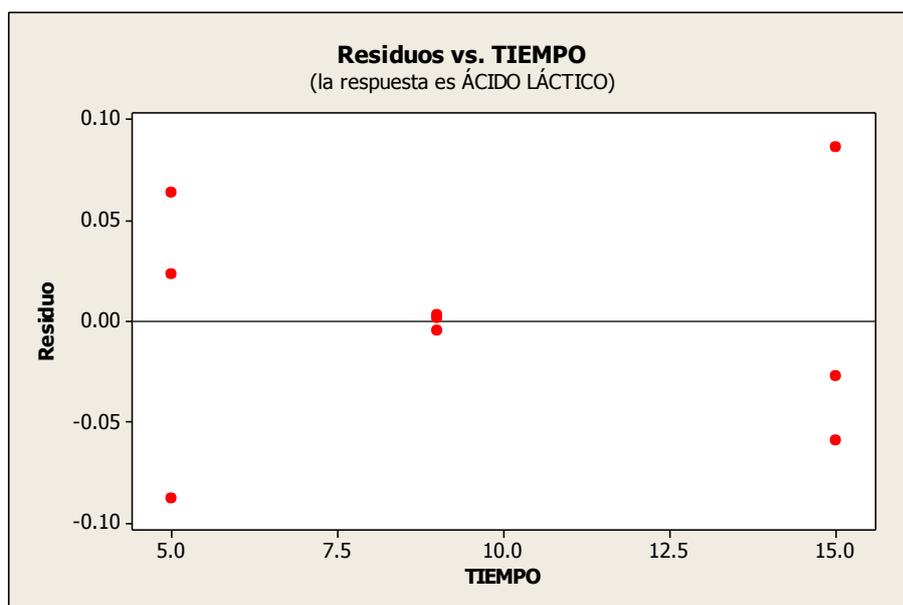


Ilustración 26. Variabilidad de acuerdo al tiempo de retención al cual se expusieron los inóculos para la obtención de ácido láctico.

Fuente: Los Autores

Para los datos sobre obtención de ácido láctico de acuerdo a los tratamientos, los residuos se graficaron en función de los tiempos de retención a los cuales fueron expuestos. La gráfica revela un patrón fuerte el mismo que es el de 9 días acercándose más alrededor de cero, mientras que existe mayor variabilidad cuando se exponen los tratamientos a un tiempo de retención de 5 y 15 días.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- En el momento de realizar la siembra de la bacteria *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830), se hizo en medio Agar TSA y en medio Agar Nutritivo, teniendo mejores resultados de crecimiento en el medio Agar Nutritivo.
- La temperatura a la cual se expuso la bacteria *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830), después de ser sembrada no fue la adecuada ya que se encontraba a 19°C y no se desarrolló de inmediato, después se colocó en una estufa a 25°C y la cepa de bacteria creció en tres días.
- Cuando realizamos la identificación de la bacteria *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830), determinamos sus características fisiológicas y morfológicas, reconociendo su estructura y afirmando el desarrollo de la bacteria.
- Realizamos el conteo de la bacteria *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830), registrando un valor de 3.72 UFC/ml, siendo este determinante para realizar el inóculo de cada uno de los tratamientos ya que la fermentación del mismo depende del desarrollo de la bacteria.
- Al realizar los tratamientos de fermentación se pudo observar la degradación del inóculo ya que existían menor cantidad de solución según pasaban los días a los cuales fueron expuestos los tratamientos, determinando que si había actividad degradante por parte de la bacteria.
- Después de los tiempos determinados de tratamiento, se procedió a realizar, la separación de ácido láctico del inóculo fermentado por el método de destilación, obteniendo ácido láctico y como residuo, los almidones de papa (*Solanum Tuberosum L*).
- Se realizaron los análisis para determinar la obtención de ácido láctico, los mismos que nos proporcionaron efectos de producción, teniendo como mejor resultado el del tratamiento No. 7 con 0.365% de ácido láctico libre.

- Para el análisis estadístico se utilizó el diseño en bloque completamente al azar, ya que este modelo era el que más se adaptaba al desarrollo de los tratamientos, teniendo como factor de respuesta es el ácido láctico y los niveles a considerar: el tiempo de retención y la temperatura.
- Verificando los efectos principales en la producción de ácido láctico se determina que la mayor producción se obtuvo cuando los tratamientos se expusieron a menores temperaturas, ya que la temperatura a la cual debe estar expuesta la *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC®7830), es de hasta 30°C por lo tanto a una temperatura de 37° la cepa murió y ya no existió degradación del medio para la producción de ácido láctico.
- Al realizar el ANOVA de los datos utilizados en la investigación indica que la diferencia entre las medias no es significativa, verificando según los intervalos de confianza en todos los niveles, por lo tanto se acepta la hipótesis 0 la misma que indica:
 - La temperatura no es un factor que influye en la producción de ácido láctico
 - El tiempo de retención no influye en la producción de ácido láctico

RECOMENDACIONES

- En el momento de adquirir una cepa de bacteria pura, como en este caso (*Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* ATCC®7830); se debe tener en cuenta las condiciones a las cuales se va a exponer la misma ya que debe ser refrigerada manteniéndola en un ambiente frío para que se encuentre en buenas condiciones.
- Cuando se procede a sembrar la cepa, es preferible buscar el medio adecuado, de acuerdo a las características de la misma, ya que al no sembrar en un medio adecuado para la bacteria no se desarrollaría y se podría perder la sepa pura.
- Para realizar un estudio investigativo, se debe determinar primero el modelo estadístico que se va a utilizar, y de acuerdo a ello realizar los tratamientos correspondientes para tener resultados correctos en el momento de la aplicación del modelo.
- Dado que en el desarrollo de los tratamientos realizados se obtuvo ácido láctico, se recomienda poner en consideración para futuras investigaciones

PROYECCIÓN FUTURA

Tomar como referencia este estudio para la producción de ácido poliláctico con propósitos de obtener un material biodegradable, de esta manera se contribuye a mitigar el impacto ambiental causado por polietilenos o plásticos que en la actualidad constituyen una problemática ambiental.

ANEXOS

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Ácido Láctico: es un compuesto químico que desempeña importantes roles en diversos procesos bioquímicos, como la fermentación láctica.

Anaerobio: Dicho de un organismo: que puede vivir sin oxígeno.

Almidón: Hidrato de carbono que constituye la principal reserva energética de casi todos los vegetales. Tiene usos alimenticios e industriales.

Bacteria: Microorganismo unicelular procarionte, cuyas diversas especies causan las fermentaciones, enfermedades o putrefacción en los seres vivos o en las materias orgánicas.

Biodegradable: Dicho de un compuesto químico: Que puede ser degradado por acción biológica.

Biorreactor: Es un recipiente o sistema que mantiene un ambiente biológicamente activo, llevando a cabo un proceso químico que involucra organismos o sustancias bioquímicamente activas derivadas de dichos organismos. Este proceso puede ser aeróbico o anaeróbico.

Destilar: Separar por medio del calor, en alambiques u otros vasos, una sustancia volátil de otras más fijas, enfriando luego su vapor para reducirla nuevamente a líquido.

Fermentar: Dicho de los hidratos de carbono: Degradarse por acción enzimática, dando lugar a productos sencillos.

Microorganismos: derivado de (micro- y organismo). m. microbio.

***Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus ATCC®7830*:** nombre común con el que se conoce a las colonias de las bacterias *Lactobacillus Bulgaricus*, las cuales son

conglomerados de bacterias lácticas y levaduras de asociación simbiótica estable embebidas en una matriz de polisacáridos, cuyo tamaño varía de entre 5mm y 2.5 mm; de consistencia elástica y de color blanco-amarillento (Ulloa- Lappe, (1993))¹⁵⁵.

Papa: Parte de un tallo subterráneo, o de una raíz, que engruesa considerablemente, cuyas células se acumula una gran cantidad de sustancias de reserva.

Plástico: Capaz de ser modelado.

Recursos Renovables: Medio de clase orgánica, en caso de necesidad, sirve para conseguir lo que se pretende, pudiendo obtener de manera consecuyente.

UFC: Es un valor que indica el grado de contaminación microbiológica de un ambiente. Expresa el número relativo de microorganismos de un taxón determinado en un volumen de un metro cúbico de agua.

¹⁵⁵Ulloa, M. Y P. Lappe. 1993. Primer Estudio Microbiano Y Estructural Con Microscopía Electrónica De Barrido, De Los Búlgaros Microbiogelgas Utilizadas En México Para Fermentar Leche. UNAM. México, D.F.

BIBLIOGRAFÍA

BATES, Robert B.; Schaefer, John P. 1977. **Técnicas de investigación en química orgánica**. Edit. Prentice Hall Internacional. Madrid. 1a. impresión. 127 p. ilustr. Y tablas.

BLAIR, R. Clifford; Taylor, Richard A. 2008. **Bioestadística**, Pearson Educación. México.

CALLE, JHON.2006. **Energías renovables**. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca. Módulo VIII; 101 p. ilustr.

CHANG, Raymond.2007. **Química**. McGraw - Hill. México. 9a. ed. 1063; I-14 p. ilustr.

GUTIÉRREZ Pulido, Humberto; Vara Salazar, Román De La. 2008. **Análisis y diseño de experimentos**. McGraw Hill. México. 2a. 545 p. Tablas.

HELLERICH.Harsch.Haenle.1989. **Guía De Materiales Plásticos, Propiedades ensayos parámetros**. Hanser Editorial.

ELÍAS, H.G. 1984. **Macromoleculas**. Ed. Plenum

LEVIN, MORRIS A.; GEALT, MICHAEL A. 1997. **Biotratamiento de residuos tóxicos peligrosos: selección, estimación, modificación de microorganismos y aplicaciones**. McGraw-Hil. Madrid. 338 p. ilustr, tpls.

NOYOLA, A. 1996. **Anaerobic Technology as a Tool for the Sustainable Environment; the contex of México**. México: UNAM.

PARSONS, DAVID B. 1999. **Papas. Manuales para educación agropecuaria: producción vegetal**. No. 17. Editorial Trillas. México. 54 p. ilustr.

RECALDE Laca Salustiano; López Gracia, Ricardo. 1959. **Gran industria química: industrias orgánicas de síntesis/ Artes Gráficas Grijelmo**. Bilbao. T. VII-VIII. Figs. Es.

RODRÍGUEZ de Stouvenel. 2005. **Producción Biotecnológica De Ácido Láctico**. Sema Crock.

Rev. Peru. Biol. 2007. **Producción de ácido láctico por “*Lactobacillus plantarum*” L10 en cultivos batch y continuo**. Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM.

PAGINAS WEB

- www.monografias.com
- www.google.com
- www.mma.es
- www.wikipedia.org
- www.ups.edu.ec