

**OBTENCION DE ALCOHOL ETILÍCO A PARTIR DE RESIDUOS
PROVENIENTES DEL PROCESO DE FABRICACION DE GASEOSAS, EN
UNA EMPRESA DE ALIMENTOS, UBICADA EN SAN JOSÉ DE FONTIBON**

**PRESENTADO POR
CHRISTIAN HERNAN DUARTE COLMENARES
JUAN RICARDO QUINTERO GOMEZ**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
INGENIERIA AMBIENTAL
2015**

**OBTENCION DE ALCOHOL ETILÍCO A PARTIR DE RESIDUOS
PROVENIENTES DEL PROCESO DE FABRICACION DE GASEOSAS, EN
UNA EMPRESA DE ALIMENTOS, UBICADA EN SAN JOSÉ DE FONTIBON**

PRESENTADO POR

**CHRISTIAN HERNAN DUARTE COLMENARES
JUAN RICARDO QUINTERO GOMEZ**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

Msc. GERMÁN CASTRO PINTO

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ
2015**

TABLA DE CONTENIDO

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	9
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	9
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	6
4.1 JUSTIFICACIÓN.....	6
5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
5.1 MARCO TEORICO.....	7
5.1.1 DEFINICIÓN E HISTORIA DE LA FERMENTACIÓN.....	7
5.1.1.1 FERMENTACION ALCOHOLICA.....	7
5.1.2 DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS DE GASEOSAS EN LA PLANTA IFF.....	8
5.1.3 PROPUESTA DE TRATAMIENTO PARA LOS RESIDUOS DE GASESOAS IFF.....	8
5.1.4 GENERALIDADES DEL PROCESO DE DESTILACIÓN.....	9
5.1.5 LAS BEBIDAS GASEOSAS, COMPOSICION Y CARACTERISTICAS DE SUS INGREDIENTES.....	10
5.1.5.1 ¿Cuál es la composición de las bebidas gaseosas?.....	10
5.1.6 Determinación de muestras apropiadas para el crecimiento microbiano y la producción etanólica.....	13
5.1.6.1 Cuantificación y clasificación de los residuos azucarados.....	14
5.1.6.2 Agua con Azucares de Bebidas Gaseosas.....	14
5.1.6.3 Concentrado o emulsión.....	14
5.1.7 Proceso de destilación simple para el producto obtenido, con el fin de conseguir alcohol etílico con una concentración adecuada para las normas de uso industrial.....	14
5.1.7.1 Corrección de la Temperatura con el método Crafts.....	15
5.2 MARCO LEGAL.....	16
5.3 MARCO HISTÓRICO.....	16
5.3.1 FUNDAMENTOS DE LOS RESPAL EN EL SECTOR DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.....	16
5.3.2 ¿Por qué los alimentos artificiales?.....	18
5.3.3 ¿Por qué los edulcorantes?.....	18
6. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	19
6.1 ESTUDIO CORRELACIONAL.....	19
7. DISEÑO METODOLOGICO.....	19
7.1 Condiciones de Cultivo.....	20
7.1.3 Aplicación de levaduras con Residuos de Gaseosa.....	21
7.2 Diseño de un sistema de biorreactores de prueba adecuado para la	

fermentación eficiente de los residuos de gaseosa.....	24
7.2.1 Elaboración del Reactor (Fermentador)	24
7.2.2 Diseño del Reactor a Escala Industrial.....	25
Altura total	27
7.3 Análisis fisicoquímico para verificar la Presencia y concentración del alcohol obtenido y presencia de impurezas- Método Cromatografía de Gases	29
7.4 ANÁLISIS Y RESULTADOS	30
7.4.1 Fase de Elaboración del Blanco para destilación	30
7.5. PROCESAMIENTO DE MUESTRAS POSTERIOR A LA FERMENTACIÓN ETANÓLICA	30
7.5.1. RESIDUOS DE GASEOSA	30
7.5.2 ANÁLISIS POR CROMATOGRAFIA DE GASES	32
8. CONCLUSIONES.....	37
9. BIBLIOGRAFIA	38

INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Metodología para la recolección de muestras.....</i>	13
<i>Ilustración 2. Comportamiento de los Alcoholes en función de la Presión Atmosférica y la temperatura(TECNOLOGICA, 2013)</i>	15
<i>Ilustración 3. Hornos incineradores de PROSARC, fuente los Autores.....</i>	17
<i>Ilustración 4. Molécula de Stevia y su aplicación en el mercado(Zamora, 2015).</i>	18
<i>Ilustración 5. Algunas formas de crecimiento en función del Oxígeno o sin el (Gerard, 2004).....</i>	21
<i>Ilustración 11. Uno de los investigadores preparando la muestra.</i>	22
<i>Ilustración 12. Montaje de Muestras con levaduras de la Empresa IFF. Después de 24h.</i>	23
<i>Ilustración 13. Fermentación de Residuos de Gaseosa después de 24 horas..</i>	23
<i>Ilustración 6. Reactor con fondo Cónico para Sólidos(Ballera V., Fernández, Serna C., Domènech S., & López de León, 2010)</i>	25
<i>Ilustración 7. Diseño de reactor industrial propuesto para una capacidad de 160m³.....</i>	26
<i>Ilustración 8. Trazo de puntos en donde se realizaría la instalación de las partes, e instalación final.....</i>	29
<i>Ilustración 9. Recolección de la muestra, para el proceso de destilación.</i>	29
<i>Ilustración 10. Proceso de destilación del Blanco.</i>	30
<i>Ilustración 14. Estándares de Evaluación de Cromatografía de Gases</i>	33
<i>Ilustración 15. Cromatograma de los residuos de Gaseosa (Jarabes).....</i>	33
<i>Ilustración 16. Tabla de Densidades y pesos específicos para hallar la concentración, tomada del libro AOAC Official Methods of Analysis 1984.</i>	34
<i>Ilustración 17. Gráfica de Azúcares en función del Tiempo.....</i>	35

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Clasificación del marco legal del proyecto.</i>	16
Tabla 2. Levaduras usadas en la empresa.	21
<i>Tabla 3. Consideraciones para diseño de Tanques (Inide, 2005).</i>	26
Tabla 4. Datos obtenidos del rendimiento de la destilación.	32
Tabla 5. Aspectos del desarrollo sostenible, aplicados al proyecto.	37

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la planta de alimentos, International Flavors & Fragrances - (IFF) de San José de Fontibón se generan residuos de gaseosas los cuales tienen un alto contenido de azúcares y algunas veces edulcorantes. Actualmente se les da un tratamiento térmico por incineración lo que produce vapores en el ambiente, generando impactos al mismo por ejemplo la contaminación de los ecosistemas acuáticos como los humedales, el humedal Capellanía y el meandro del Sai, Esto se debe a que algunas partículas disueltas en el aire son susceptibles a ser transportadas por el viento y por tanto afectar no solo el ambiente inmediato sino también a las comunidades cercanas, quienes también sufren daños en su infraestructura.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es posible la obtención de alcohol etílico a través de la fermentación de los residuos provenientes de la industria de gaseosas (también denominados Jarabes) para darles un aprovechamiento y mitigar los impactos ambientales que genera su disposición final?

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 OBJETIVO GENERAL

Obtener alcohol etílico a partir de los residuos provenientes del proceso de fabricación de gaseosas mediante fermentación microbiana anaeróbica usando cepa de levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Con el fin de utilizar este alcohol en las formulaciones y en actividades de limpieza de la empresa.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar los residuos de gaseosa generados usando una báscula , e iniciar un proceso de clasificación y acopio adecuado de los mismos
- Diseñar un biorreactor de prueba adecuado para la fermentación eficiente de estos residuos. Con el fin de fermentar a gran escala en las filiales.

- Realizar un proceso de destilación, con el fin de obtener alcohol etílico, para incorporarlo al ciclo productivo.
- Caracterizar el alcohol obtenido por medio de cromatografía de gases, con el fin de conocer su concentración y aplicarlo a otros procesos de mayor utilidad en la empresa.

4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INFORMACIÓN

4.1 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto surge como una alternativa para el tratamiento y aprovechamiento de residuos de alimentos ricos en azúcares, ácidos grasos, gomas y almidones que actualmente son destruidos mediante tratamiento térmico. Debido a que en este proceso algunos de ellos emiten vapores muy tóxicos que afectan directamente el entorno laboral de los operarios del horno incinerador (Antioquia, 2007)

La emisión de vapores es un problema común que se da en el entorno cotidiano, sobre todo en las grandes industrias, tal cual como ocurre en la compañía ubicada en Fontibón que se presenta en este proyecto denominada International Flavors and Fragrances (IFF), en donde se emiten vapores como producto de la incineración, y como consecuencia de la misma se produce material particulado, el cual es el causante de enfermedades respiratorias y daños al medio ambiente.

Así mismo las enfermedades respiratorias, son causadas en gran parte por material particulado constituyen la primera causa de atención por enfermería, consulta médica y ausentismo o incapacidad laboral en la mayoría de las poblaciones trabajadoras. Las inflamaciones de las vías respiratorias como rinitis, faringitis laringitis, bronquitis, traqueítis, neumonías, son enfermedades de alta ocurrencia en los espacios urbanos donde viven y trabajan las personas. (OMS, 2014)

Sin embargo la incineración no es el único factor a tener en cuenta ya que también se presentan vertimientos de los residuos de gaseosas, los cuales generan daños sobre las infraestructuras de las viviendas cercana, debido a la corrosión que genera en los materiales como por ejemplo la edificaciones donde estén presentes elementos como el acero y el aluminio (Antioquia, 2007)

Aparte de estas estas problemáticas ambientales, en la actualidad la empresa alimentos de San José de Fontibón (IFF Sabores y Fragancias S.A.S.) tiene una alta demanda de alcohol etílico, el cual es suministrado por ETALMAG SA (Etanoles del Magdalena). Este alcohol es extraído a partir de la caña de azúcar *Saccharum officinarum*, especie heliófila (que requiere gran intensidad de luz solar) por lo que sus cultivos tienen un fuerte impacto ambiental sobre el suelo, pues muchas veces no se hace un manejo agroforestal, sino que simplemente se talan los bosques nativos y se reemplazan por monocultivos que aumentan la susceptibilidad del suelo a la erosión y a la descomposición los ciertos nutrientes termolábiles por la acción solar (Ortega-P, Sc, A Garcia Guerrero, 2010)

Adicionalmente, con esta situación se está desperdiciando el potencial de aprovechamiento de estos residuos (saborizantes y edulcorantes) con los

cuales es posible la obtención de alcoholes como el etanol, como alternativa económica reemplazando diversos productos contaminantes en dicha compañía.

5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 MARCO TEORICO

5.1.1 DEFINICIÓN E HISTORIA DE LA FERMENTACIÓN

Desde el panorama histórico de la tradición judeo cristiana, se habla de la fermentación, por ejemplo, en Job 32:19 dice “de cierto mi corazón esta como el vino que no tiene respiradero y que hace reventar los odres nuevos” (*Santa Biblia*, Ed. 1960). En este versículo escrito hacia el siglo V a.C. observamos una ilustración concerniente a la práctica para la obtención del vino en los pueblos del medio oriente incluyendo las catas de vino.

Desde una perspectiva más técnica, la fermentación se define como un proceso de reacción catabólica en ausencia de oxígeno, que permite romper los enlaces covalentes de azúcar $C_{12}H_{22}O_{11}$ y otros componentes para producir metabolitos energéticos primarios y secundarios que pueden ser de interés industrial. En su desarrollo se deben tener en cuenta variables como el tipo y el dimensionamiento del reactor a utilizar, las características de(los) sustrato(s), enriquecimiento, cepas de microorganismos empleados, el tiempo del proceso, la inocuidad de los reactores, así como controlar variables como la temperatura y la presión (Azcapotzalco & Consejo, 2007).

5.1.1.1 FERMENTACION ALCOHOLICA

La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico realizado por las levaduras y algunas clases de bacterias. Estos microorganismos transforman el azúcar en alcohol etílico y dióxido de carbono (CO_2). La fermentación alcohólica, comienza después de que la glucosa entra en la celda. La glucosa se degrada en un ácido pirúvico. Este ácido pirúvico se convierte luego en CO_2 y etanol. Los seres humanos han aprovechado este proceso para hacer pan, cerveza, y vino. En estos tres productos se emplea el mismo microorganismo que es: la levadura común o lo *Saccharomyces cerevisiae* (Guevara, Arenas, Mejía, & Peláez, 2012)

5.1.2 DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS DE GASEOSAS EN LA PLANTA IFF

Como se ha mencionado anteriormente en la justificación de este proyecto, las emisiones producto de la incineración generan graves impactos tanto al medio ambiente como también a la salud del individuo.

Adicional a estas problemáticas ambientales, en la actualidad la empresa alimentos de San José de Fontibón (IFF Sabores y Fragancias S.A.S.) tiene una alta demanda de alcohol etílico, el cual es suministrado por ETALMAG SA (Etanoles del Magdalena). Este alcohol es extraído a partir de la caña de azúcar *Saccharum officinarum*, especie heliófila (que requiere gran intensidad de luz solar) por lo que sus cultivos tienen un fuerte impacto ambiental sobre el suelo, pues muchas veces no se hace un manejo agroforestal, sino que simplemente se talan los bosques nativos y se reemplazan por monocultivos que aumentan la susceptibilidad del suelo a la erosión y a la descomposición los ciertos nutrientes termolábiles por la acción solar (Ortega-P, Sc, A Garcia Gueero, 2010)

Por otro lado los residuos de gaseosa son vertidos indiscriminadamente a través de las rejillas que conducen estos residuos como “aguas residuales” los cuales son ácidos y ricos en azúcares.

5.1.3 PROPUESTA DE TRATAMIENTO PARA LOS RESIDUOS DE GASESOAS IFF

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado es fácil entender ¿por qué los residuos generados en la industria de alimentos tienen un gran potencial de aprovechamiento? Recientes investigaciones recientes de grandes Doctores , como Ávila (2012) muestran que a través de la fermentación de estos residuos se puede obtener alcohol (Küçük & Ceylan, 1998)Se utilizaran los residuos provenientes de la industria del proceso de fabricación de gaseosas, ya que se ha comprobado que estos residuos poseen un potencial rico en azúcares que pueden ser totalmente aprovechables. Así mismo, es importante resaltar que este tipo de procesos propenden por la dinamización de la bioeconomía, en lo concerniente a la culminación del ciclo de vida de los insumos de alimentos.

Por lo tanto para llevar a cabo el proceso es necesario el uso de microorganismos para la transformación (Moreno, 2011) de moléculas complejas rompiendo los enlaces de azúcar y obtener alcohol mediante procesos fermentativos. Para ello es recomendado el uso de levaduras por ejemplo las *Saccharomyces* ya que requieren bajas concentraciones de

nitrógeno, realizan fermentaciones completas, efectivas y a bajas temperaturas (10°C-13°C) (Gerard, 2004).

5.1.4 GENERALIDADES DEL PROCESO DE DESTILACIÓN

La destilación es un método comúnmente utilizado para la purificación de líquidos y la separación de mezclas con el fin de obtener sus componentes individuales.

La destilación es una técnica de separación de sustancias que permite separar los distintos componentes de una mezcla (Generalmente mezclas líquidas). Esta técnica se basa fundamentalmente en los puntos de ebullición de cada uno de los componentes de la mezcla. Cuanto mayor sea la diferencia entre los puntos de ebullición de las sustancias de la mezcla, más eficaz será la separación de sus componentes; es decir, los componentes se obtendrán con un mayor grado de pureza.

La técnica consiste en calentar la mezcla hasta que ésta entra en ebullición. A medida que la mezcla se calienta, la temperatura aumenta hasta que alcanza la temperatura de la sustancia con punto de ebullición más bajo mientras que los otros componentes de la mezcla permanecen en su estado original. A continuación los vapores se dirigen hacia un condensador que los enfría y los pasa a estado líquido. El líquido destilado tendrá la misma composición que los vapores y; por lo tanto, con esta sencilla operación habremos conseguido enriquecer el líquido destilado en el componente más volátil (el de menor punto de ebullición). Por consiguiente, la mezcla sin destilar se habrá enriquecido con el componente menos volátil (el de mayor punto de ebullición).

La destilación se utiliza ampliamente en la industria, permitiendo procesos como la obtención de bebidas alcohólicas, refinado del petróleo, obtención de productos petroquímicos de todo tipo y en muchos otros campos. Es uno de los procesos de separación más extendidos (Uribe, 2006)

Finalmente, la destilación es un proceso de transformación de una sustancia por diferenciales de temperatura requiere el control de variables como la temperatura, el caudal, pues se pueden volatilizar algunos componentes si el flujo del agua varía durante la refrigeración del condensador (Del & Álvarez, 2014).

5.1.5 LAS BEBIDAS GASEOSAS, COMPOSICION Y CARACTERISTICAS DE SUS INGREDIENTES

En la Actualidad Las gaseosas son el mercado con mayor preferencia de consumidores, esto a nivel mundial, especialmente entre la población joven. El consumo comienza a muy temprana edad y aumenta durante la adolescencia.

Se las conoce en diferentes países como gaseosa, refresco, refresco con gas, soda o soft drink, Son bebidas saborizadas, efervescentes sin contenido de alcohol.

El consumo desenfrenado de estas bebidas representa un problema importante para nuestra salud, no sólo por lo que contienen, sino también por los alimentos que desplaza de la dieta. El consumo importante de gaseosas se asocia a una ingesta más baja de numerosas vitaminas, minerales y fibra.

Son un factor de riesgo importante para la salud en general, ya que contribuyen, sin lugar a dudas, con el sobrepeso y la obesidad. A su vez, aumentan el riesgo de osteoporosis, problemas dentales, renales y cardíacos entre otras enfermedades(Care, 2013).

5.1.5.1 ¿CUÁL ES LA COMPOSICIÓN DE LAS BEBIDAS GASEOSAS?

Normalmente, las gaseosas contienen agua, azúcar, edulcorantes artificiales, ácidos (fosfórico, cítrico, málico, tartárico), cafeína, colorantes, saborizantes, dióxido de carbono, conservantes y sodio

A continuación describiremos los componentes más importantes de las gaseosas y sus efectos individualmente:

- Agua: el agua es el mayor ingrediente y representa el 90% o más de las bebidas gaseosas. Típicamente utilizan agua destilada o filtrada por osmosis inversa o nanofiltración, por tanto prácticamente se elimina su contenido de minerales.

- Azúcar: las gaseosas contienen gran cantidad de azúcar refinada. Una lata de 325 ml de bebida no dietética, contiene alrededor de 33 gramos de azúcar (carbohidratos de absorción rápida), el equivalente a 11 cucharitas de té. Azúcar refinada se refiere al azúcar blanca (sucrosa) o al almíbar de maíz con alta fructosa. La alta ingesta de azúcar produce problemas dentales y aumenta el riesgo de sufrir de diabetes, cardiopatías, obesidad, sobrepeso y osteoporosis entre otras enfermedades.

- Edulcorantes artificiales: las bebidas gaseosas dietéticas o de calorías reducidas contienen edulcorantes artificiales de bajas calorías. Entre ellos se destaca el aspartamo, acesulfamo-k y la sacarina.

* Aspartamo (Nutrasweet/Equal): es 200 veces más dulce que el azúcar, por eso se utiliza en poca cantidad para endulzar la gaseosa.

* Acesulfamo-K (Sweet One): es 100-200 veces más dulce que el azúcar, con un gusto residual un tanto amargo. De acuerdo a estudios, no se aconseja su consumo ya que diversos análisis en animales han mostrado su potencial carcinogénico

* Sacarina (Sweet'N Low/Sugar-Twin): es un edulcorante no nutritivo que es 300 veces más dulce que el azúcar. Al igual que el acesulfamo, estudios en animales de experimentación han demostrado que superando ciertas dosis diarias este puede ser causa cáncer.

- Ácidos: la mayoría de las bebidas gaseosas contienen ácidos: cítrico, fosfórico, málico y tartárico. Estos ácidos proporcionan esa sensación refrescante y al mismo tiempo preserva la calidad y el dulzor de la bebida. El pH promedio de las bebidas gaseosas es de 2.4 unidades.

* Ácido fosfórico: crea un medio ácido que mejora la absorción del dióxido de carbono, reduciendo la presión que genera el dióxido de carbono y permitiendo así el embotellamiento. El ácido fosfórico tiene un sabor amargo que es compensado con el agregado de azúcar. Está relacionado con la pérdida de calcio.

* Ácido cítrico: es un acidulante usado para complementar sabores frutados en las bebidas. Mantiene los niveles de pH bajos, impidiendo el crecimiento de organismos. Es uno de los ácidos más erosivos para los dientes. Hoy en día, el ácido cítrico se obtiene industrialmente a partir del maíz y no de frutos cítricos. Contiene MSG (glutamato de sodio) que puede ocasionar, en algunas personas susceptibles, dolores de cabeza, dolor de pecho, náuseas, etc.

- Cafeína: es una sustancia adictiva que mejora el sabor de la gaseosa. Estimula el sistema nervioso y aumenta la frecuencia cardíaca. Cuando se consume cafeína, temporariamente aumenta la capacidad de atención y disminuye la fatiga. Junto con el azúcar genera una conducta adictiva que perjudica nuestra salud. En una lata de gaseosas de 355 ml hay aproximadamente 40 mg de cafeína.

- Dióxido de carbono: responsable de las burbujas de la gaseosa, el dióxido de carbono se introduce al agua bajo presión. A medida que se agrega más dióxido de carbono, disminuye el pH, otorgando más acidez a la gaseosa y por lo tanto resulta más burbujeante. También se lo considera un conservante ya que genera un medio ácido que previene el crecimiento de microorganismos.

- Conservantes: son sustancias que preservan el gusto y el sabor y conservan la bebida por más tiempo, inhibiendo o deteniendo el crecimiento de

microorganismo como hongos y bacterias. El exceso de preservativos puede causar asma, erupciones en la piel e hiperactividad.

Los conservantes más usados son:

* Dióxido de sulfuro (E220): es el más efectivo. Previene que las bebidas cítricas se oxiden y no cambien su color (que no viren al marrón). No puede ser usado en bebidas que son envasadas en contenedores de aluminio, ya que el contacto del dióxido de sulfuro con el aluminio produce sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico) que es altamente tóxico.

* Benzoato de sodio (E211): es muy efectivo contra el crecimiento de levaduras y bacterias. Es difícil de disolver y tiene tendencia a precipitar en ácido benzoico. Bajo ciertas condiciones, reacciona con la vitamina C formando benceno, altamente tóxico para nuestro organismo por ser cancerígeno.

* Sorbato de potasio (E202): es menos efectivo que el benzoato de sodio ante ciertas bacterias. Es más efectivo en un medio menos ácido comparado al benzoato de sodio. Es muy costoso y puede suprimir el sabor de la bebida. Se usa mayormente en bebidas a base de té.

* Dicarbonato dimetil (E242): se considera una esterilizante frío. Se lo inyecta en el producto inmediatamente al ser embotellado, elimina microorganismos que pueden estar en los contenedores. Se lo usa mayormente en bebidas energizantes.

- Saborizantes: presentes en todas las bebidas gaseosas. Se obtienen de fuentes naturales o artificiales. Se usan para proporcionar un aspecto más amplio de sabores.

- Colorantes: hace que el producto final sea visualmente más agradable. Corrige las variaciones naturales de color durante el procesado o el almacenamiento y da la característica propia de color de cada bebida. Tienen efectos adversos en niños con hiperactividad. Uno de los colorantes más utilizados es el color caramelo.

- Sodio: el contenido de sodio está en el rango de 20 mg-100 mg por cada 240 ml, dependiendo del fabricante y del sabor (Durán A, Cordón A, & Rodríguez N, 2013).

5.2. METODOLOGÍA

5.2.1. DETERMINACIÓN DE MUESTRAS APROPIADAS PARA EL CRECIMIENTO MICROBIANO Y LA PRODUCCIÓN ETANÓLICA

La empresa de Fontibón, genera distintas corrientes de residuos como se muestra en la ilustración 1, por lo cual la metodología propone clasificar las muestras, para separarlas y que puedan realizarse muestreos y ensayos por separado. Dentro de la clasificación de las sustancias que contienen azúcares se encuentran 3 muestras.

Agua con azúcares de Gaseosas, normalmente en una proporción 1:1 ó 1:0.5 dependiendo de los grados °Brix que se requieran (cualquier marca, color y sabor)

Edulcorantes naturales y artificiales, con alto poder de “dulzor” pero bajo poder energético.

Residuos de sabor concentrado (llamados Emulsiones), estas sustancias son la base para la preparación de las gaseosas.

Para efectos de la fermentación se usaran los residuos de gaseosa y de emulsiones (o sabor concentrado) los edulcorantes se descartan puesto que representan un bajo poder calorífico y su producción con respecto a los anteriores es mínima.

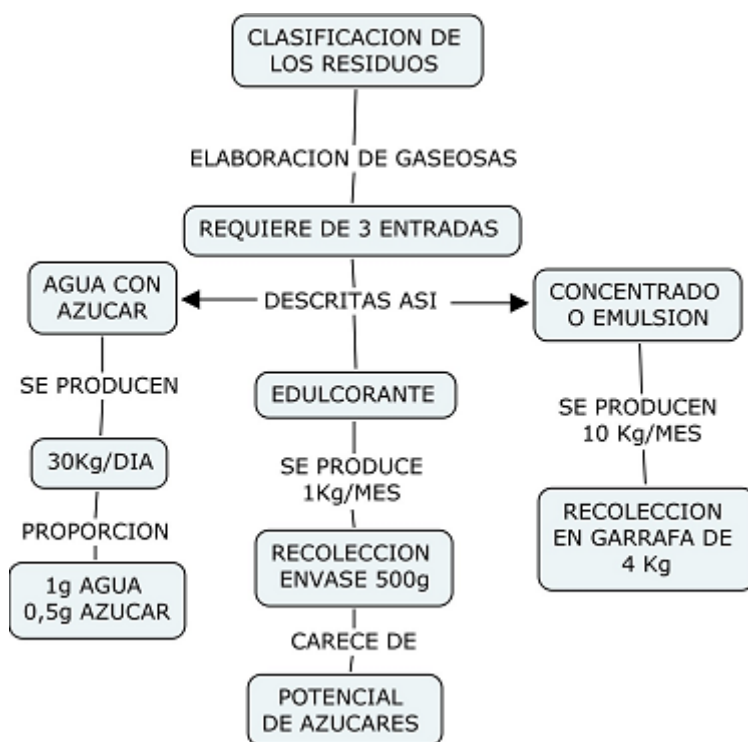


Ilustración 1. Metodología para la recolección de muestras

5.2.1.1. CUANTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS AZUCARADOS

Con el fin de no tener muestras alteradas, se deben segregar los residuos en la fuente para esto se usara un recipiente plástico de 100mL, debidamente rotulado, dicho recipiente debe mantenerse lejos del calor, con el fin de no generar oxidaciones, para el caso de los cítricos.

5.2.2. AGUA CON AZUCARES DE BEBIDAS GASEOSAS

Las muestras recolectadas de agua con azúcar para gaseosa presentan una concentración de azúcar de 11 °Brix (°Bx) por cada 100mL de agua, (0,5 gramos de azúcar por cada 4,1g de agua). Esta determinación se hace mediante el refractómetro y factores de formulación estipulados por los químicos industriales. La concentración de azúcar puede variar en función de las necesidades del cliente y de la normatividad vigente (Regulación CODEX y el decreto 2106/1983) que a la fecha fija este valor estándar. Los grados °Brix son la unidad de medida internacional utilizada para medir las concentraciones de azúcares en los productos y de esta forma no rebasar una dieta de 2000Kcal/día, con el fin de combatir los problemas de obesidad y sedentarismo (Chacón, 2010).

5.2.3 CONCENTRADO O EMULSIÓN

Estas muestras se recogerán en una garrafa plástica de 500g y se hará una determinación con el Refractómetro INDEX INSTRUMENTS GPR 11-37 para conocer su concentración en azúcares en función de los grados °Brix (°Bx).

5.2.4. PROCESO DE DESTILACIÓN SIMPLE PARA EL PRODUCTO OBTENIDO, CON EL FIN DE CONSEGUIR ALCOHOL ETÍLICO CON UNA CONCENTRACIÓN ADECUADA PARA LAS NORMAS DE USO INDUSTRIAL.

Luego de la fermentación es necesario separar la sustancia con el fin de obtener el alcohol, para esto se debe usar una destilación simple con una temperatura entre 70°C y 80°C (Azcapotzalco & Consejo, 2007) para no perder las sustancias termolábiles.

Paso 1. Colocar la muestra a separar en el balón esmerilado

Paso 2. Colocar el condensador y las corrientes de agua

Paso 3. Colocar temperatura con un mechero Bunsen o plancha Térmica

Paso 4. Mantener condiciones constantes

Paso 5. Controlar tiempo de destilación

Paso 6. Recoger la muestra.

Paso 7. Análisis o caracterización de la muestra

5.2.5. CORRECCIÓN DE LA TEMPERATURA CON EL MÉTODO CRAFTS

Hay que tener en cuenta que la temperatura de ebullición del alcohol, está en función de la presión atmosférica.

Una forma de comprender el comportamiento de la sustancia es a través de la siguiente ilustración.

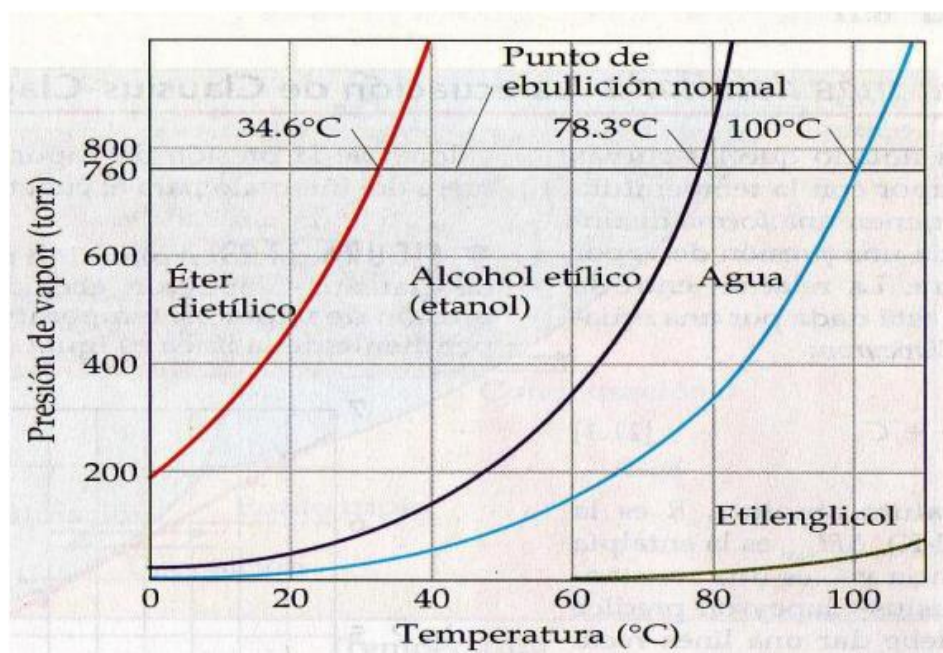


Ilustración 2. Comportamiento de los Alcoholes en función de la Presión Atmosférica y la temperatura (TECNOLOGICA, 2013)

Aplicación de la Formula de Crafts

$$\Delta t = (T + t) \cdot (760 - H) \cdot C$$

Dónde:

Δt = Corrección de temperatura (°C)

H = Presión exterior (mmHg)

T = Temperatura Absoluta (273°K)

t = Temperatura del punto de ebullición leído a la presión H

C = Constante en función del tipo de sustancia

Así:

C = 0,00012 para la mayoría de las sustancias

C = 0,00010 para agua, alcoholes y ácidos carboxílicos
 C=0,00014 para sustancias de p.eb. Muy bajo, por ej., oxígeno, amoníaco.

Aplicando la ecuación obtenemos

$$T=273^{\circ}\text{K}$$

$$t= 78^{\circ}\text{C}= K= C+273.15= K=78+273.15=351.15$$

$$c=0,00012$$

$$H=560\text{mmHg}$$

$$p. \text{ eb. } = [273 + p. \text{ eb.}(a \text{ HmmHg})] \cdot (760 - H) \cdot 0,00012$$

$$\Delta t = (273.15+78) \cdot (760\text{mmHg}-560\text{mmHg}) \cdot 0,00012$$

$$\Delta t = 8.4$$

5.2 MARCO LEGAL

Componente	Tipo	Descripción	Relación	Criterio de manejo
Residuos Peligrosos	Decreto 4741/2005 Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.	Aplica por el uso de residuos generados en las gaseosas dispuestos como peligrosos	Establecimiento y seguimiento de procedimientos para la generación de los residuos peligrosos a partir de los residuos de gaseosas. En el que se pondrá a disposición de un laboratorio para sacar provecho de los mismos	La composición de los sabores artificiales, los cuales son corrosivos para la piel y los metales, según la IARC, sustancias como Acetaldehído, Bromo y alil isotioacianato.
Residuos Peligrosos	Resolución 1402/2006	Desarrollo de los residuos, en tema de los peligrosos o "desechos"	Aplica debido a la metodología que propone para la calcificación de los residuos peligrosos	Estos residuos peligrosos serán tratados y aprovechados para la obtención del alcohol. Algunos elementos importantes a tener en cuenta son: su clasificación, manejo u disposición. El objetivo fundamental es evitar la incineración de estos residuos para así a su vez prevenir impactos hacia el medio ambiente.
Procedimientos de laboratorio	Guías de laboratorios – Estándar Methods	Establece una serie de procedimientos para el tratamiento de muestras, almacenamiento y aplicación de técnicas	Aplica porque es necesario un procedimiento estándar para disminuir el error y el % de incertidumbre	Establecimiento de lineamientos para la caracterización y procedimientos de las muestras. En este caso los residuos que se generan a partir de las gaseosas y los residuos.

Tabla 1. Clasificación del marco legal del proyecto.

5.3 MARCO HISTÓRICO

5.3.1 FUNDAMENTOS DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN EL SECTOR DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS.

La evolución de los residuos peligrosos ha estado en función de la tecnología, en 1980 los costos de tratamiento aumentaron, por tal motivo los comerciantes de los residuos, enviaron los residuos a países en vías de desarrollo, esto genero la protesta la cual fue atendida con el Convenio de Basilea en 1989-1999.

Dentro de este marco el sector industrial y específicamente el sector de alimentos se generaron 18,576, 27 Ton/Año (2000) (MAVDT, 2005).

Desde el año 2000, la FILIAL IFF México empezó a realizar estudios sobre la disposición de sus residuos y sus impactos hacia los ecosistemas, fue desde esta filial que se enviaron sugerencias para el manejo de los temas ambientales, por lo cual se crea el "GREEN TEAM" para Colombia, conformado por un grupo interdisciplinario, con el objetivo de monitorear y generar nuevas propuestas para disminuir los impactos ambientales, también estableció metas como la disminución del consumo en recurso hídrico y energía eléctrica en un 20% anual,(Fragances, 2006) Posteriormente con el fin de darle un manejo adecuado a los residuos, a través del tratamiento térmico, se contrató a la empresa PROSAR S.A. esta empresa tiene transporte y tratamiento y las certificaciones reglamentarias, desde la ISO 9001, 14000 y OSHAS 18000.



Ilustración 3. Hornos incineradores de PROSARC, fuente los Autores.

En Colombia esta empresa genera 516kg/mes de residuos, dentro de ella existen bebidas gaseosas, con altos niveles de azúcares en un 40%, los concentrados de gaseosas en un 40% y los edulcorantes en un 10% por otro lado están los sabores artificiales compuestos por edulcorantes, agua y glicerina, además de los sabores de emulsiones que van en las bebidas. Por tanto se considera un gran generador, el cual debe hacerse cargo de los residuos Peligrosos. Según el marco legislativo.

5.3.2 ¿POR QUÉ LOS ALIMENTOS ARTIFICIALES?

Los alimentos artificiales se originan como respuesta a varias necesidades del mercado, el dulzor requerido por los jugos, la mezcla con fructosa, la vida útil que pueden desempeñar en el mercado y la asertividad en las preferencias del consumidor. Sin embargo mantener las propiedades de un jugo Natural y de cualquier alimento es complejo, ya que va presentar “sobre maduración” y finalmente se descompone, el tiempo de refrigeración no sería suficiente para la conservación, por esta razón se buscan sustitutos artificiales o sintéticos, que puedan brindar las mismas propiedades y sensaciones que los alimentos naturales (Fragances, 2006).

5.3.3 ¿POR QUÉ LOS EDULCORANTES?

El azúcar tiene como función potencializar el dulzor de algunos alimentos, sin embargo los malos hábitos de consumo, han generado problemas de obesidad e hipertensión, esto ha disparado demandas hacia las empresas productoras de gaseosas, por tal motivo se lanzan campañas en contra de la obesidad por parte de estas empresas, aunque esto signifique bajar el nivel anual de las ventas, sin embargo la OMS lo sugiere, por tal motivo se adoptan los edulcorantes, pues son bajos en calorías, pero poseen un gran poder endulzante, empiezan a usarse en la industria de alimentos con la Sacarina en 1879, posteriormente en Europa y Estados Unidos se sustituye este edulcorante por la Stevia (*Stevia rebaudiana*) de la familia de los *Cristantemoaceae*.

En la actualidad los edulcorantes son usados en Alimentos y bebidas y son declarados los productos que los contienen, esto como una referencia para poblaciones con el interés de cuidar su salud, personas con diabetes y aquellos que buscan controlar su peso.

Estas moléculas son muy peligrosas y complejas, muchas veces el cuerpo no las sintetiza, y estas se acumulan en los órganos diana, por ejemplo: los pulmones, riñones, e hígado.



Ilustración 4. Molécula de Stevia y su aplicación en el mercado (Zamora, 2015).

6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

6.1 ESTUDIO CORRELACIONAL

Esta investigación es correlacional aplicada, ya que busca que las variables y los procesos estén articulados, y se pueda hacer un análisis que permita su comprensión y ampliación del tema. Para nuestro caso la producción de alcohol etílico a través de jarabes.

7. DISEÑO METODOLOGICO

Las muestras fueron almacenadas en un lugar seguro, para ello se destinó un área de almacenamiento a temperatura ambiente, posteriormente se fermentaron 2 días (Cuartas, 2012).

Paralelamente se seleccionaron los microorganismos, por la recomendación de los saboristas e ingenieros de alimentos, estos microorganismos tienen múltiples aplicaciones en la industria de alimentos. Estos del género *Saccharomyces spp* que van a descomponer de manera rápida la muestra generando metabolitos que posteriormente se llevarán a un proceso de destilación simple, esta es una de las operaciones de separación muy utilizada tanto en el laboratorio como en la industria. El objetivo de la destilación es la separación de un líquido volátil de una sustancia no volátil o la separación de líquidos con distintos puntos de ebullición. Este es el método habitualmente empleado para la separación de un líquido de sus impurezas no volátiles, y es ampliamente utilizada para recuperar disolventes y para obtener agua destilada. y se obtiene el Etanol (Azcapotzalco & Consejo, 2007).

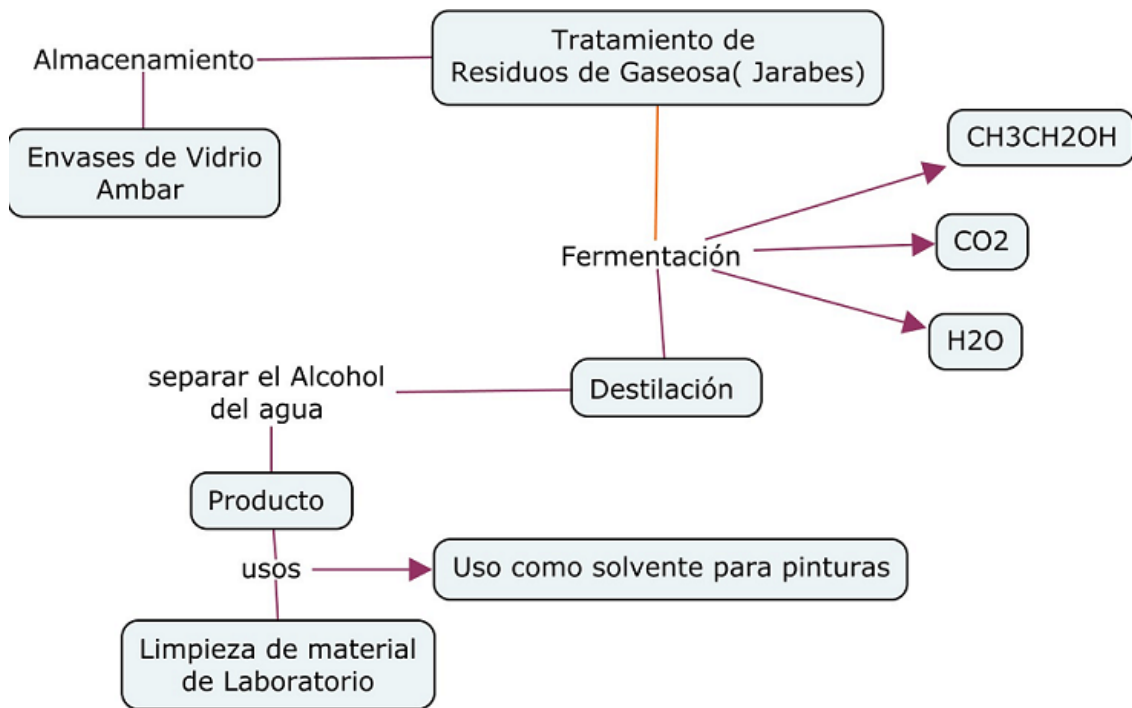


Ilustración 1. Proceso de Tratamiento de los residuos de gaseosa.

7.1 CONDICIONES DE CULTIVO

Se debe sembrar el inóculo en medio líquido elaborado a partir de las muestras de los residuos, enriquecidas según las indicaciones de la empresa en su POES (procedimientos operativos estándar) V14589, reemplazando el caldo peptonados por malta. El procedimiento se realizará por duplicado en frascos Schott por 100mL que serán autoclavados (esterilizados) antes de realizar la inoculación para eliminar microorganismos que puedan generar interferencias (Moreno, 2011).

Materias Primas utilizadas para enriquecer los medios líquidos: Melaza de cultivos de caña de azúcar y extracto de malta (lo aporta la empresa).

Esterilización: Este proceso es importante ya que permite que el medio esté completamente inerte y pueda reaccionar fácilmente, sin sesgarse por patrones externos a la muestra de análisis (Moreno, 2011). Se deben mantener variables definidas es decir la presión a 20Lb y la temperatura a 121°C durante 20 minutos, con el fin de garantizar la eliminación de las interferencias (Moreno, 2011).

La ilustración 5 muestra algunas formas de crecimiento de la levadura en función del oxígeno u otro gas, el género *Saccharomyces* crece en el rango de anaerobios facultativos y anaerobios aereotolerantes (Gerard, 2004).

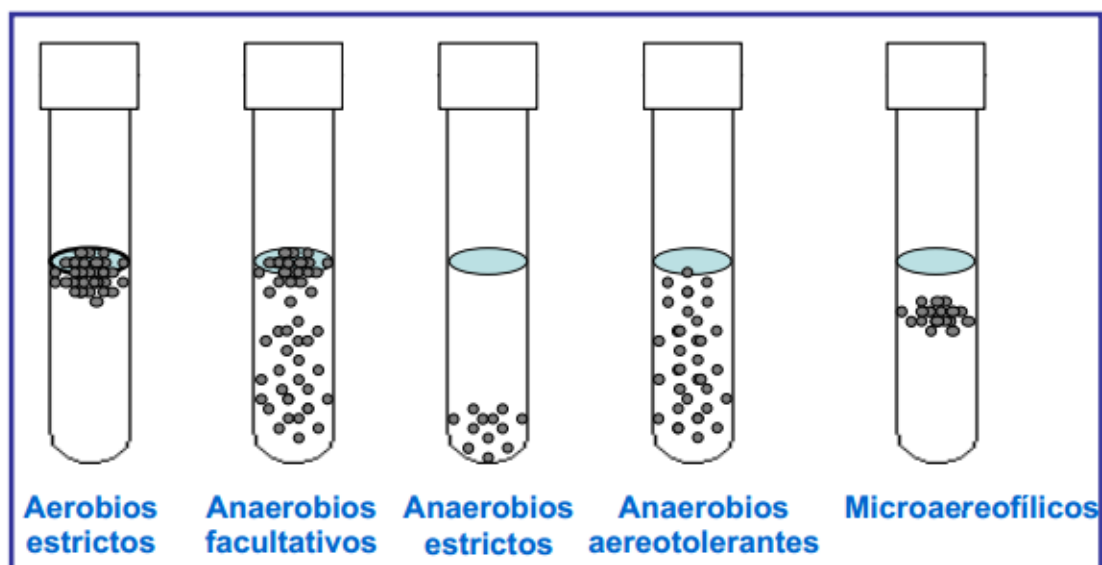


Ilustración 5. Algunas formas de crecimiento en función del Oxígeno o sin el (Gerard, 2004)

7.1.3 APLICACIÓN DE LEVADURAS CON RESIDUOS DE GASEOSA

Tabla 2. Levaduras usadas en la empresa.

Microorganismo	Denominación	Procedencia	Observaciones
Sacharomiciae spp	Yeast beer	Levadura liofilizada, traída de México usada en procesos productivos de la empresa	Emplear proceso de fermentación usando melaza a 15 -17°Bx y una temperatura de 33°C, usadas para saborizar papas, y cubos de caldos.
Sacharomiciae spp	Yeast Extract	Levadura de extracción, importada por la empresa, el proveedor hace parte del know how de la empresa.	Emplear con melaza y caldos peptonados, requiere más azúcar, 20°Bx y temperatura ambiente, usadas para saborizar papas, y cubos de caldos.

La empresa proporcionó dos cepas de levadura, para conocer su comportamiento con respecto a la muestra, fue necesario hacer una determinación cualitativa, sugerida por el método de la Empresa, consiste en colocar 2g de Levadura en 80g de Agua y 80g de azúcar, con el fin de dar el substrato adecuado al microorganismo, como lo muestra la Tabla

Posteriormente se le colocó un globo, para evitar la entrada de Oxígeno, se aseguró el globo con Parafilm, con lo cual se evitan las fugas, y se garantiza el proceso anóxico (ausencia de oxígeno). Se observó la muestra durante 48 Horas (recomendación del Procedimiento interno de la Empresa) (Azcapotzalco & Consejo, 2007). Con estas muestras no se obtuvo ningún resultado cualitativo, luego de indagar con el proveedor, estas levaduras necesitan un proceso diferente, por tal motivo se colocaron en cultivo enriquecido con extracto de malta, sin embargo no se obtuvo ningún resultado. Este procedimiento es cualitativo, únicamente.



Ilustración 6. Uno de los investigadores preparando la muestra.



Ilustración 7. Montaje de Muestras con levaduras de la Empresa IFF. Después de 24h.

Con el fin de no detener la investigación se consultó a la Empresa Levapan para obtener una levadura eficiente para este proceso. Gracias a esta gestión: el ingeniero David Ramírez proporciono 125g de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, esta levadura es efectiva en cuanto a fermentación ya que incluye ficha técnica y certificados de gran importancia (Ver Anexos) con la cual se realizaron pruebas con residuos de gaseosa y posteriormente con concentrado para la misma, resultados que se muestran en la siguiente sección.

Esta levadura probó ser más eficiente para el proceso de fermentación, ya que usando 2g, en tan solo 24 horas empezó la primera fase del proceso, en la que el microorganismo (*Saccharomyces cerevisiae*) empezó el proceso de fermentación de los enlaces de azúcar presentes en la muestra produciendo de esta manera gases como subproductos de la reacción.



Ilustración 8. Fermentación de Residuos de Gaseosa después de 24 horas.

7.2 DISEÑO DE UN SISTEMA DE BIORREACTORES DE PRUEBA ADECUADO PARA LA FERMENTACIÓN EFICIENTE DE LOS RESIDUOS DE GASEOSA

El montaje se hará en la empresa en un espacio asignado para el desarrollo del proyecto.

De tal manera que se separe el agua del etanol obtenido, a través de una destilación, es de vital importancia pues podrían generar una muestra muy diluida (Azcapotzalco & Consejo, 2007).

El proceso de fermentación se realizó a 30 °C , con una concentración de levadura del 15% y controlando variables como la presión contenida en el envase, la cantidad de Gas presente, pues esto puede producir alteraciones en los substratos (Isabel & Fern, 2005).

El Reactor para realizar este trabajo fue de 20L, teniendo en cuenta que la producción de gaseosa diaria es de 19L/día, es decir la producción de estos residuos es de 360L/mes, esta sería la capacidad diseñada, tomando los picos de Producción de Marzo, Junio, Octubre y Noviembre. Que son los más altos, teniendo en cuenta que para esta época, se generan nuevos “innovation Flavors” trabajos de innovación, con el fin de presentar nuevas preferencias al consumidor y así conquistar nuevos mercados.

7.2.1 Elaboración del Reactor (Fermentador)

Se propone un diseño de Reactor Tipo BATCH también conocido “reactor por lotes”, Este reactor es idóneo para industrias en las cuales sus procesos son pequeños o no son tan complejos, los cuales requieren de una operación sencilla, que no está integrada o articulada a muchos procesos, Una vez finalizado el proceso el reactor se apaga, se extraen los productos y subproductos y se limpia fácilmente.

Este reactor tiene unas amplias ventajas

- No requiere tanto espacio
- Se requiere menos material
- Se necesita menor Volumen de Almacenamiento (muestra).
- Facilidad de Limpieza.

Desventajas

- Control de Variables

- Exotermia-Reacciones de Exotermia.

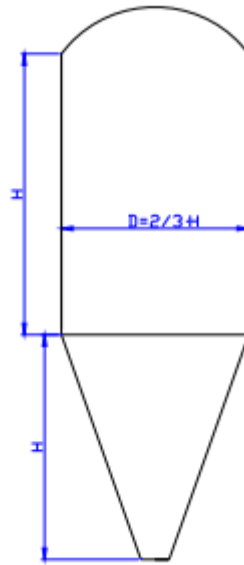


Ilustración 9. Reactor con fondo Cónico para Sólidos (Ballera V., Fernández, Serna C., Domènech S., & López de León, 2010)

7.2.2 Diseño del Reactor a Escala Industrial

Dimensionamiento

Diámetro y Altura del Tanque

Para la determinación del diámetro y la altura del Tanque, se deben tener en cuenta algunos criterios importantes, como la capacidad y el espacio, fijando el diámetro y utilizando una tabla de diseño se pueden definir más parámetros

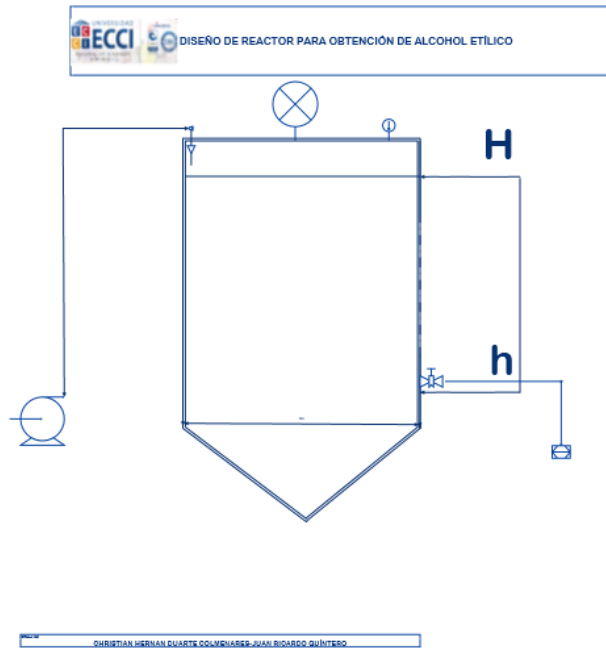


Ilustración 10. Diseño de reactor industrial propuesto para una capacidad de 160m³

Capacidad Nominal (V) bls (m ³)	Diámetro Nominal (D) m (ft)	Altura de diseño (Hn) m (ft)
1.000 (159)	6,096 (20)	5,486 (18)
2.000 (318)	7,468 (24,5)	7,315 (24)
3.000 (477)	9,144 (30)	7,315 (24)
5.000 (795)	9,652 (31,66)	10,973 (36)
10.000 (1.590)	12,954 (42,50)	12,192 (40)
15.000 (2.385)	17,678 (58)	9,754 (32)
20.000 (3.180)	18,288 (60)	12,192 (40)
30.000 (4.770)	22,352 (73,33)	12,192 (40)
40.000 (6.360)	25,908 (85)	12,192 (40)
55.000 (8.745)	30,480 (100)	12,192 (40)
80.000 (12.720)	36,576 (120)	12,192 (40)
100.000(15,900)	40,843 (134)	12,192 (40)
150.000 (23.850)	45,720 (150)	14,630 (48)
200.000 (31.800)	54,864 (180)	14,630 (48)
500.000 (79.500)	85,344 (280)	14,630 (48)

Tabla 3. Consideraciones para diseño de Tanques (Inide, 2005).

Determinación del Volumen

$$V = \frac{\pi * D^2 * H_n}{4}$$

$$V = (3.1416 * 6,096^2 * 5,486) / 4$$

$$V = 160 \text{ m}^3$$

Factor RS(Factor de resistencia)

El factor RS es un factor nominal, que en parámetros de diseño debe ser ≥ 1 .

$$R_s = \frac{D}{H_n}$$

$$R_s = 6,096 / 5,486$$

$$R_s = 1,11$$

Altura total

La altura total del tanque se obtiene aplicando la siguiente ecuación.

$$H = \text{MOV} + H_n + \text{FB}$$

Mov(Movimiento mínimo de Operación) se considera como MOV = 1m, con este factor se consideran las perdidas, sean por bombeo o acumulación en el sistema(API, 2012).

$$H = 1\text{m} + 5,486 + \text{FB (Altura Libre)}$$

Altura Libre (FB)

Esta altura se establece en aproximadamente un 10% de H, con el fin de no llenar el Reactor en su máxima capacidad, es decir se ocupan 144m³.

$$H = \frac{\text{MOV} + H_n}{0,9}$$

$$H=1m+5,486m/ (0.9)$$

$$H=7,20m$$

Altura de Los anillos del Cuerpo del Tanque

Para la selección de los anillos, se recomienda ubicarlos entre 1,8m y 2,4m, este valor corresponde a la variable h_a . Y n es igual al número de anillos necesarios para nuestro reactor.

$$n = \frac{H}{h_a}$$

$$n= 7,20m/1,8m$$

$$n=4$$

El tanque tiene una forma cónica para recoger el precipitado, este corresponde a las levaduras, las cuales transformaron el producto en azúcares, en otros precipitados como las gomas o también OGM (organismos genéticamente modificados).

7.3. ELABORACION DEL REACTOR DE TRABAJO

El reactor de trabajo se realizó con un envase de agua de 20L, se instaló un manómetro con glicerina, un termómetro y una entrada de alimentación de la muestra con un diámetro de 1" (pulgada) es decir 2,54cm. El reactor se alimentó a través de una bomba Wattson 2200, a 25rpm y 500mL/min.



Ilustración 11. Trazo de puntos en donde se realizaría la instalación de las partes, e instalación final.

7.3.1. PROCESO DE FERMENTACION

Posteriormente se operó el reactor durante 30 minutos para llenar el tanque a una capacidad de 19L, se dejó la muestra en el reactor por 24 h, según el API IFF 000456 (Reverón, 2013).



Ilustración 12. Recolección de la muestra, para el proceso de destilación.

7.3.2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO PARA VERIFICAR LA PRESENCIA Y CONCENTRACIÓN DEL ALCOHOL OBTENIDO Y PRESENCIA DE IMPUREZAS- MÉTODO CROMATOGRAFÍA DE GASES

El Análisis de esta muestra se realizó en los laboratorios de la Empresa Proquifar S.A., a través de la técnica de cromatografía de Gases, con el método denominado Diluyentes, según la USP (United States Pharmacopea) (May, 2009) la preparación de esta muestra se realizó de Dos maneras, en una se preparó la muestra con 50mg y se adicionaron 6mL de Agua, en un vial HS (Head space), La otra muestra denominada APTITUD se preparó similar a la muestra anterior, sin embargo en esta se aplicó 1mL de Una solución “Madre” también llamada Estándar C1.

7.4 ANÁLISIS Y RESULTADOS

El proceso de obtención del alcohol etílico fue desarrollado en varias fases, con el fin de conocer la efectividad de las levaduras de la Empresa IFF, estas fases se presentan a continuación:

7.4.1 Fase de Elaboración del Blanco para destilación

En esta fase se elaboró una muestra blanco para determinar parámetros iniciales, como el funcionamiento del destilador, el caudal, la temperatura y el rendimiento, la muestra fue preparada en una proporción 1:1 (30g de Alcohol etílico y 30g de Agua) y posteriormente se llevó esta muestra al proceso de destilación.



Ilustración 13. Proceso de destilación del Blanco.

7.5. PROCESAMIENTO DE MUESTRAS POSTERIOR A LA FERMENTACIÓN ETANÓLICA

7.5.1. RESIDUOS DE GASEOSA

Una vez obtenidas las muestras en el reactor (o fermentador) se prepararon para un proceso de destilación simple, esto incluye la filtración de la muestra, (Chacón, 2010).



Ilustración 11. Filtración de la Muestra para el Proceso de Destilación.



Ilustración 12. Preparación de la muestra con residuos de gaseosa para la destilación Simple.



Ilustración 13. Destilación de la muestra con residuos de Gaseosa.

La etapa de la destilación fue consecuente para los residuos de gaseosa pues hubo presencia de Alcohol, pero negativa para los concentrados de gaseosa (es decir los saborizantes); las variables de control para este proceso incidieron en la temperatura, la cual se operó a 78 ° C, teniendo en cuenta que este es el punto de ebullición del etanol, es necesario aclarar que el rendimiento del proceso de destilación es del 17% para 100g. Manteniendo las condiciones de la muestra blanco. Para comprobar la existencia de etanol en la muestra la empresa PROQUIFAR S.A. realizo un Cromatograma de las muestras procesadas.

Composición de la Muestra Analito (Gaseosa) - Agregando 2g-5g de Levadura

Variables	Datos
Gaseosa	98g
Rendimiento %	17%-17g
Levadura 2g <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	5g

Tabla 4. Datos obtenidos del rendimiento de la destilación.

7.5.2 ANÁLISIS POR CROMATOGRAFIA DE GASES

En la ilustración se puede apreciar el pico de etanol, los análisis correspondientes muestran el pico dentro de los estándares DEL Grupo 1, La muestra tiene una concentración muy alta de Etanol, y la sensibilidad del Método no permite su detección, por tal motivo se halla de manera indirecta

usando el Peso específico y la tabla de Referencia del AOAC Official Methods of Analysis.

ESTANDAR						AREA MUESTRA 1	AREA MUESTRA 2	AREA PROMEDIO	CONCENT. (ppm)	
MEZCLA	DISOLVENTE	CONCENT. MAXIMA (ppm)	CONCENT. TRABAJO (µg/mL)	TIEMPO DE RETENCIÓN	AREA 1	PESO (g)	PESO (g)	PESO PROM.		
						0.1088	0.1031	0.1060		
CLASE 1	1,1-DICLOROETENO	8	0.0644	6.528	10.879	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	1,1,1-TRICLOROETANO	1500	0.0852	12.449	16.897	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	TETRACLORURO DE CARBONO	4	0.0334	12.918	1.767	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	BENCENO	2	0.0177	13.618	10.763	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
CLASE 2A	1,2-DICLOROETANO	5	0.0447	13.789	3.597	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	METANOL	3000	24.10	4.660	45.609	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	ACETONITRILLO	410	3.03	7.536	11.519	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	DICLOROMETANO	600	5.05	7.666	277.468	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	Trans-1,2-DICLOROETENO	1870	7.28	8.248	662.116	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	Cis-1,2-DICLOROETENO		7.30	11.035	803.225	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	TETRAHIDROFURANO	720	6.15	11.930	262.547	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	CICLOHEXANO	3880	27.00	12.624	12663.414	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	METILCICLOHEXANO	1180	8.72	15.792	1412.946	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	1,4 DIOXANO	380	3.12	16.437	6.806	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	TOLUENO	890	7.00	18.552	2951.296	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	CLOROBENCENO	360	2.85	21.657	779.317	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	ETILBENCENO	369	2.92	21.798	1150.257	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	m-XILENO	1302	2.48	22.009	1512.816	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	p-XILENO	304	1.47			No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	o-XILENO	195	10.32	22.752	4343.953	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	CUMENO	70	0.5667	23.364	182.908	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
	CLASE 2B	HEXANO	290	1.97	8.654	802.584	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable
		NITROMETANO	50	0.42	11.291	0.899	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable
CLOROFORMO		60	0.52	11.977	24.295	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
DIMETOXIETANO		100	0.82	12.480	6.584	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
TRICLOROETILENO		80	0.65	15.339	89.242	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
PIRIDINA		200	1.67	18.575	3.072	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
METILBUTILCETONA		50	0.42	20.025	34.836	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	
TETRALINA		100	1.00	28.147	452.381	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable	

Ilustración 14. Estándares de Evaluación de Cromatografía de Gases

En el Cromatograma se puede observar el pico del etanol, ya que el equipo organiza el cromatograma por los números de carbonos en la cadena (del menor al mayor) siempre se iniciará con el 1,1 Dicloroetano.

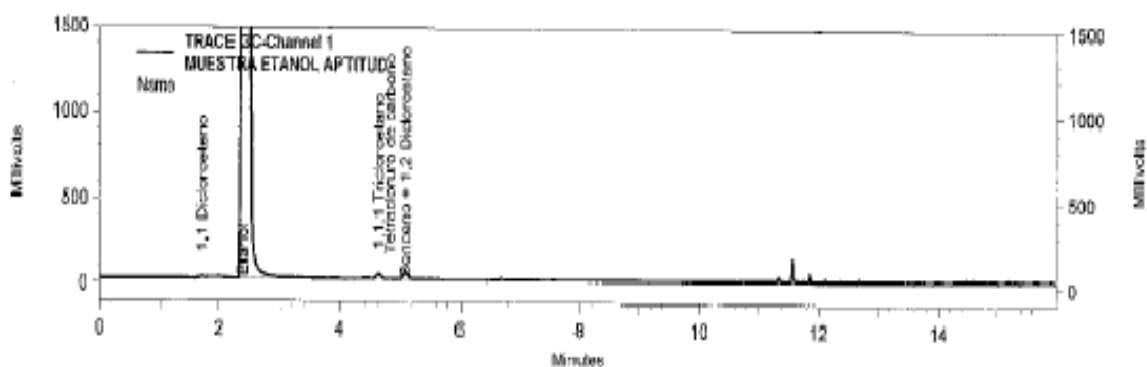


Ilustración 15. Cromatograma de los residuos de Gaseosa (Jarabes).

Determinación indirecta de la concentración de Alcohol en la muestra a través del método de las densidades.

Determinación por el método del peso específico a una temperatura de 22.0°C, consiste en dividir las densidades, CH₃CH₂OH / H₂O

$$\begin{aligned} \text{Concentración} &= \omega_{\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}} / \omega_{\text{H}_2\text{O}} \\ &= 789,00 \text{ kg/m}^3 / 999,97 \text{ kg/m}^3 \\ &= \mathbf{0.78} \end{aligned}$$

Posteriormente se hace la lectura de esta cifra en la tabla de Métodos oficiales Estándares, de la siguiente manera

52.003 Percentages by volume at 15.56°C (60°F) of ethyl alcohol corresponding to apparent specific gravity at various temperatures^a

Apparent Specific Gravity	15/56	20/20	22/22	24/24	25/25	26/26	28/28	30/30	32/32	34/34	35/35	36/36
1.0000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.9999	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07	.07
98	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13
97	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20
96	.27	.26	.26	.26	.26	.26	.26	.26	.26	.26	.26	.26
95	.33	.33	.33	.33	.33	.33	.33	.33	.33	.33	.33	.33
94	.40	.40	.40	.40	.40	.40	.40	.40	.40	.40	.40	.40
93	.47	.46	.46	.46	.46	.46	.46	.46	.46	.46	.46	.46
92	.53	.53	.53	.53	.53	.53	.53	.53	.53	.53	.53	.53
91	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60
90	.67	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66	.66
89	.73	.73	.73	.73	.73	.73	.73	.73	.73	.73	.73	.73
88	.80	.80	.80	.80	.80	.80	.79	.79	.79	.79	.79	.79
87	.87	.87	.87	.87	.87	.87	.86	.86	.86	.86	.86	.86
86	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93	.93
85	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	.99	.99	.99	.99	.99	.99
84	.07	.07	.07	.07	.07	.07	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
83	.14	.14	.14	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13
82	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.20	.19	.19	.19	.19	.19
81	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.26	.26	.26	.26	.26	.26
80	.34	.34	.34	.34	.34	.33	.33	.32	.32	.32	.32	.32
79	.41	.41	.41	.40	.40	.40	.40	.39	.39	.39	.39	.39
78	.48	.48	.48	.47	.47	.47	.47	.46	.46	.46	.46	.46
77	.54	.54	.54	.54	.54	.53	.53	.53	.53	.53	.53	.53
76	.61	.61	.61	.60	.60	.60	.60	.59	.59	.59	.59	.59
75	.68	.68	.68	.67	.67	.67	.67	.66	.66	.66	.66	.66
74	.75	.75	.75	.74	.74	.73	.73	.73	.73	.72	.72	.72
73	.82	.81	.81	.81	.81	.80	.80	.80	.80	.79	.79	.79
72	.88	.88	.88	.87	.87	.87	.86	.86	.86	.85	.85	.85
71	.95	.95	.95	.94	.94	.94	.93	.93	.93	.92	.92	.92
70	2.02	2.02	2.02	2.01	2.01	2.01	2.00	2.00	2.00	.99	.99	.99
69	.09	.09	.09	.08	.08	.08	.07	.07	.06	2.05	2.05	2.05
68	.16	.15	.15	.14	.14	.14	.14	.14	.13	.12	.12	.12

Ilustración 16. Tabla de Densidades y pesos específicos para hallar la concentración, tomada del libro AOAC Official Methods of Analysis 1984.

Posteriormente se le suma el número entero que está en la Columna de 85, y Obtenemos que la concentración es igual a 1.48 %V/V para una muestra de 10mL.

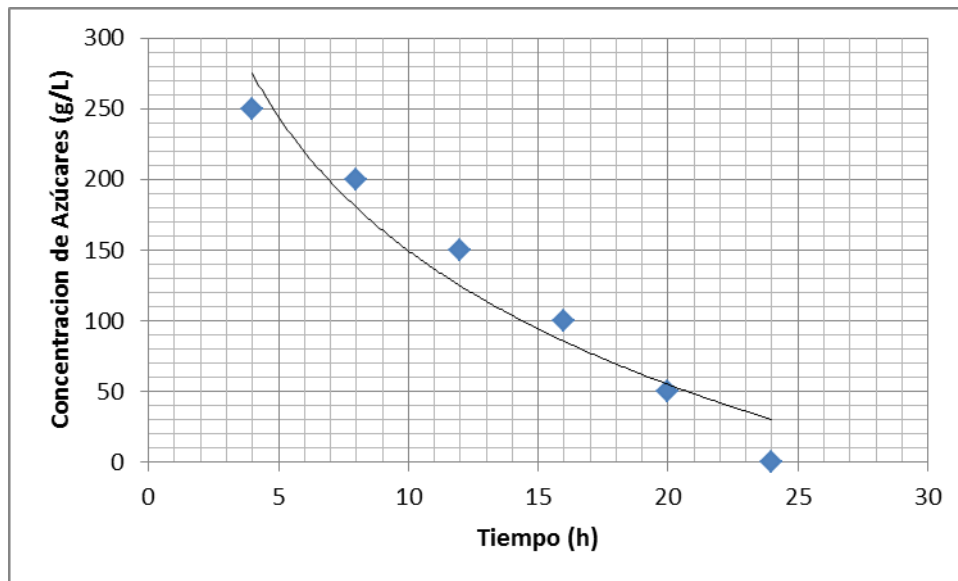


Ilustración 17. Gráfica de Azúcares en función del Tiempo.

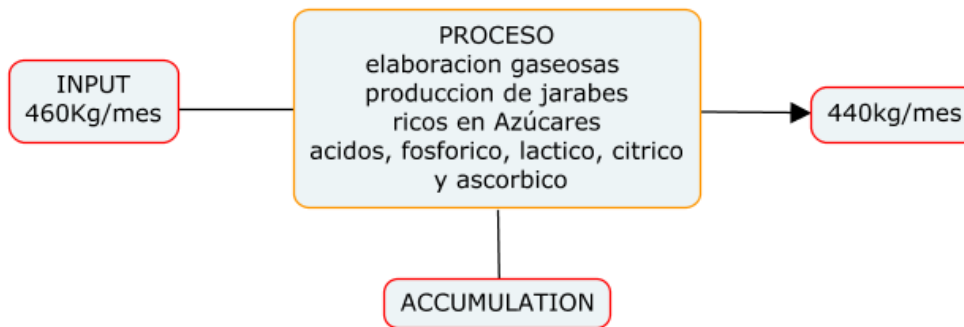
La gráfica 17 muestra, La degradación de los azúcares en función del tiempo, esta determinación se realizó con el Espectrofotómetro a una longitud de onda de 490nm con una absorbancia de 1,288. Esto muestra que en función del tiempo, la levadura consume los Azúcares, generando subproductos (metabolitos) por tanto el crecimiento aumenta, la curva patrón se realizó con el método Fenol-Ácido Sulfúrico (Garzón Castaño & Hernandez Londoño, 2009), esto fue realizado por la empresa PROQUIFAR S.A.

La decreciente de estos azúcares se aprecia de forma anómala, esto está asociado al proceso de osmosis de las células de la levadura, por otro lado mencionamos una disminución en el pH de 3 a 2,1, esto es considerable debido a la cantidad de ácidos en la muestra, los cuales son usados por la levadura como el ácido cítrico, fosfórico y ascórbico, produciendo acetogénesis.

7.5.3. IMPACTOS ECONOMICOS.

Equivalencia económica de la transformación de jarabes en alcohol etílico

La recuperación económica se determinó a través de un ecobalance, conociendo las entradas del proceso.



Se planteó la ecuación para resolver el sistema

$M1+M2=M3$, despejamos la ecuación $M2=M1-M2$

Donde

$M1=460Kg$

$M2=?$

$M3=440Kg$

Se resolvió de la siguiente manera

$M2=460Kg-440Kg$

$M2=20Kg$

Disposición con PROSARCAR

$440Kg * \$5550$ (precio por kilogramo dispuesto)= **$\$2.442.000$**

$20Kg * \$5550 = \111.000

$\$2.442.000 - \$111.000 = \$2.331.000$

Vertimientos

La empresa no cuenta con permiso de vertimientos (Res 0631/15), sin embargo vierten indiscriminadamente parte de los residuos de gaseosas, este valor se ve reflejado en el alcantarillado.

$480kg * \$3500$ (costo de alcantarillado para el sector industrial)= **$\$1.680.000$**

Sin estimar los costos por una sanción ambiental, por infringir la norma.

OBJETIVO	BENEFICIO AMBIENTAL	BENEFICIO ECONOMICO	ASPECTOS ECONOMICOS (\$)
Cuantificación y acopio de los residuos	No hay Vertimientos	se opueden evitar multas por incumplir la legislación	2.442.000
Diseño de biorreactor	facilita la fermentación de los residuos	disminución en costos de tratamiento -mas espacio de almacenamiento para otros residuos	1.680.000
Destilación	Obtención de alcohol	disminución de los costos por tratamiento	
Caracterización del alcohol	Nuevas investigaciones y desarrollos	Incorporación a las actividades	4.122.000

Tabla 5. Aspectos del desarrollo sostenible, aplicados al proyecto.

8. CONCLUSIONES

- Se determinó que el uso de la levadura *Saccharomyce cerevisiae* presentó resultados positivos para el proceso de fermentación alcohólica, y metabolismo de azúcares (disacáridos), ya que permitirá en la compañía IFF la minimización de residuos de gaseosa.
- El aprovechamiento de residuos de gaseosa permite la recuperación monetaria por costos de ineficiencia, además que se evita el vertimiento de estos residuos.
- El sistema de Biorreactores tipo Batch para el desarrollo de esta investigación a pesar de que se demostró ser un sistema eficiente fue necesario automatizarlo, haciendo uso de manómetros y medidores de temperatura. Esto con el fin de poder para controlar las variables con mayor precisión.
- El análisis por cromatografía de gases se determinó que en la gráfica los concentrados para gaseosa, presentan un área de separación menor, y su alcance para la fase estacionaria en el tiempo fue menor. En cuanto a función de la altura es mayor si se comparan con los residuos de gaseosa. Sin embargo es necesario aclarar que para esta última se pueden observar otros compuestos adicionales.
- Se determinó que los concentrados de bebidas de Gaseosas no tienen un comportamiento positivo para la producción de alcohol, debido a que los azúcares presentes en estos concentrados son muy complejos, por lo que requieren ser trabajados mediante otras alternativas
- El alcohol obtenido fue usado para limpieza y formulación en las muestras de sabores artificiales.

9. BIBLIOGRAFIA

Antioquia, U. de. (2007). Contaminación atmosférica.

API. (2012). Welded Tanks for oil Storage API 650 norm, 552(3), 1–449. Retrieved from <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/api.650.2007.pdf>

Azcapotzalco, U., & Consejo, O. De. (2007). Fermentación alcohólica : Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas Alcoholic fermentation : An option for renewable energy production, 2007, 249–259. Retrieved from <http://www.ejournal.unam.mx/ict/vol0804/ICT000800404.pdf>

Ballera V., C., Fernández, E., Serna C., a., Domènech S., E., & López de León, L. F. (2010). ESAACLE-Planta de Producción de Acetaldehído. Capítulo 11-Manual de Cálculos, 1–180. Retrieved from http://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/151832/PFC_esAAcle_v04.pdf?sequence=3

Care, V. (2013). Vivir Con Insuficiencia Cardíaca. Retrieved from http://www.montefiore.org/documents/heart/MECHVC02004_HeartFailuresPatientGuide_Spanish_ePub.pdf

Chacón, J. (2010). “Estandarización de la Etapa de Cocimiento en el Proceso de Elaboración de Panela en Bloque en una Industria Azucarera. ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL. Retrieved from http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-43494.pdf

Del, B., & Álvarez, M. C. L. (2014). ALCOHOL. *Proceso Biotecnológico Del Etanol*, 1–21. Retrieved from http://www.revistavirtualpro.com/files/TIE01_200612.pdf

Durán A, S., Córdón A, K., & Rodríguez N, M. del P. (2013). Edulcorantes no nutritivos, riesgos, apetito y ganancia de peso. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(3), 309–314. doi:10.4067/S0717-75182013000300014

Fragances, I. F. and. (2006). index @ www.iff.com. Retrieved from <http://www.iff.com/>

Garzón Castaño, S. C., & Hernandez Londoño, C. (2009). Estudio comparativo para la producción de etanol entre *Saccharomyces cerevisiae* silvestre, *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 9763 y *Candida utilis* ATCC 9950, 1–49.

Gerard, J. (2004). *Introducción a la Microbiología*. Retrieved from <http://books.google.com.co/books?id=Nxb3iETuwpIC&pg=PA184&lpg=PA184&dq=metodo+de+medios+diferenciales+para+cultivos&source=bl&ots=z9ZjnHcZhd&sig=7CU9TD-HV1pXjNAazVXfzn30r9M&hl=es&sa=X&ei=rYsOVOOfEIKwggT27YLYBw&ved=0CCsQ6AEwAg#v=onepage&q=metodo de medios diferenciales para cultivos&f=false>

Guevara, C. a, Arenas, H. a, Mejía, A., & Peláez, C. a. (2012). Obtención de Etanol y Biogás a Partir de Banano de Rechazo. *Información Tecnológica*, 23(2), 19–30. doi:10.4067/S0718-07642012000200004

Inide. (2005). Anuario estadístico 2005. *Inide*. Retrieved from

http://www.pemex.com/acerca/informes_publicaciones/Documents/anuario_estadistico/anuario_estadistico_2005.pdf

Isabel, S., & Fern, E. (2005). *Influencia de la tecnología de la Vinificación en la Microbiología*.

Küçük, Z., & Ceylan, K. (1998). Potential utilization of fusel oil: A kinetic approach for production of fusel oil esters through chemical reaction. *Turkish Journal of Chemistry*, 22, 289–300. Retrieved from <http://journals.tubitak.gov.tr/chem/issues/kim-98-22-3/kim-22-3-14-97072.pdf>

May, O. (2009). Pharmacists' Pharmacopeia. *United States Pharmacopeia and National Formulary, Author. Rockville: United States Pharmacopeial Convention Inc; 2002. USP 25, NF 19*. Retrieved from http://www.usp.org/sites/default/files/usp_pdf/EN/products/usp2008p2supplement3.pdf

Moreno, J. M. (2011). y selección de microorganismos para la producción de etanol a nivel industrial= Evaluation and selection of microorganisms for ethanol production at industrial level. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/4791/1/8108502.2011.pdf>

Ortega-P, Sc, A Garcia Gueero, C.-A.-R. J. S. (2010). *Deforestación Evitada*.

Reverón, G. A. A. (2013). Scielo @ Www.Scielo.Org.Mx. *Revista IUS*. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432007000400004&script=sci_arttext

TECNOLOGICA, U. N. (2013). *Universidad Facultad Regional Rosario* (Vol. 1). Retrieved from http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/1_anio/quimigeral/PUNTO_DE_EBULLICION.pdf

Uribe, E. A. M. (2006). Optimizacion de un sistema de destilacion multicomponentes en una planta petroquimica utilizando la metodoloia de superficie de respuesta (RSM). Retrieved from <http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/97/72176935.pdf?sequence=1>

Zamora, A. (2015). www.scientificpsychic.com. Retrieved from <http://www.scientificpsychic.com/fitness/edulcorantes-artificiales.html>