



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
“MANUEL FÉLIX LÓPEZ”**

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MEDIO
AMBIENTE**

MODALIDAD:

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**BIOETANOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE FRUTAS Y
VERDURAS DE LOS MERCADOS DE CALCETA Y QUIROGA**

AUTORES:

**CARRERA VÉLEZ CARLA STEFANY
VÉLEZ CHALACAMÁ DIEGO FABIÁN**

TUTOR:

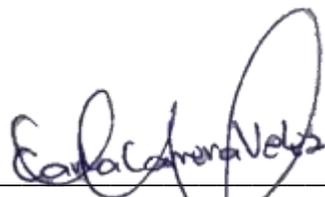
ING. CARLOS DELGADO VILLAFUERTE, Mg. C.A.

CALCETA, OCTUBRE DE 2021

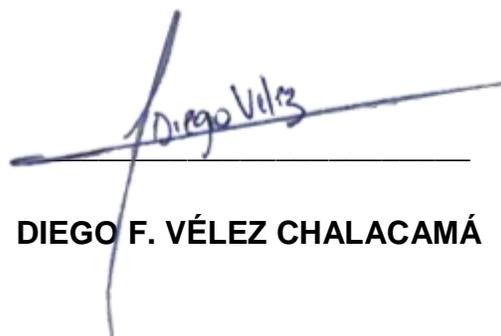
DERECHOS DE AUTORÍA

CARLA STEFANY CARRERA VÉLEZ y DIEGO FABIÁN VÉLEZ CHALACAMÁ, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluye en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.



CARLA S. CARRERA VÉLEZ



DIEGO F. VÉLEZ CHALACAMÁ

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. CARLOS RICARDO DELGADO VILLAFUERTE, Mg. C.A., certifico haber tutelado el proyecto **BIOETANOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DE LOS MERCADOS DE CALCETA Y QUIROGA**, que ha sido desarrollado por **CARLA STEFANY CARRERA VÉLEZ** y **DIEGO FABIÁN VÉLEZ CHALACAMÁ**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Carlos Delgado Villafuerte, Mg. C.A.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **BIOETANOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DE LOS MERCADOS DE CALCETA Y QUIROGA**, que ha sido propuesto, desarrollado por **CARLA STEFANY CARRERA VÉLEZ** y **DIEGO FABIÁN VÉLEZ CHALACAMÁ**, previa la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Q.F. Patricio Noles Aguilar, M.Sc

MIEMBRO

Ing. Sergio Alcívar Pinargote, M.Sc

MIEMBRO

Ing. Fabricio Alcívar Intriago, M.Sc

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien bendijo todo mi camino durante mi formación universitaria.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, por darme la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

A mis padres José y Nidia, a mi hermana Carol, que me han dado todo el apoyo necesario para no decaer cuando todo parecía complejo e inverosímil, que con sus palabras me hacían sentir orgullosa de mi y de lo que soy capaz de hacer y lograr, y que con todo el esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar esta etapa universitaria.

A mis abuelos Darío y Angélica, que siempre me dieron ánimos para seguir adelante y para no dejar de intentar en el primer intento fallido.

A “M”, por estar siempre dándome su apoyo, por hacerme creer que soy capaz de dar y lograr mucho, por estar en cada momento, por motivarme a seguir adelante sin importar los obstáculos que la vida ponga.

A mis amigos, en especial a Miguel, que siempre estuvieron presentes brindándome su apoyo durante este proceso universitario.

Carla Stefany Carrera Vélez

DEDICATORIA

A mis abuelos Darío y Angélica, a mis padres José y Nidia, a mi hermana Carol, por ser las personas más importantes en mi vida y por ser los pilares fundamentales para que siga luchando por cada logro que quiera conseguir, por estar conmigo en todo momento y ser ese motor de superación en cada momento de dificultad, por darme el apoyo y la fuerza suficiente para seguir adelante como ejemplo de motivación y perseverancia. Son los claros merecedores de este logro, de mi respeto y admiración. Los amo por encima de todo.

Carla Stefany Carrera Vélez

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento se dirige a quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, a Dios, por haberme permitido llegar hasta aquí y bajo su guía y bendición haber superado cada obstáculo que se presentó a lo largo de mi formación universitaria.

A mis padres, ya que ellos son el pilar fundamental de mi vida, que con su amor y sus esfuerzos a diario me han enseñado que debo luchar por mis sueños y sobre todo me han apoyado incondicionalmente para que llegue a culminar mi carrera universitaria.

A cada uno de los docentes, que a lo largo de este camino me transmitieron sus conocimientos y experiencias dentro y fuera de un aula de clases, logrando formar en mí el profesional que he aspirado ser.

Diego Fabián Vélez Chalacamá

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme esa fuerza espiritual que me ha impulsado siempre a seguir adelante, ser mejor cada día y sobre todo a no detenerme a la hora de cumplir con esta meta.

A mis padres, gracias por ser mi guía y apoyo en todo el transcurso de mi carrera, ya que siempre han estado pendiente de mi estado físico, moral y emocional y me han impulsado a ser un hombre de bien y a nunca rendirme pese a los obstáculos que se pudieron haber presentado, gracias infinitas por sus sabios consejos.

Diego Fabián Vélez Chalacamá

CONTENIDO

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
CONTENIDO	ix
CONTENIDO DE TABLAS.....	xii
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4. HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	5
2.2. MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCIÓN DEL BIOETANOL.....	5
2.3. BIOMASA LIGNOCELULÓSICA	6
2.3.1. CELULOSA	6

2.3.2. HEMICELULOSA	7
2.3.3. LIGNINA	7
2.4. BIOETANOL	7
2.5. SELECCIÓN DE RESIDUOS PARA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL	8
2.6. FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA.....	9
2.6.1. LEVADURA (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>).....	9
2.7. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO FERMENTATIVO.....	10
2.7.1. GRADOS BRIX.....	10
2.7.2. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH).....	10
2.7.3. TEMPERATURA	10
2.8. DESTILACIÓN	10
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	12
3.1. UBICACIÓN	12
3.2. DURACIÓN.....	12
3.3. MÉTODOS.....	13
3.4. TÉCNICAS.....	13
3.5. FACTORES EN ESTUDIO	13
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	14
3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL.....	14
3.8. VARIABLES A MEDIR	15
3.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO	15
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1. EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS DE LOS MERCADOS DE CALCETA Y QUIROGA	19

4.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL BIOETANOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS DE LOS MERCADOS DE CALCETA Y QUIROGA.....	22
4.3. CÁLCULO DEL COSTO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS DE LOS MERCADOS DE CALCETA Y QUIROGA.....	31
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
5.1. CONCLUSIONES	34
5.2. RECOMENDACIONES	34
BIBLIOGRAFÍA	36
ANEXOS.....	41

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 2.1. Cantidad de azúcar de ciertas frutas y verduras.....	6
Tabla 3.1. Diseño experimental para la obtención del bioetanol.....	14
Tabla 4.1. Parámetros determinados al inicio del ensayo.....	23
Tabla 4.2. Dosis de levadura aplicada sobre el mosto.....	24
Tabla 4.3. Dosis de urea aplicada sobre el mosto.....	24
Tabla 4.4. Grados Brix presentes en el mosto al inicio del experimento.....	24
Tabla 4.5. Grados Brix presentes en el mosto después de la preparación.....	25
Tabla 4.6. Pruebas de efectos inter sujetos.....	29
Tabla 4.7. Comparaciones múltiples entre variable dependiente y grados de alcohol obtenidos.....	30
Tabla 4.8. Costo de materia prima.....	31
Tabla 4.9. Costo de mano de obra.....	31
Tabla 4.10. Gasto de producción.....	32

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 2.1. Diagrama de procesos de producción de etanol.....	8
Figura 3.1. Mapa ubicación del proyecto.....	12
Figura 4.1. Kg de materia orgánica recolectados en los mercados de Calceta y Quiroga.....	20
Figura 4.2. Diagrama de caja negra del proceso de separación y clasificación de la materia prima.....	21
Figura 4.3. Mosto destilado en cada tratamiento.....	26
Figura 4.4. Grados de alcohol obtenido en cada tratamiento.....	27
Figura 4.5. Alcohol obtenido en cada tratamiento.....	28
Figura 4.6. Gráfico de medias marginales estimadas de ° de alcohol obtenido.....	30

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo obtener bioetanol a partir de residuos como frutas y verduras de los mercados de Calceta y Quiroga. Se desarrolló en un diseño por bloques aleatorizado con tres tratamientos y cuatro repeticiones que respectivamente generaron 12 unidades experimentales. Cada tratamiento estuvo compuesto por 5,67 ml de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), 0,50 dm³ de melaza y 1,81 g de urea. El tratamiento uno (T₁) se compuso de frutas, el tratamiento dos (T₂) de verduras y el tratamiento tres (T₃) de frutas y verduras. Se recolectó frutas y verduras durante 2 semanas, una vez terminada la recolección de la materia prima y preparación de las unidades experimentales, se comenzó el proceso de fermentación anaeróbicamente de cada tratamiento durante ocho días siguiendo las especificaciones de (Pari, 2013). Finalmente, se logró obtener bioetanol a partir de las frutas y verduras, siendo el T₁R₄ el tratamiento con mayor grado de alcohol, con un valor de 39% del mismo que se obtuvo 2668 ml. De acuerdo con los grados de alcohol obtenidos, mediante el análisis de varianza de Tukey a través del programa SPSS versión 20 se acepta la hipótesis planteada en la investigación. El análisis económico del mejor tratamiento mediante el método costo de producción, determinó un valor de \$2,75 por cada dm³ de alcohol. En conclusión, resulta económicamente factible la producción de bioetanol a partir de estos residuos, ya que promete la perspectiva concreta de una realidad energética más sostenible.

Palabras Claves: *Bioetanol, grados Brix, Saccharomyces cerevisiae.*

ABSTRACT

The objective of this research was to obtain bioethanol from waste such as fruits and vegetables from the markets in Calceta and Quiroga. It was developed in a randomized block design with three treatments and four repetitions that respectively generated 12 experimental units. Each treatment consisted of 5,67 ml of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), 0,50 dm³ of molasses and 1,81 g of urea. Treatment one (T₁) was made up of fruits, treatment two (T₂) of vegetables and treatment three (T₃) of fruits and vegetables. Fruits and vegetables were collected for 2 weeks, once the raw material collection and preparation of the experimental units were finished, the anaerobic fermentation process of each treatment was started for eight days following the specifications of Pari (2013). Finally, it was possible to obtain bioethanol from fruits and vegetables, with T₁R₄ being the treatment with the highest degree of alcohol, with a value of 39% of which 2668 ml was obtained. According to the degrees of alcohol obtained, by means of Tukey's analysis of variance through the SPSS version 20 program, the hypothesis raised in the research is accepted. The economic analysis of the best treatment using the cost of production method determined a value of \$2,75 for each dm³ of alcohol. In conclusion, the production of bioethanol from these wastes is economically feasible, since it promises the concrete perspective of a more sustainable energy reality.

Keywords: *Bioethanol, Brix degrees, Saccharomyces cerevisiae.*

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Desde el comienzo de la vida, los residuos sólidos han existido en la tierra. Los seres humanos nacen y generan residuos y cuando éstos comienzan a acumularse en la biósfera mediante la velocidad de generación o por la naturaleza química de los propios residuos, se generan problemas ambientales que, en combinación con la acción directa del ser humano como generador, impide la desintegración e incorporación a los ciclos naturales sobre la tierra (Soria, 2018). Debido al elevado índice de crecimiento demográfico e industrial del país, el problema es preocupante en la generación de los residuos sólidos originados en los asentamientos poblacionales (Campozano, 2011).

En Ecuador, en los últimos años, el estado actual de los residuos sólidos orgánicos como los de frutas y verduras está teniendo un impacto negativo, y su cadena de suministro afecta directamente el desperdicio de alimentos (Martínez y Quintero, 2017). En una entrevista realizada a Seminario (2019), señala que, según datos del Ministerio de Ambiente, el 60% del total de residuos cada año son residuos orgánicos; es decir, residuos de alimentos. Es por esto, que la FAO (2011) afirma que alrededor de un tercio de los alimentos del mundo se desperdician cada año, por lo que se han convertido en un tema de enorme preocupación para la opinión pública.

Según Velásquez (2012), en Manabí, las frutas y verduras son las que representan la tasa de desaprovechamiento más alta en las zonas agrícolas del país. Estas pérdidas ocurren en las etapas de producción, cosecha, post-cosecha y en el mercado.

En el cantón Bolívar, específicamente en las parroquias de Calceta y Quiroga, el asunto de la disposición final de los residuos sólidos orgánicos generados en los mercados de abastecimiento es sumamente confusa y conflictiva. Cuando estos residuos de frutas y hortalizas entran en la etapa comercial, generalmente no se

venden todos, por lo que con el paso del tiempo se convierten en desechos por descomposición y finalmente solo se colocan en bolsas para su posterior disposición final, tal y como es un botadero a cielo abierto (Bermúdez, 2015).

Actualmente, el cantón cuenta con muy pocos proyectos de aprovechamiento y provecho de los residuos sólidos de frutas y hortalizas, por lo que esta investigación tiene como objetivo utilizar estos residuos para la obtención de bioetanol, brindando así posibles soluciones para estos problemas.

Por lo expuesto anteriormente, los autores de esta investigación plantean la siguiente interrogante: ¿Cómo los residuos de frutas y verduras generados en los mercados de Calceta y Quiroga pueden ser aprovechados para la obtención de bioetanol?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El alcohol es un producto que se extrae por medio de la fermentación alcohólica de los mostos de las materias primas de origen vegetal que contienen azúcares, o de aquellas que contienen almidones sacarificables como las frutas y verduras (manzana, remolacha, uva, plátano, higo, zanahoria, tomate, entre otras), y que dichos mostos fermentados son sometidos a destilación y rectificación (Suárez, *et al.*, 2016).

El bioetanol producido a partir de materiales lignocelulósicos es una fuente de carbono renovable muy prometedora para resolver los problemas actuales de energía y materias primas (Medina *et al.*, 2009). El aprovechamiento de residuos orgánicos (frutas y verduras) en los mercados de Calceta y Quiroga para la obtención de bioetanol es considerada una solución que permitirá reducir el impacto ambiental negativo y puede utilizarse como fuente de energía alternativa. Estos residuos (generalmente considerados desperdicios) pueden utilizarse como materias primas para su posterior conversión en bioetanol, lo que aporta beneficios al medio ambiente y a la sociedad.

El Plan Nacional de Desarrollo (2017-2021) tiene como objetivo mejorar la calidad de vida para cumplir con el derecho de vivir en un medio ambiente sano, controlar y reducir la contaminación ambiental, y contribuir así a mejorar la calidad de vida. El Objetivo 3 del plan incluye "garantizar los derechos naturales de las generaciones presentes y futuras". Así mismo establece que una economía amigable con la naturaleza implica acoger el conjunto de conocimientos, saberes y aplicaciones tradicionales y científicas para conmemorar la nueva era de la bioeconomía. La capacidad de uso sostenible de recursos biológicos renovables para producir alimentos, energía y productos industriales obtenidos por conversión de materiales.

Los mercados municipales generan una gran cantidad de biomasa residual, que se vierte como residuo y provoca deterioro ambiental. En este caso, una economía circular basada en la tecnología "cero desechos" promueve un impacto positivo en el medio ambiente al reusar, reciclar y recuperar estos residuos (Orejuela, 2019). Al administrar estrictamente las reservas limitadas y los flujos renovables, este principio se considera un ciclo de desarrollo positivo y continuo que puede proteger y mejorar el capital natural, optimizar el rendimiento de los recursos y minimizar los riesgos del sistema (Espaliat, 2017).

Definitivamente, lo que justifica la presente investigación, es que al aprovechar los residuos sólidos de frutas y verduras para la obtención de bioetanol, se proyecta como uno de los principios de la economía circular que es fundamental para el desarrollo sostenible, siendo así un beneficio directo a los habitantes del lugar que quieran controlar el manejo de los residuos sólidos orgánicos, puesto que es aprovechado como una fuente renovable de energía (biocombustible) que puede llegar a sustituir a los combustibles fósiles más tradicionales y reducir la dependencia del petróleo (Núñez y García, 2006).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Producir bioetanol a partir de los residuos de frutas y verduras de los mercados de Calceta y Quiroga.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los residuos de frutas y verduras de los mercados de Calceta y Quiroga.
- Determinar la concentración del bioetanol a partir de los residuos de frutas y verduras de los mercados de Calceta y Quiroga.
- Calcular el costo de la producción de bioetanol a partir de los residuos de frutas y verduras de los mercados de Calceta y Quiroga.

1.4. HIPÓTESIS

Los residuos de frutas y verduras de los mercados de Calceta y Quiroga pueden ser aprovechados para la producción de bioetanol.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Jaramillo y Zapata (2008) definen los residuos sólidos orgánicos como residuos provenientes de los restos de productos de origen orgánico, los cuales la mayoría son biodegradables (se descomponen naturalmente). Pueden descomponerse o degradarse rápidamente y convertirse en otro tipo de materia orgánica. El uso de residuos sólidos orgánicos es otra opción para producir etanol a partir de la degradación del etanol, sometiéndose a procesos de fermentación y destilación para obtener bioetanol; debido al porcentaje de azúcares reductores que contiene esta pulpa (Chiroque, 2018).

2.2. MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCIÓN DEL BIOETANOL

Según Galvis, *et al.*, (2009), el uso de biomasa con fines energéticos requiere un tratamiento adecuado antes de que pueda ser utilizada en sistemas convencionales, como combustibles sólidos (leña, carbón vegetal), líquidos (biocombustibles, petróleo, cetonas) o gaseoso (biogás, hidrógeno). El poder calorífico de la biomasa depende de su origen y humedad, este puede oscilar entre 3000 y 3500 Kcal / Kg para residuos lignocelulósicos, entre 2000 y 2500 Kcal / Kg para residuos urbanos y alrededor de 1000 Kcal/kg para los combustibles líquidos procedentes de cultivos energéticos. Estas cualidades, junto con el bajo contenido en azufre de la biomasa, la transforman en un producto especialmente atractivo para el uso energético.

Desde el punto de vista medioambiental, el uso energético de la biomasa puede ayudar a reducir los gases de efecto invernadero puesto que el balance de las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera es neutro. De hecho, el dióxido de carbono producido en la combustión de biomasa se recicla mediante la fotosíntesis en el crecimiento de las plantas necesarias para la producción, por lo que la calidad del dióxido de carbono en la atmósfera no se incrementa. Como primer factor importante

está el uso de material lignocelulósico adecuado, debido a que las condiciones de operación son diferentes según el sustrato, la disponibilidad de azúcares fermentables y la disponibilidad como materia prima, como se muestra en la tabla 2.1., donde se utilizan algunos ejemplos de componentes lignocelulósicos (Awad, 2011).

Tabla 2.1.

Cantidad de azúcar de ciertas frutas y verduras

MATERIAL LIGNOCELULÓSICO	AZÚCAR (g/100g)
Uva	16,25
Manzana	10,31
Mango	13,66
Plátano	12,13
Sandía	6,20
Melón	7,86
Remolacha	6,76
Zanahoria	4,74
Cebolla	4,24
Col morada	3,80
Tomate	3

Fuente: (Awad, 2011).

2.3. BIOMASA LIGNOCELULÓSICA

Según Arellano (2015), la biomasa lignocelulósica está compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina además de minerales. Se encuentra en residuos agrícolas, industriales, forestales y de biomasa (forraje para el ganado, alimentos y medicina) en zonas semiáridas. La energía almacenada en sus componentes hace de la lignocelulosa un compuesto con gran potencial biotecnológico. La celulosa, la hemicelulosa y la lignina constituyen estructuras llamadas microfibrillas, dispuestas en macrofibras que regulan la estabilidad de la pared celular de las plantas.

2.3.1. CELULOSA

La celulosa es un polisacárido que se puede utilizar como base estructural de las células vegetales. Este es un polímero lineal homogéneo de alto peso molecular. Está compuesto por una cadena larga de D-glucosa, en forma de piranosa, y está

conectado por enlaces β -1,4-glucosídicos dando lugar a la unidad de celobiosa, la misma que es la unidad más pequeña exactamente en toda la cadena polimérica (Benalcázar, 2018).

2.3.2. HEMICELULOSA

La hemicelulosa es un heteropolisacárido compuesto principalmente por xilosa, pentosa, galactosa, glucosa, hexosa y cierta cantidad de ácido glucurónico y galacturónico, cuya función principal es mantener la unión de la lignina y la celulosa en los compuestos lignocelulósicos. La estructura de la hemicelulosa consta de un solo azúcar, un homopolímero o dos o más azúcares, heteropolímeros (Benalcázar, 2018).

2.3.3. LIGNINA

La lignocelulosa es un heteropolímero amorfo insoluble en agua, lo que hace que su descomposición sea muy complicada. La lignina está compuesta por unidades monoméricas llamadas alcohol, p-cumarílico, aceite de ciprés y azúcar sináptica, que se forman por deshidratación por enzimas. La función principal de la lignina es la transmisión de agua, nutrientes y metabolismo, a través del endurecimiento de las fibras de polisacáridos, también aporta rigidez a la pared celular (Benalcázar, 2018).

2.4. BIOETANOL

El bioetanol (etanol o alcohol combustible) con la fórmula química C_2H_5OH se obtiene por fermentación utilizando múltiples fuentes (como materiales vegetales). Contiene azúcares no libres (almidón y principalmente celulosa), que pueden ser fermentados por diferentes microorganismos para obtener bioetanol. Algunas de las principales materias primas para la producción de bioetanol son el maíz, el trigo, la remolacha azucarera, la caña de azúcar, etc. Los sustratos utilizados para producir el alcohol son ricos en lignocelulosa, que es el componente principal de la pared celular de las plantas. Los materiales lignocelulósicos son económicos y de alta disponibilidad (Gracida y Pérez, 2014).

Partiendo de las tres materias primas anteriores, se propone un diagrama del proceso de producción de bioetanol (Figura 2.1.). Generalmente, el proceso de producción consta de tres etapas. En la primera etapa se descomponen los subproductos de la polimerización (Aurora y Barrera, 2014).

La segunda etapa involucra la fermentación microbiana (utilizando bacterias o levaduras, principalmente cepas de *Saccharomyces cerevisiae*, para convertir el azúcar en alcohol. Finalmente, el etanol se recupera por destilación y se purifica en pasos posteriores (Aurora y Barrera, 2014).

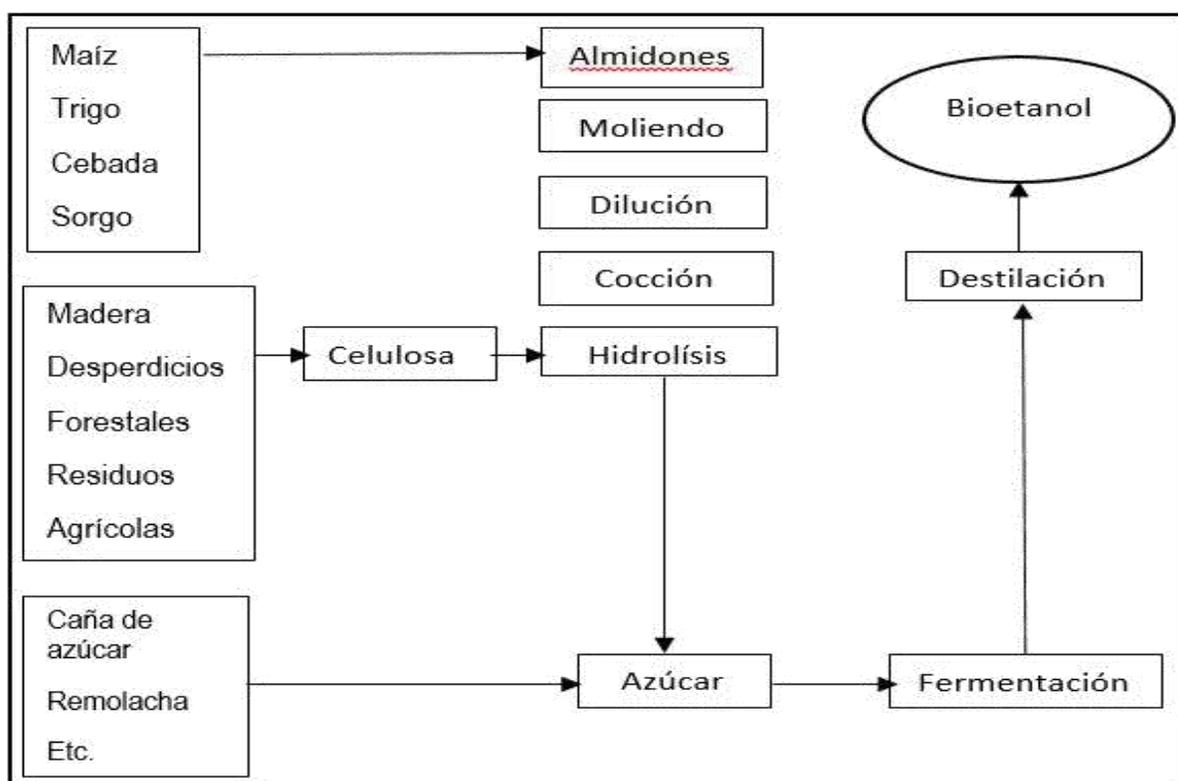


Figura 2.1. Diagrama de procesos de producción de etanol
Fuente: (Aurora y Barrera, 2014).

2.5. SELECCIÓN DE RESIDUOS PARA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL

Según Malagón, *et al.*, (2017), el criterio para determinar los residuos de las frutas se basa en parámetros físicos, químicos y operativos. Los parámetros operacionales son

los primeros que se deben evaluar, puesto que es importante determinar qué desechos se pueden obtener de manera estable durante todo el año y qué desechos pueden producir grandes cantidades de bioetanol. De esta forma, se seleccionan los residuos disponibles y se evalúan los demás parámetros (temperatura, pH, Brix).

2.6. FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

La fermentación del alcohol es una reacción biológica que puede degradar el azúcar en alcohol y dióxido de carbono. El principal factor de transformación es la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), que es la especie de levadura más utilizada. Desde luego, también existen estudios sobre la producción de alcohol con otros hongos y bacterias, como *Zymomonas mobilis*. Sin embargo, la explotación a nivel industrial es mínima (Vázquez y Dacosta, 2007). Este es un proceso muy complicado para la secuencia de conversión que descompone la glucosa en máximo dos moléculas de alcohol y dos moléculas de dióxido de carbono. Además, la fermentación en estado sólido es de un material orgánico que puede soportar altas temperaturas (45°) y tiene un pH de 3 a 4,5.

2.6.1. LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*)

Según Suárez, Garrido y Guevara (2016) *Saccharomyces Cerevisiae* es una levadura que compone el grupo de microorganismos más íntimamente asociados al progreso y bienestar humano. Es una levadura heterótrofa que puede obtener energía de la glucosa y tiene una alta capacidad de fermentación, que se puede aislar fácilmente de las plantas y el suelo. Sin embargo, es un producto del proceso de obtención de alcohol, que a su vez constituye una valiosa fuente de proteínas y vitaminas para la alimentación animal.

2.7. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO FERMENTATIVO

2.7.1. GRADOS BRIX

Es una unidad de medida del contenido de sólidos solubles en una solución, expresada como porcentaje p / v de sacarosa. El contenido de azúcar del jugo de uva fermentado con alcohol debe estar entre 12 y 22 grados Brix, ya que, si el contenido de azúcar es muy bajo, el contenido de alcohol obtenido será pobre. Por el contrario, si el Brix es alto, no se producirá la fermentación porque la presión osmótica que se ejerce sobre la levadura es alta y no les permite trabajar (Escudero, 2015).

2.7.2. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

El pH óptimo para un mejor crecimiento de microorganismos está entre 3,5 y 4,5. La levadura tiene la ventaja de soportar medios más ácidos que otros microorganismos, que se utilizan en procesos industriales para mantener un entorno competitivo para las bacterias que pueden competir por sustratos (Suárez, Garrido y Guevara, 2016).

2.7.3. TEMPERATURA

Escudero (2015) menciona que la temperatura debe ser controlada durante el proceso de fermentación, porque durante el proceso de fermentación se produce un aumento relativo de ésta, esto se debe a que la descomposición del azúcar produce una reacción exotérmica, es decir, con desprendimiento de calor. La temperatura óptima para la fermentación es de 24 a 35°C y la temperatura más adecuada es de 34°C. Si la temperatura es muy baja, la fermentación será lenta, y si esta supera los 35°C, el efecto de la levadura disminuirá; caso contrario si aumenta por encima de los 40°C esta se puede detener, debido a la inhibición de las levaduras.

2.8. DESTILACIÓN

El alcohol producido por la fermentación contiene mucha agua, la cual debe ser removida para que pueda ser utilizado como combustible. Por esta razón,

considerando el punto de ebullición de éste (78,3°C) y el del agua (100°C), se utiliza un proceso de destilación para refinar y purificar el etanol. El material se calentará para evaporar el etanol y separarlo.

La destilación es la operación de separar los diferentes componentes líquidos (etanol/agua) de la mezcla por calentamiento. Un modo de destilación conocido desde tiempos antiguos es la obtención de alcohol aplicando calor a una mezcla fermentada (Guerra, citado en Intriago y Sabando, 2017).

La destilación simple consiste en un matraz de destilación equipado con un termómetro. El matraz reposa sobre una rejilla colocada sobre un aro. El matraz de destilación se encuentra conectado al refrigerante a través del cual el agua circula en contracorriente. Finalmente, el extremo inferior del condensador está conectado a una línea de extensión que conduce el destilado a la botella de recolección. Para realizar esta destilación simple, se coloca 200 ml de la mezcla del compuesto, 50% en volumen de agua y 50% en volumen de alcohol. La concentración del alcohol utilizado debe ser del 94%, luego se realiza el calentamiento para lograr la separación de la mezcla por destilación, es decir, se usa la diferencia entre los puntos de ebullición de los componentes. Luego de extraer la primera gota, se registra su temperatura y se mide el índice de refracción del residuo y del destilado (Guerra, Intriago y Sabando, citado en 2017).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el cantón Bolívar, específicamente en los mercados de las parroquias de Calceta y Quiroga (recolección) y en el laboratorio del área agroindustrial de la ESPAM “MFL” (producción).

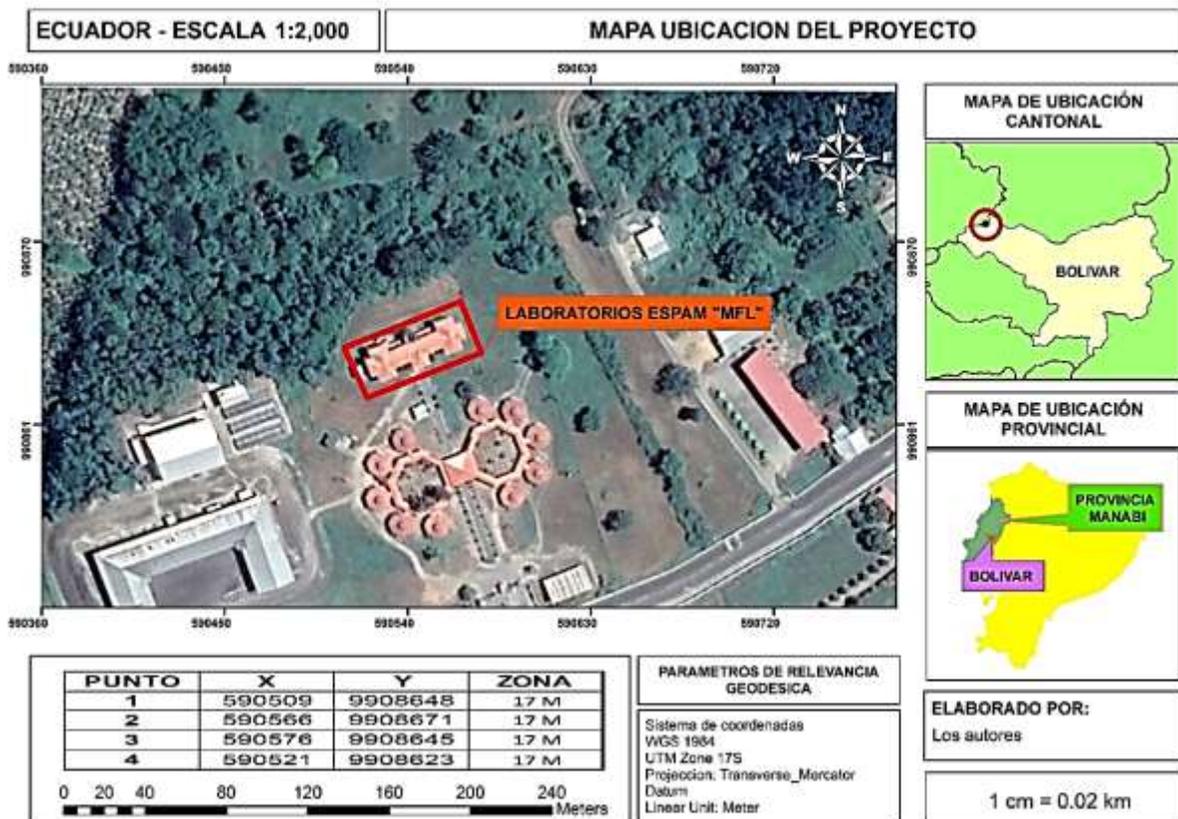


Figura 3.1. Mapa ubicación del proyecto.
Elaborado por: Carrera y Vélez (2021).

3.2. DURACIÓN

La presente investigación se realizó en un periodo de 9 meses.

3.3. MÉTODOS

3.3.1. ANALÍTICO – SINTÉTICO

Este método se lo aplicó para la elaboración de la recolección de información primaria, como datos de laboratorio y secundaria como son los textos bibliográficos; sistematización de técnicas, con la finalidad de obtener bioetanol a partir de los residuos de frutas y verduras de los mercados de Calceta y Quiroga (Rodríguez y Pérez, 2017).

3.3.2. INDUCTIVO - DEDUCTIVO

Se utilizó el método inductivo – deductivo porque se va a promover una solución particular al problema, que será deducida como conclusiones y recomendaciones (Prieto, 2018).

3.3.3. ESTADÍSTICO

Este método se utilizó porque en la investigación se obtuvo recolección, cuantificación y análisis de datos mediante la aplicación de un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con la ayuda del software SPSS versión 20 y Excel 2013 (Horton, 2005).

3.4. TÉCNICAS

La técnica que se utilizó en la investigación fue la recolección de los residuos orgánicos *in situ* de frutas y verduras durante un periodo de dos semanas, con la finalidad de ejecutar un diseño experimental con la aplicación de levadura, urea y melaza, y producir bioetanol a base de los residuos de frutas y verduras.

3.5. FACTORES EN ESTUDIO

FACTOR A: Levadura.

FACTOR B: Urea.

FACTOR C: Melaza.

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

El trabajo se lo desarrolló bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con tres tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, con un total de 12 unidades experimentales (UE):

Tabla 3.1.

Diseño experimental para la obtención del bioetanol

Tratamientos	Nomenclatura	Composición				
		Volumen	Concentración de mosto (%)	Dosis de levadura (ml)	Dosis de urea (g)	Dosis de melaza (dm ³)
1	T ₁ R ₁	1 galón	20 (0,75 dm ³)	5,67	1,81	0,50
	T ₁ R ₂	1 galón	40 (1,51 dm ³)	5,67	1,81	0,50
	T ₁ R ₃	1 galón	80 (3,02 dm ³)	5,67	1,81	0,50
	T ₁ R ₄	1 galón	100 (3,78 dm ³)	5,67	1,81	0,50
2	T ₂ R ₁	1 galón	20 (0,75 dm ³)	5,67	1,81	0,50
	T ₂ R ₂	1 galón	40 (1,51 dm ³)	5,67	1,81	0,50
	T ₂ R ₃	1 galón	80 (3,02 dm ³)	5,67	1,81	0,50
	T ₂ R ₄	1 galón	100 (3,78 dm ³)	5,67	1,81	0,50
3	T ₃ R ₁	1 galón	25 – 75 (0,94 dm ³ - 2,84 dm ³)	5,67	1,81	0,50
	T ₃ R ₂	1 galón	40 – 60 (1,51 dm ³ – 2,27 dm ³)	5,67	1,81	0,50
	T ₃ R ₃	1 galón	60 – 40 (2,27 dm ³ – 1,51 dm ³)	5,67	1,81	0,50
	T ₃ R ₄	1 galón	75 – 25 (2,84 dm ³ – 0,94 dm ³)	5,67	1,81	0,50

Fuente: Carrera y Vélez (2021)

3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

Tratamiento 1: residuos de frutas.

Tratamiento 2: residuos de verduras.

Tratamiento 3: residuos de frutas y verduras.

3.8. VARIABLES A MEDIR

3.8.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Residuos orgánicos.

3.8.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Grados de alcohol obtenidos.

3.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.9.1. FASE I. EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DE FRUTAS Y VERDURAS DE LOS MERCADOS DE CALCETA Y QUIROGA

Actividad 1. Recolección de los residuos orgánicos

Se recolectaron durante dos semanas (de lunes a domingo) los residuos orgánicos de frutas y verduras generados en los mercados de las parroquias de Calceta y Quiroga (Delgado, *et al.*, s.f.). Estos residuos se almacenaron en fundas plásticas al momento de recolectarlos, para después llevarlos al proceso de fermentación.

Actividad 2. Identificación de los residuos orgánicos

Los residuos orgánicos de frutas y verduras fueron separados, clasificados cualitativamente, recolectados en fundas y pesados en una balanza, para determinar el peso de los residuos presentes en las muestras (Cardona *et al.*, 2004).

Actividad 3. Diagrama de caja negra

En el proceso de separación y clasificación se empleó el diagrama de caja negra, en donde se representaron las entradas y salidas; es decir, que se detalló la cantidad de materia orgánica de frutas y verduras que se recolectó, la que fue utilizada en el

proceso de producción de bioetanol y el material orgánico que no fue utilizado (Velásquez. *et al.*, 2010).

3.9.2. FASE II. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL BIOETANOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS DE LOS MERCADOS DE CALCETA Y QUIROGA

Actividad 4. Trituración de los residuos orgánicos

Los residuos de frutas y verduras fueron sometidos a un tratamiento de molienda y licuado, a través de licuadoras y morteros, para tener como consecuencia un lodo fluido conocido como mosto (Cardona, *et al.*, 2004).

Actividad 5. Preparación del mosto para la fermentación

Para la preparación del mosto se tuvo en cuenta parámetros, tales como: pH, que se determinó al inicio del ensayo y se debe encontrar entre 3,5 a 4,5 (Fellows, 2007); y la temperatura, en donde el mosto se debe conservar a una temperatura ambiente.

Actividad 6. Aplicación de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) sobre el mosto

En este proceso se agregó la dosis de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) a cada tratamiento en las cuatro repeticiones, proporcionado en 5,67 ml, de acuerdo a la investigación realizada por Loo y Solórzano (2014), en el que manifiestan que es la concentración más eficaz para la obtención del bioetanol.

Actividad 7. Aplicación de la urea sobre el mosto

Al mosto se le agregó urea para obtener mayor eficiencia en la obtención del bioetanol, la cantidad fue de 1,81 g por galón, como indica Cardona, *et al.*, (2004). De acuerdo al trabajo realizado que consiste en la biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado para la obtención de etanol.

Actividad 8. Medición de los grados Brix sobre el mosto

Se midieron los grados Brix antes de empezar el proceso de fermentación; después, se le agregó 0,50 dm³ de melaza en los tratamientos para aumentar el azúcar en el mosto y que se realice el proceso de fermentación anaeróbica. De acuerdo a Pari (2013) a partir de los 5 días la sacarosa presente en el mosto se convertirá en bioetanol, siguiendo estas especificaciones, el proceso se lo realizó durante un periodo de ocho días.

Actividad 9. Obtención del bioetanol

Después de la fermentación, se destiló el producto, mediante el armado de un equipo de destilación de laboratorio, que consto de un brazo universal, un balón de destilación, un condensador, una plancha de calentamiento y un termómetro (Delgado *et al.*, s.f.). Los grados de alcohol se midieron a través de un alcoholímetro (Otero *et al.*, 2009).

Actividad 10. Análisis estadístico de los datos

Para el examen funcional se aplicó en todos los tratamientos la prueba rango Tukey al 0,05% de probabilidad de error en la producción de bioetanol partiendo de la metodología aplicada por Valdés *et al.*, (2015). De acuerdo a los resultados obtenidos, se procedió a aceptar o rechazar la hipótesis planteada.

3.9.3. FASE III. CÁLCULO DEL COSTO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS DE LOS MERCADOS DE CALCETA Y QUIROGA

Actividad 11. Análisis de costo

Los costos de producción son los gastos que se requieren para llevar a cabo la realización de un proyecto. Entre los costos de producción se encuentran costos de materia prima, costos de mano de obra y demás costos de fabricación (Salinas, 2012).

Para la determinación del costo de producción del proyecto, se utilizó la metodología propuesta por Terán y Solórzano (2013), donde se tomaron en cuenta los gastos utilizados para la obtención del producto. Se lo clasificó en tres factores de producción, según lo detalla el método, que se lo detalla en la siguiente ecuación:

$$CP = MP + MOD + GP \quad [3.1]$$

Donde:

CP= Costo de producción

MP= Materia prima.

MOD= Mano de obra directa.

GP= Gasto de producción.

La suma de estos tres factores proporcionó el costo económico total para la obtención del producto.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS DE LOS MERCADOS DE CALCETA Y QUIROGA

4.1.1. RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS

La recolección de las frutas y verduras se realizó en el cantón Bolívar, en los mercados de las parroquias de Calceta y Quiroga; por un tiempo de dos semanas (del 24 de agosto al 06 de septiembre de 2020). El total recolectado fue de 980,7 kg entre frutas y verduras, como: naranja, mandarina, sandía, cebolla, tomate, remolacha, zanahoria, pepino, pimiento, entre otros; que fueron almacenadas en fundas de plástico. (Anexo 1)

En la parroquia Quiroga, la recolección de la materia orgánica se la realizó una vez a la semana (sábado), debido a la pandemia del COVID-19, ya que los comerciantes se rigieron a las normativas de bioseguridad dictadas por el COE (Comité de Operaciones de Emergencia) del cantón Bolívar. El peso recolectado de frutas y verduras fue de 5,3 y 5,9 kg, respectivamente; haciendo un total de 11,2 kg de materia orgánica, en los días 29 de agosto y 05 de septiembre. (Anexo 2)

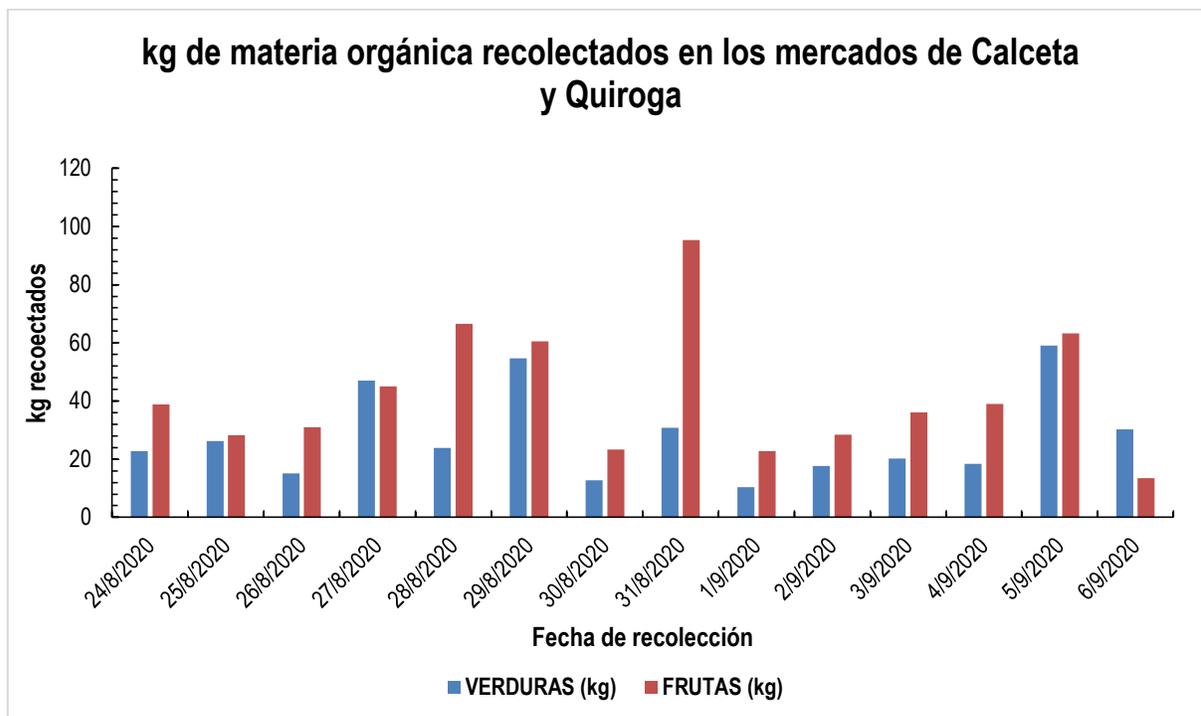


Figura 4.1. Kg de materia orgánica recolectados en los mercados de Calceta y Quiroga.

En la figura 4.1., se observa que el 31 de agosto fue el día donde existió mayor cantidad de residuos orgánicos, resaltando que hubo excesiva presencia de frutas (95,3 kg), ya que en ese mes del año existe una alta producción de cosecha de las mismas, la mayor venta oscila de jueves a sábado; es por ello que la materia orgánica sometida a exposición se descompone y por tanto se desecha ya que es un producto en mal estado que no puede ser comercializado. Esto coincide con lo descrito por Sinche (2018) que la alta presencia de frutas y verduras desechadas, se debe a temporadas de buena producción y también por el descarte de productos que no cumplen con los estándares de venta.

4.1.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS

El material recolectado fue separado y clasificado teniendo en cuenta la madurez y la cantidad de azúcar que contienen dichas frutas y verduras; posterior a eso, se procedió a pesar en una balanza todos los residuos orgánicos seleccionados, alcanzando los 38,8 kg de verduras (tomate, remolacha y zanahoria); los 52,9 kg de frutas (naranja,

sandía, melón, mamey, papaya y mandarina); los cuales son la materia prima para la obtención del bioetanol (Anexo 3). Rodríguez (2016) en su investigación utilizó frutas y verduras maduras debido a que se realiza un mejor proceso de fermentación por su alto contenido en azúcar, donde al liberarse la glucosa sirve de sustento para el desarrollo y reproducción de los organismos presentes. La glucosa presente en el azúcar en ausencia de oxígeno se transforma en etanol y dióxido de carbono (Randazzo *et al.*, 2016)

4.1.3. DIAGRAMA DE CAJA NEGRA

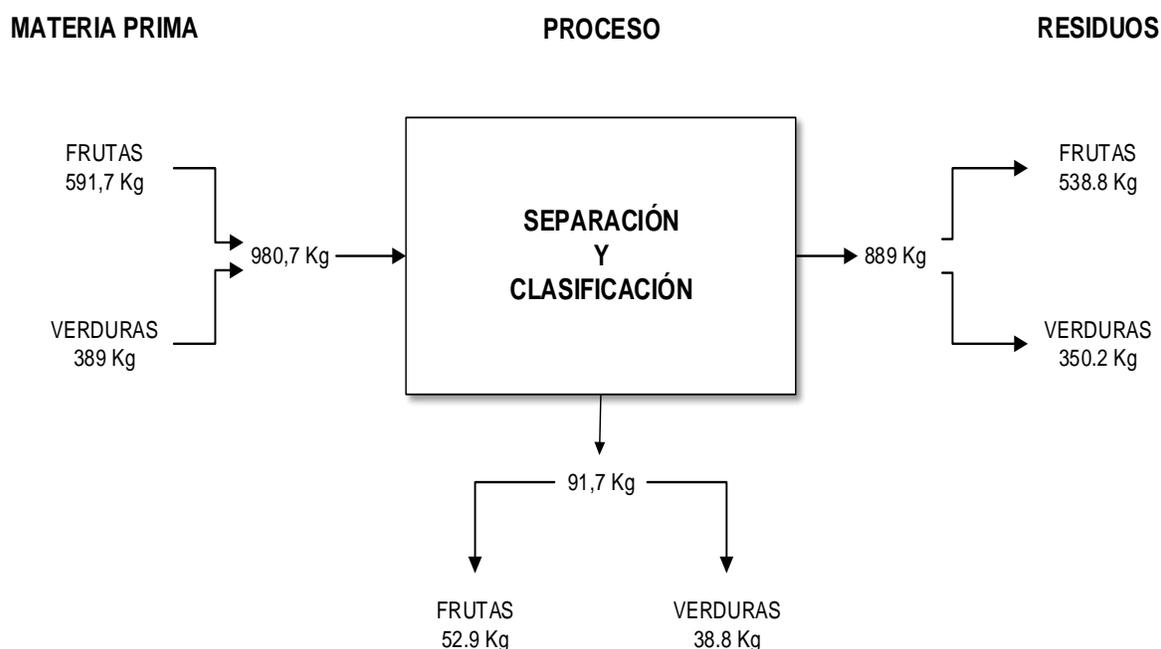


Figura 4.2. Diagrama de caja negra del proceso de separación y clasificación de la materia prima.

La materia prima que ingresó al proceso de separación y clasificación tuvo una masa de 980,7 kg, los cuales están conformados por 591,7 kg de frutas y 389 kg de verduras; aquellos que cumplían las características necesarias para continuar con el proceso fueron 52,9 kg de frutas y 38,8 kg de verduras; los 889 kg de residuos estaban compuestos por frutas y verduras con una cantidad mínima de azúcares y en algunos casos que llegaron al grado máximo de descomposición. Llenque, *et al.*, (2020) en su investigación evidenció que las materias primas vegetales deben ser calificados como

competentes para la producción de bioetanol, ya que estos tipos de residuos al generarse en cantidades apreciables y depositarse o desecharse en un sólo lugar pueden perder ciertas características que son necesarias para el proceso de producción de bioetanol.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL BIOETANOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS DE LOS MERCADOS DE CALCETA Y QUIROGA

4.2.1. TRITURACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS

Para la obtención del mosto, se realizó el licuado del material seleccionado para la producción de bioetanol, en la cual se utilizó 38,8 kg de verduras y 52,9 kg de frutas; considerando que:

$$1,60 \text{ kg de verduras} = 1 \text{ dm}^3 \text{ de mosto}$$

$$1,57 \text{ kg de frutas} = 1 \text{ dm}^3 \text{ de mosto}$$

Por lo tanto, se obtuvo 24,25 y 33,69 dm³ de mosto de verduras y frutas, correspondientemente (Anexo 4); el cual fue envasado en una docena de botellas de polipropileno de capacidad de 3,78 dm³, dividido en 6 galones de frutas y la diferencia de verduras. (Anexo 5-B)

4.2.2. PREPARACIÓN DEL MOSTO PARA LA FERMENTACIÓN

Mediante el uso del potenciómetro se determinó el pH y la temperatura del mosto al inicio del ensayo. La muestra se debió encontrar a una temperatura ambiente (23 - 25°) y con un pH de 3,5 a 4,5. En la tabla 4.1., se muestra que los valores se

encuentran dentro del rango permitido; por lo tanto, las muestras están en óptimo estado para la obtención del bioetanol.

Tabla 4.1.

Parámetros determinados al inicio del ensayo.

	MUESTRA (M)	pH	T°
VERDURAS	1	3,80	26,6
	2	4,30	26,3
	3	3,50	26,6
	4	3,20	26,7
	5	4,30	26,2
	6	3,70	26,3
FRUTAS	1	4,20	25,5
	2	3,40	25,4
	3	3,10	25,8
	4	4,40	25,8
	5	4,00	26,7
	6	3,90	25,5

4.2.3. APLICACIÓN DE LA LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*) SOBRE EL MOSTO

Después de haber medido los parámetros iniciales, se procedió a medir las diferentes concentraciones de mosto para la respectiva preparación. En el tratamiento 1 (frutas) y en el tratamiento 2 (verduras), las concentraciones fueron del 20, 40, 80 y 100% de mosto; a diferencia del tratamiento 3 (frutas y verduras), que las concentraciones fueron del 25% – 75%, 40% – 60%, 60% – 40% y 75% – 25% de mosto. Posterior a eso, mediante el uso de unapipeta se aplicaron 5,67 ml de levadura sobre cada repetición en cada tratamiento, considerando que este aditivo ayuda en la fermentación para la obtención del bioetanol. Suárez *et al.*, (2016) que la levadura más popular en la producción de etanol debido a su amplia tolerancia al pH por lo que es menos susceptible a la infección, es heterótrofa y obtiene su energía mediante la glucosa, su importancia radica en su elevada capacidad fermentativa alcanzando rendimientos hasta de 97,2%.

Tabla 4.2.

Dosis de levadura aplicada sobre el mosto.

TRATAMIENTO	REPETICIONES	LEVADURA (ml)
1	4	5,67
2	4	5,67
3	4	5,67

4.2.4. APLICACIÓN DE LA UREA SOBRE EL MOSTO

Dentro de la preparación, se añadió urea para dar una mayor eficacia, la cantidad utilizada fue de 1,81 g en cada repetición de cada uno de los tratamientos.

Tabla 4.3.

Dosis de urea aplicada sobre el mosto

TRATAMIENTO	REPETICIONES	UREA (g)
1	4	1,81
2	4	1,81
3	4	1,81

4.2.5. MEDICIÓN DE LOS GRADOS BRIX SOBRE EL MOSTO

En la tabla 4.4., se observan los valores de grados Brix presentes en los 12 galones de mosto que fueron medidos al inicio del ensayo.

Tabla 4.4.

Grados Brix presentes en el mosto al inicio del experimento

	MUESTRA (M)	° BRIX INICIAL (%)
VERDURAS	1	4,6
	2	4,2
	3	5,6
	4	8,6
	5	4,5
	6	6,6
FRUTAS	1	10,8
	2	12
	3	10
	4	7,1
	5	9,3
	6	10,6

Posterior a eso, se añadió 0,50 dm³ de melaza a cada uno de los tratamientos ya expuestos a la preparación para aumentar el nivel de azúcar en el mosto y obtener un mejor resultado en el ensayo (Tabla 4.5). Ya terminada la preparación de los tratamientos, se fermentaron anaerómicamente las repeticiones durante ocho días, aplicando un sistema de purificación que consiste en la conexión de una manguera inmersa en agua en cada uno de los envases con mosto (Anexo 8), con el fin de que se produzca una trampa de aire, permitiendo la salida del CO₂ producido por la fermentación y a la vez, se impide la entrada de cualquier producto que altere el proceso y de esta manera se evita que los gases se acumulen y ocasionen la explosión de los envases (Luna, 2018).

Tabla 4.5.

Grados Brix presentes en el mosto después de la preparación

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	° BRIX FINAL (%)
1	1	38,5
	2	15,9
	3	11,5
	4	11,9
2	1	37,6
	2	21,7
	3	13
	4	10,5
3	1	10,9
	2	13,6
	3	10,8
	4	13,5

4.2.6. OBTENCIÓN DEL BIOETANOL

Mediante el proceso de destilación, se colocó el balón con mosto fermentado en una plancha de calentamiento a una temperatura de 400°, durante un tiempo de 3 horas por cada 500 ml de mosto para la obtención del bioetanol. Posterior a eso, se almacenaron todos los ml de bioetanol obtenidos en botellas de plástico con cierre hermético para que el alcohol no se volatilice (Anexo 10). Una vez terminada la

destilación, se midió la cantidad de bioetanol que se obtuvo por cada repetición y con el alcoholímetro se midieron los grados de alcohol presentes en el fluido. (Anexo 11)

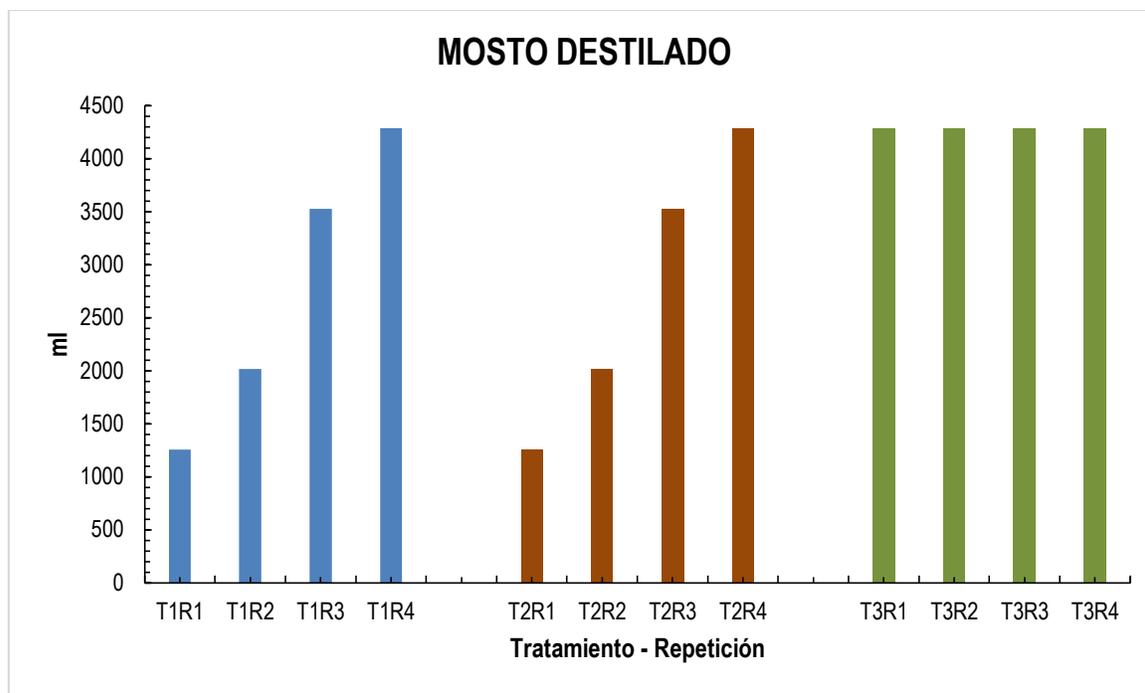


Figura 4.3. Mosto destilado en cada tratamiento.

En la figura 4.3 se observa la cantidad de mosto que fue destilado en el experimento por cada tratamiento de cada repetición, donde el tratamiento 1 y 2 tuvieron la misma concentración en cada uno de los tratamientos, pero con componente diferente correspondiente a frutas y verduras. Mientras que en el tratamiento 3 se destiló un 100% de mosto con la combinación de ambos componentes, pero con diferentes concentraciones de cada uno en cada repetición. Delgado, *et al.*, (s.f.) indican que para un mejor resultado en la obtención del mosto es necesario trabajar solo con la pulpa porque si se trabaja con la cáscara, el procedimiento de extracción se complica, por lo que se forma una masa espesa y de difícil manejo para trabajar en el experimento.

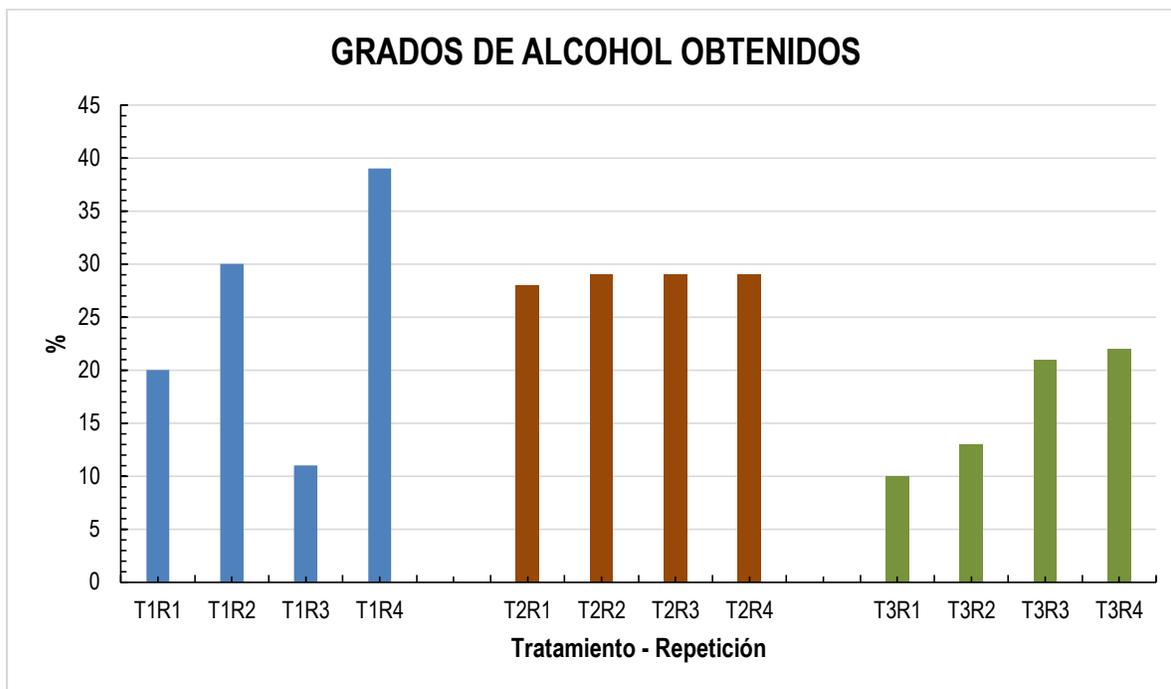


Figura 4.4. Grados de alcohol obtenido en cada tratamiento.

En la figura 4.4., se observa los grados de alcohol obtenidos a partir de los residuos orgánicos de frutas y verduras, siendo el mejor resultado el T₁R₄, con un valor de 39%, tratamiento correspondiente a frutas con una concentración total de mosto del 100% de un galón. A diferencia del T₃R₁ (menor grado de alcohol obtenido) con un resultado del 10% con una composición del 25 – 75% de frutas y verduras, respectivamente. Estos datos se asemejan con el estudio realizado por Delgado *et al.*, (s.f.) que demuestra que la alta productividad del proceso está constituida que en promedio se obtenga 37° de alcohol por cada kilogramo de mosto, siempre y cuando este posea 23° Brix.

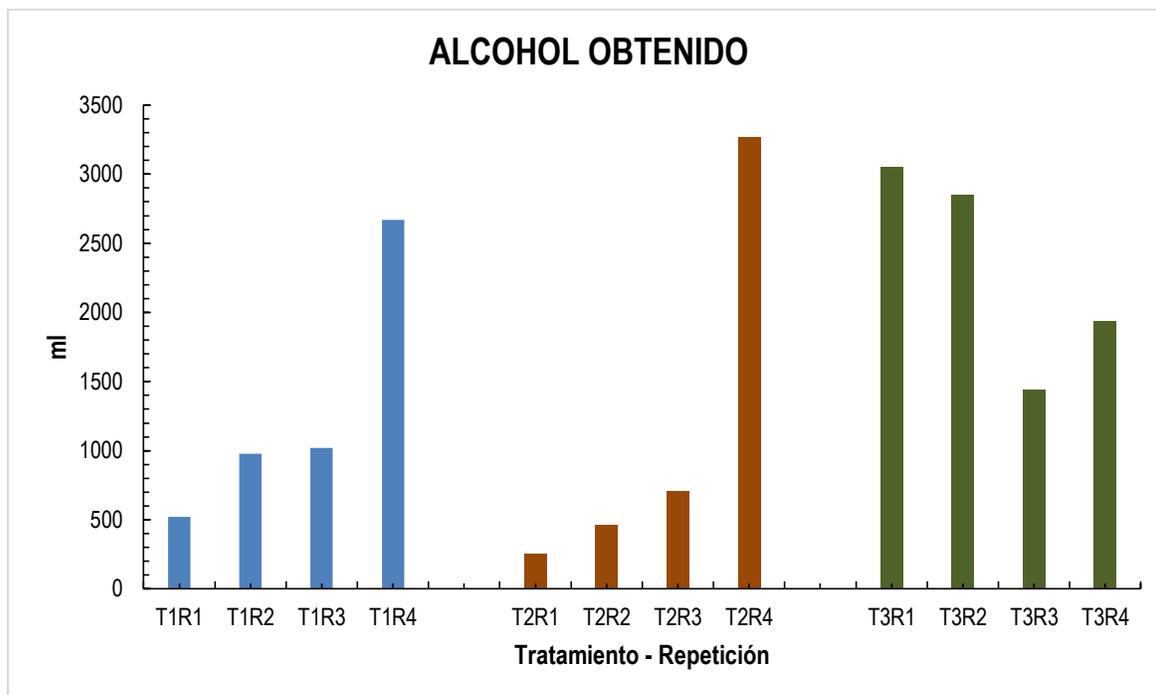


Figura 4.5. Alcohol obtenido en cada tratamiento.

En la figura 4.5., se observa la cantidad de alcohol que se obtuvo por cada repetición de cada tratamiento, siendo el T₂R₄ el tratamiento que obtuvo mayor ml de bioetanol, con un resultado de 3268 ml, en comparación con el menor que fue el T₂R₁ con un 253 ml de alcohol. Existiendo una notable variación entre los ml obtenidos, producto de la textura del mosto, ya que las frutas contienen mayor cantidad de líquido en relación con las verduras; influyendo también la forma del tubo refrigerante, ya que se usó en forma de espiral y de bolas.

Estos resultados coinciden con los del estudio de Khandaker *et al.*, (2020) donde alega que los residuos de frutas y verduras son eficientes en la producción de bioetanol y que cualquier materia prima de origen vegetal con presencia significativa de glucosa se puede utilizar para la producción de bioetanol. Las frutas al obtener alto contenido de azúcar presentaron un alto rendimiento en la producción de bioetanol (Mohd *et al.*, 2017). La idea de obtener combustible mediante el uso de residuos es una alternativa barata, asequible y eficiente (Pleissner *et al.*, 2013).

4.2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Los resultados estadísticos arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 4.6.

Pruebas de efectos inter sujetos

Pruebas de efectos inter sujetos						
Variable dependiente: Grados de alcohol obtenidos						
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Modelo corregido	524,750 ^a	5	104,950	1,862	0,235	
Intersección	6580,083	1	6580,083	116,749	0,000	
Residuos orgánicos	315,167	2	157,583	2,796	0,139	
Concentración	209,583	3	69,861	1,240	0,375	
Error	338,167	6	56,361			
Total	7443,000	12				
Total, corregido	862,917	11				

a. R al cuadrado = 0,608 (R al cuadrado ajustada = 0,282)

Fuente: Carrera y Vélez (2021).

En la tabla 4.6 se muestran los valores del análisis estadístico, Pruebas de efectos inter sujetos para el factor de residuos orgánicos, con significancia del 5% e intervalo de confianza de 95% y un valor $P < F$ 0.139 se concluye que no existe diferencia estadística significativa entre los factores evaluados (tipos de residuos) además, no hay evidencia suficiente para concluir que la concentración tiene un efecto importante. Así mismo, de este análisis se obtiene que R^2 0,608 lo cual es aceptable para determinar una respuesta significativa. Sin embargo, Del campo, *et al.*, (2006) indica que los residuos vegetales como frutas y verduras al ser fuentes no comestibles de lípidos, aminoácidos, carbohidratos y fosfatos, sirven como materia prima para la producción de bioetanol, debido a que la celulosa es uno de los principales compuestos de la biomasa lignocelulósica que pueden transformarse en azúcares.

Tabla 4.7.

Comparaciones múltiples entre variable dependiente y grados de alcohol obtenidos

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Grados de alcohol obtenidos						
HSD Tukey						
(I) Residuos orgánicos	(J) Residuos orgánicos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Frutas	Verduras	-3,7500	5,30854	0,769	-20,0380	12,5380
	Frutas y Verduras	8,5000	5,30854	0,315	-7,7880	24,7880
Verduras	Frutas	3,7500	5,30854	0,769	-12,5380	20,0380
	Frutas y Verduras	12,2500	5,30854	0,130	-4,0380	28,5380
Frutas y Verduras	Frutas	-8,5000	5,30854	0,315	-24,7880	7,7880
	Verduras	-12,2500	5,30854	0,130	-28,5380	4,0380

Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática (Error) = 56,361.

Fuente: Carrera y Vélez (2021).

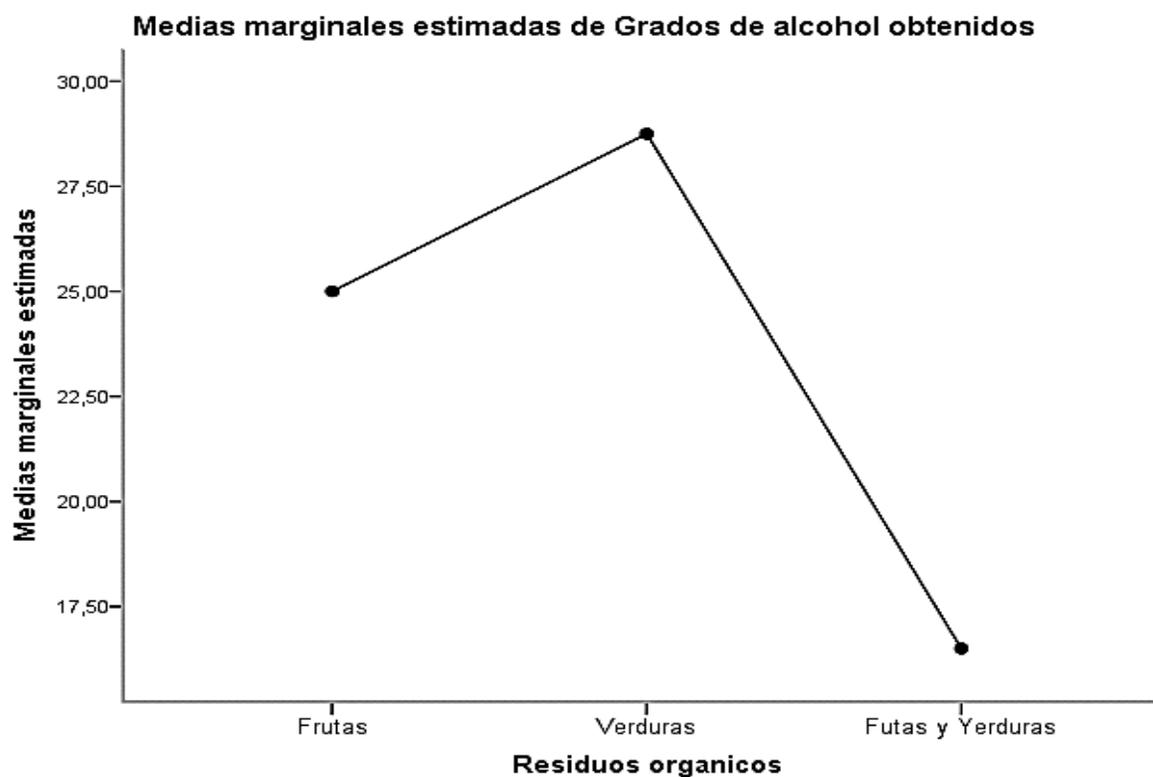


Figura 4.6. Gráfico de medias marginales estimadas de ° de alcohol obtenido.

El método más conservador para comparar pares de medias de tratamiento es el método Tukey, el cual consiste en comparar las diferencias entre medias muestrales.

De acuerdo a las pruebas realizadas no existe diferencia significativa entre tratamientos, si se compara las medias marginales de cada tratamiento (Figura 4.7.), Patrik, *et al.*, (2014) indica que si se analiza el grado de alcohol obtenido, el tratamiento con mejor rendimiento son las verduras T² con una media de 28,75 grados de alcohol y el menos eficiente es el tratamiento 3 que es la combinación de frutas y verduras con una media aproximada de 16,5 grados de alcohol.

4.3. CÁLCULO DEL COSTO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS DE LOS MERCADOS DE CALCETA Y QUIROGA

4.3.1. ANÁLISIS DE COSTO

Mediante las pruebas experimentales se determinó que el tratamiento más eficiente es el T₁R₄. A continuación se detalla la cantidad y el valor unitario de los materiales utilizados en la obtención del bioetanol.

Tabla 4.8.

Costo de materia prima.

Materia prima	Cantidad	Valor unitario dólares	Valor total dólares
Residuos de frutales	1,57 kg	0	0
Melaza	0,50 dm ³	0,30	0,15
Levadura	5,67 gr	0,01	0,06
Urea	1,81 gr	0,02	0,04
TOTAL			0,25

Fuente: Carrera y Vélez (2021).

Tabla 4.9.

Costo de mano de obra.

Hora/trabajo	Valor unitario dólares	Valor total dólares
2	0,15	0,30
TOTAL		0,30

Fuente: Carrera y Vélez (2021).

Tabla 4.10.

Gasto de producción.

Consumo de producción	Cantidad	Valor unitario dólares	Valor total dólares
Consumo eléctrico	1,70 KW/h	0,04	0,70
Consumo de agua	1000 dm ³	0,05	0,10
Cinta de papel	1	0,40	0,40
Guantes	2	0,50	1,00
TOTAL			2,20

Fuente: Carrera y Vélez (2021).

Ecuación para determinar el costo de producción

$$CP = MP + MOD + GP \text{ [4.1]}$$

$$CP = 0,25 + 0,30 + 2,20$$

$$CP = 2,75$$

El costo de producción de bioetanol obtenido en este trabajo es de \$2,75 dólares americanos por cada dm³. El beneficio ambiental que genera el valerse de este recurso es que además de aportar con la reducción de emisiones de CO₂ y otros contaminantes atmosféricos, también favorece a la reducción de la acumulación de estos residuos orgánicos en los centros de abasto, que por falta de gestión en muchos de los casos no son tratados y dispuestos de una manera correcta, acarreando impactos ambientales. Por ende, resulta económicamente factible desarrollar este tipo de alternativa, que promete la perspectiva concreta de una realidad energética más sostenible, contribuyendo así a la disminución de los gases de efecto invernadero proveniente de la utilización de los hidrocarburos, estos resultados coinciden con los de Ávila y Torrejón (2018) donde obtuvieron valores similares del costo de producción de bioetanol, por lo que el uso de los residuos de frutas y verduras con altos contenido de azúcar y almidón son eficientes y de bajo costo, es por esto que la producción de

bioetanol a partir de estas materias primas se encaminan hacia una realidad energética más sostenible.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Las frutas y verduras recolectadas para el ensayo, ostentaron niveles óptimos de azúcar; donde se manejó una masa de 38,8 kg de verduras y 52,9 kg de frutas para obtener la cantidad necesaria de mosto ($24,25 \text{ dm}^3$ de verduras y $33,69 \text{ dm}^3$ de frutas) a experimentar en la obtención del bioetanol.
- De los 12 tratamientos empleados, el T₁R₄ con un total de 4285,67 ml de mosto destilado fue el tratamiento que presentó mayor porcentaje de alcohol con un valor de 39%; y el tratamiento que presentó menor porcentaje de alcohol fue el T₃R₁ con un valor de 10%. Mientras que el T₂R₄ fue el tratamiento que obtuvo mayor ml de alcohol, con un resultado de 3268 ml, en comparación con el T₂R₁ que fue el que presentó el dato más bajo, con un valor de 253 ml de alcohol.
- El mejor tratamiento muestra un costo de producción de \$2,75, haciendo uso de 1 dm^3 de mosto de residuos frutales; lo que indica que es un beneficio ambiental y una alternativa fácil de aplicar para cumplir con el principio de la economía circular.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar mejoras en cada una de las etapas del proceso de obtención de bioetanol, con el objetivo de obtener un mayor rendimiento, mediante la implementación de un proceso de hidrólisis ácida que permita convertir todo el material lignocelulósico en azúcares reducidas y obtener altos grados de alcohol.
- Continuar con este tipo de investigaciones sobre la producción de bioetanol a partir de los residuos orgánicos de los mercados de los distintos GAD

Municipales, con la finalidad de aprovechar de una mejor forma las materias primas (frutas y verduras) de los mercados en la producción de biocombustibles.

BIBLIOGRAFÍA

- Arellano, C. (2015). *Obtención de bioetanol a partir de materiales lignocelulósicos sometidos a hidrólisis enzimática* (tesis de pregrado). Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
- Aurora, E y Barrera, E. (2014). Obtención de bioetanol a partir de los residuos fermentables de mango y determinación de parámetros óptimos de destilación.
- Ávila, P y Torrejón, J. (2018). Proceso biotecnológico ambiental en la obtención de bioetanol y alimento balanceado para cuyes a partir de los residuos orgánicos frutales y hortalizas, generados en los mercados formales e informales de la ciudad de Huaraz-Ancash-2014.
- Awad, S. A. J. (2011). *Sacarificación y fermentación simultánea para la producción de bioetanol de segunda generación, mediante pretratamientos alternativos: líquidos iónicos reciclados y hongos de pudrición blanca* (Doctoral dissertation, Universidad de Santiago de Chile).
- Benalcázar, J. (2018). *Evaluación de diferentes pretratamientos químicos a la biomasa de la cáscara de cacao para procesos de fermentación alcohólica* (tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Ecuador.
- Bermúdez, A. (2015). *Manejo de los residuos sólidos generados en la cabecera cantonal Calceta del cantón Bolívar provincia de Manabí y propuesta de modelo de gestión*. Guayaquil.
- Campozaño, G. (2011). *Sistema de gestión integral de residuos sólidos urbanos para minimizar los impactos ambientales en la parroquia de Puerto Cayo, Jipijapa, Provincia de Manabí, Ecuador*. Jipijapa.
- Cardona, C., Sánchez, Ó., Ramírez, J y Alzate, L. (2004). Biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 78-89.
- Chiroque, J. (2018). *Capacidad de producción de bioetanol a través de la degradación de residuos sólidos orgánicos en Chiriaco, 2018* (tesis de pregrado). Universidad de Lambayeque, Chiclayo, Perú.
- Del Campo, I., Alegría, I., Zazpe, M., Echeverría, M., y Echeverría, I. (2006). Diluted acid hydrolysis pretreatment of agri-food wastes for bioethanol production.

Industrial Crops and Products, 24(3), 214–221.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2006.06.014>.

Delgado, C., Villafuerte, C., Cárdenas, F y Loor, G. (s.f.). Obtención de etanol a partir de residuos frutales del centro de abasto del cantón Bolívar. *La Universidad en el Siglo XXI*. Calceta, Ecuador.

Escudero, D. (2015). *Obtención de bioetanol a partir de inulina proveniente de biomasa vegetal mediante sacarificación y fermentación* (tesis de pregrado). Universidad central del Ecuador, Quito, Ecuador.

Espaliat, M. (2017). *Introducción a los principios de la economía circular y de la sostenibilidad*.

FAO. (2011). *¿Qué es la pérdida de alimentos y el desperdicio de alimentos?* Obtenido de <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/es/>

Fellows, P. (2007). *Tecnología del procesado de los alimentos: principios y práctica*. Acribia S.A.

Galvis, M., Molina, D., Ortiz, C., y Torres, R. (2009). *Estudio del proceso de fermentación de glucosa para la producción de bioetanol a partir de levaduras nativas* (tesis de pregrado). Universidad industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

Gracida, J y Pérez, B. (2014). Factores previos involucrados en la producción de bioetanol, aspectos a considerar. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(2), 213-227.

Horton, N. J., & Switzer, S. S. (2005). Statistical Methods in the Journal. *New England Journal of Medicine*, 353(18), 1977–1979.
<https://doi.org/10.1056/nejm200511033531823>

Intriago, G y Sabando, T. (2017). Aprovechamiento del residuo del bagazo de la caña de azúcar (*Shaccharum officinarum*), para la obtención de alcohol, sitio Agua Fría, Junín (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Manabí “Manuel Félix López”, Calceta, Ecuador.

Jaramillo, G y Zapata, L. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia* (tesis de pregrado). Universidad de Antioquia, Colombia.

- Khandaker, M., Umar, Abdullahi, U., Abdulrahman, Mahmoud., Badaluddin, Noor y Mohd, Khamsah. (2020). Producción de bioetanol a partir de residuos de frutas y verduras mediante el uso de *Saccharomyces cerevisiae*. IntechOpen.
- Llenque, L., Quintana, A., Torres, L y Segura, R. (2020). Producción de bioetanol a partir de residuos orgánicos vegetales. *REBIOL*, 40(1), 21-29.
- Loor, G y Solórzano, C. (2014). *Producción de etanol mediante un método más eficaz con los residuos sólidos de frutas del centro de abasto del cantón Bolívar* (tesis de pregrado). Calceta, Ecuador.
- Luna, T. (2018). *Producción de etanol a partir del mucílago de cacao (Theobroma cacao) mediante fermentación alcohólica*. Repositorio UTMACH. Machala, Ecuador
- Malagón, M., Páez, A., Muñoz, A., Aguilar, J y Zabala, D. (2017). Producción de bioetanol a partir de diferentes mezclas de los residuos orgánicos generados en una empresa alimentos. *Revista de Investigación*, 10(1), 47-59.
- Martínez, M y Quintero, J. (2017). Estado actual de los desperdicios de frutas y verduras en Colombia. *AMITIC*, 194-201.
- Medina, M., Lara, L., Aguilar, C y De la Garza, H. (2009). Aprovechamiento de materiales lignocelulósicos para la producción de etanol como carburante. *Acta Química Mexicana*, 35-41.
- Mohd Azhar, S. H., Abdulla, R., Jambo, S. A., Marbawi, H., Gansau, J. A., Mohd Faik, A. A., & Rodrigues, K. F. (2017). Yeasts in sustainable bioethanol production: A review. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 10, 52–61. <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2017.03.003>
- Núñez, M y García, P. (2006). BIOCOMBUSTIBLES. Bioetanol y Biodiesel. *Boletín das ciencias*, 179-180.
- Orejuela, L. (2019). Relación de la Economía Circular, la Tecnología Cero Desechos, la Bioeconomía, la Biorrefinería y el Desarrollo Sostenible y Sustentable. *ÑAWPAY Revista Técnica Tecnológica*, 38-47.

- Otero, M., García, R., Pérez, M., Martínez, J., Vasallo, M., Saura, G y Bello, D. (2009). Producción de bioetanol a partir de mezclas de jugos-melazas de caña de azúcar. *ICIDCA*, 17-22.
- Pari, E. 2013. Cinética de conversión de los carbohidratos presentes en la cáscara de plátano (*musa cavendishi*) para la obtención de etanol. TESIS. Ingeniero químico. Universidad nacional del altiplano facultad de ingeniería química. Pe.
- Patrik, R., Per, E y Mohammad, J. (2014). Integración de los procesos de bioetanol de primera y segunda generación y la importancia de los subproductos. *Bioresource Technology*, 3-8.
- Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida. (2017-2021). *Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.*
- Pleissner, D., Lam, W. C., Sun, Z., & Lin, C. S. K. (2013). Food waste as nutrient source in heterotrophic microalgae cultivation. *Bioresource Technology*, 137, 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.03.088>.
- Prieto, B. (2018). El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales. *Cuadernos de Contabilidad*, 18(46). <https://doi.org/10.11144/javeriana.cc18-46.umdi>.
- Randazzo, W., Corona, O., Guarcello, R., Francesca, N., Germanà, M. A., Erten, H., Moschetti, G., & Settanni, L. (2016). Development of new non-dairy beverages from Mediterranean fruit juices fermented with water kefir microorganisms. *Food Microbiology*, 54, 40–51. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.10.018>.
- Rodríguez, A., y Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista EAN*, (82). <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- Rodríguez, R. 2016. Evaluación de características físicas y químicas del vino obtenido a partir de Mango (*Mangifera indica* L) Ataulfo y Tommy Atkins utilizando tres concentraciones diferentes de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). Tesis. Universidad Católica De Santiago De Guayaquil Facultad De Educación Técnica Para El Desarrollo Carrera De Ingeniería Agroindustrial. Guayaquil, Ecuador.

- Salinas, G. (2012). *Los costos de producción y su efecto en la rentabilidad de la planta fibra de vidrio en Cepolfi Industrial C.A de la ciudad de Ambato*. Repositorio UTA. Ambato, Ecuador.
- Seminario, A. (2019). Desperdicio de residuos orgánicos de alimentos. El Universo.
- Sinche, L., Manuel, L y Castañeda, M. (2018). Propuesta de control interno para reducir el descarte de productos-mermas y desmedros- en el área de frutas de las empresas de RETAIL. Lima
- Soria, L. (2018). *Aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos como abono orgánico en municipalidades distritales*. Arequipa.
- Suárez, C., Garrido, N y Guevara, C. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. *ICIDCA*. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar, 50(1), 20–28.
- Terán, J y Solórzano, P. (2013). *Obtención de bioetanol del Jacinto de agua (Eichhornia crassipe) proveniente del embalse Sixto Durán Ballén mediante proceso enzimático*. Repositorio ESPAM MFL. Calceta, Ecuador
- Valdés, A., Fernandes, B., Mota, A., Aguilar, C., Iliina, A y Teixeira, J. (2015). Cinética para la producción de bioetanol usando la levadura *Saccharomyces cerevisiae* PE-2 para su escalamiento en reactores en columna y gas-lift. *XVI Congreso Nacional y Biotecnología y Bioingeniería*. Guadalajara, México.
- Vázquez, H y Dacosta, O. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 8(4), 249-259.
- Velásquez, E. (2012). Las frutas y vegetales se pierden por mal estado de los caminos. El Telégrafo.
- Velásquez, H., Ruíz, A y De Oliveira, J. (2010). Análisis energético y exergético del proceso de obtención de etanol a partir de la fruta del banano. *Revista Facultad de Ingeniería*, 87-96.

ANEXOS

ANEXO 1. Puntos de recolección del material orgánico



1-A. Recolección de residuos orgánicos en el mercado de Calceta.



1-B. Recolección de residuos orgánicos en el mercado de Quiroga.

ANEXO 2. Base de datos de los kg de materia orgánica recolectada en los mercados de Calceta y Quiroga

FECHA	VERDURAS (kg)	FRUTAS (kg)	TOTAL RECOLECTADO (kg)
24/8/2020	22,7	38,8	61,5
25/8/2020	26,3	28,3	54,6
26/8/2020	15,1	31	46,1
27/8/2020	47,1	45,1	92,2
28/8/2020	23,8	66,5	90,3
29/8/2020	54,6	60,5	115,1
30/8/2020	12,7	23,3	36
31/8/2020	30,8	95,3	126,1
1/9/2020	10,3	22,7	33
2/9/2020	17,6	28,4	46
3/9/2020	20,2	36	56,2
4/9/2020	18,4	39	57,4
5/9/2020	59,1	63,3	122,4
6/9/2020	30,3	13,5	43,8
TOTAL	389	591,7	980,7

ANEXO 3. Separación y clasificación de los residuos orgánicos



ANEXO 4. Molturación de los residuos orgánicos



4-A. Cortado de los residuos para mejor licuado.



4-B. Licuado y molturación del material orgánico.

ANEXO 5. Envasado y etiquetado del mosto



5-A. Etiquetado de los envases para mejor identificación del mosto.



5-B. Mosto envasado para posterior preparación.

ANEXO 6. Preparación de mosto para la fermentación



6-A. Determinación del pH del mosto al inicio del ensayo.



6-B. Medición de los ° Brix en el mosto antes de la experimentación.

ANEXO 7. Aplicación de los aditivos en cada repetición



7-A. Aplicación de la levadura.



7-B. Pesado de la urea.



7-C. Añadido de la melaza.

ANEXO 8. Fermentación de los tratamientos con sus respectivas repeticiones



ANEXO 9. Obtención del bioetanol



9-A. Armado del equipo de destilación.



9-B. Añadido de mosto a destilar.



9-C. Destilación del mosto con tubo refrigerante en bolas.



9-D. Destilación del mosto con tubo refrigerante en espiral.

ANEXO 10. Medición de los ml y grados de alcohol obtenidos



ANEXO 11. Base de datos de los grados y ml de alcohol obtenidos en el ensayo

TRATAMIENTO REPETICIÓN	MOSTO DESTILADO (ml)	ALCOHOL OBTENIDO (ml)	GRADOS DE ALCOHOL (%)	T°
T ₁ R ₁	1255,67	520	20	26
T ₁ R ₂	2015,67	978	30	
T ₁ R ₃	3525,67	1018	11	
T ₁ R ₄	4285,67	2668	39	
T ₂ R ₁	1255,67	253	28	
T ₂ R ₂	2015,67	465	29	
T ₂ R ₃	3525,67	706	29	
T ₂ R ₄	4285,67	3268	29	
T ₃ R ₁	4285,67	3050	10	
T ₃ R ₂	4285,67	2848	13	
T ₃ R ₃	4285,67	1439	21	
T ₃ R ₄	4285,67	1937	22	

ANEXO 12. Base de datos del diseño experimental

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: Grados_de_alcohol_obtenidos

Residuos_organicos	Concentracion	Media	Desviación estándar	N
Frutas	20	20,0000	.	1
	40	30,0000	.	1
	80	11,0000	.	1
	100	39,0000	.	1
	Total	25,0000	12,13809	4
Verduras	20	28,0000	.	1
	40	29,0000	.	1
	80	29,0000	.	1
	100	29,0000	.	1
	Total	28,7500	,50000	4
Futas y Yerduras	20	10,0000	.	1
	40	13,0000	.	1
	80	21,0000	.	1
	100	22,0000	.	1
	Total	16,5000	5,91608	4
Total	20	19,3333	9,01850	3
	40	24,0000	9,53939	3
	80	20,3333	9,01850	3
	100	30,0000	8,54400	3
	Total	23,4167	8,85703	12