



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO
EXTERIOR

“EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE ALMIDÓN OBTENIDO DE
LOS SUBPRODUCTOS DE LAS VARIEDADES DE PAPA HUAYRO Y
PERRICHOLI (*Solanum Tuberosum*) SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS
FISICOQUÍMICAS Y RENDIMIENTO EN BIOETANOL”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR

AUTOR:

Mejía Saavedra, Luz Angélica

ASESOR:

Luis Alfonso, Lezcano San Martín

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Agroindustria con Aplicaciones No Alimentarias

TRUJILLO – PERÚ 2018

“EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE ALMIDÓN OBTENIDO DE LOS
SUBPRODUCTOS DE LAS VARIETADES DE PAPA HUAYRO Y PERRICHOLI
(*Solanum Tuberosum*) SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y
RENDIMIENTO EN BIOETANOL”

MEJÍA SAAVEDRA LUZ ANGÉLICA
AUTORA


Presentada a la Escuela Ingeniería Agroindustrial y Comercio de la Universidad Cesar
Vallejo para su aprobación.



Ms. PAGADOR FLORES SANDRA ELIZABETH
PRESIDENTE



Mg. CRUZ ESCOBEDO ANTIS JESÚ
SECRETARIO



LESCANO SAN MARTIN LUIS ALFONSO
VOCAL

TRUJILLO – PERÚ 2018

DEDICATORIA

A Dios, que guía mis pasos y conduce mi vida a forjarme un futuro mejor.

A mis amados padres Juan Mejía Rubio y Elvia Saavedra Ruiz, con su apoyo y dedicación, me inculcan a salir adelante y esforzarme por cumplir todas mis metas.

A mis hermanos José Luis Mejía Saavedra, Nélida Mejía Saavedra y María Mejía Saavedra, por su profunda comprensión y tolerancia que día a día me brindan.

AGRADECIMIENTO

A todos los docentes de la facultad de ingeniería agroindustrial, por la formación brindada durante mi permanencia en las aulas, por compartir sus conocimientos durante los 5 años, contribuyendo de tal forma a mi formación profesional.

A mis padres por su apoyo económico desde el inicio de este largo camino.

A mis hermanos por su confianza y aliento a no desistir en esta trayectoria, para culminar con bien la carrera.

A mis amigos durante la estadía universitaria Miguel Ángel, Keyla, Melvin, con los cuales he compartido gratos momentos en las aulas todos ellos con un gran futuro como profesionales.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, **Luz Angélica Mejía Saavedra** identificada con DNI N° **72238708**, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela académico profesional de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es auténtica y veraz.

Así mismo, declaro bajo juramento que toda la información y los datos que se presentan en esta tesis son auténticos y veraces.

Asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad u omisión tanto de los documentos como de la información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto por las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 20 Julio 2018

Luz Angélica Mejía Saavedra

72238708

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la tesis titulada “efecto de la concentración de almidón obtenido de los subproductos de las variedades de papa huayro y perricholi (*Solanum tuberosum*) sobre las características fisicoquímicas y rendimiento en bioetanol”, la misma que someto a vuestra consideración cumpliendo con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial y Comercio Exterior.

Luz Angélica Mejía Saavedra

INDICE

RESUMEN.....	8
Abstract.....	9
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad Problemática	10
1.2. Trabajos previos.....	12
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	15
1.3.1. Definición	15
1.3.2. Taxonomía	15
1.3.3. Composición	16
1.3.4. Variedades de papa en el Perú	16
1.3.5. Producción Mundial.....	17
1.3.6. Producción Nacional.....	19
1.3.7. Producción regional	20
1.3.8. Residuos y subproductos de cosecha de papa.....	20
1.3.9. Almidón	21
1.3.10. Características fisicoquímicas.....	21
1.3.11. Almidón de papa en la Industria	22
1.3.12. Biocombustibles Biológicos	23
1.3.12.1. Definición	23
1.3.12.2. Características de los Biocombustibles	24
1.3.12.3. Impacto del uso de Biocombustibles	24
1.3.12.4. Tipos de Biocombustibles	24
1.3.13. Características del Bioetanol	25
1.3.13.1. Obtención de Bioetanol a partir de almidón.....	25
1.3.13.2. Producción de Bioetanol por Hidrolisis Química.....	26
1.3.13.3. Producción de Bioetanol por Hidrolisis Enzimática.....	26
1.3.14. <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	28

1.4.	Formulación del problema	29
1.5.	Justificación del estudio	29
1.6.	Hipótesis	30
1.7.	Objetivos.....	30
1.7.1.	Objetivo General.....	30
1.7.2.	Objetivos Específicos	30
II.	MÉTODO.....	31
2.1.	Diseño de Investigación.....	31
2.1.1.	Esquema Experimental	31
2.2.	Variables, Operacionalización.....	33
2.2.1.	Operacionalización de Variables	33
2.2.2.	Identificación de Variables	33
2.2.3.	Operacionalización de las variables.....	33
2.3.	Población, Muestra y Muestreo	36
2.3.1.	Población	36
2.3.2.	Muestra	36
2.3.3.	Muestreo	36
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.	36
2.4.1.	Técnicas	36
2.5.	Métodos de análisis de datos	37
2.6.	Aspectos éticos	37
III.	RESULTADOS	38
3.1.	Extracción de almidón de subproductos de la papa.....	38
3.2.	Obtención de bioetanol por Hidrolisis Enzimática	39
IV.	DISCUSIÓN	49
V.	CONCLUSIONES	51
VI.	RECOMENDACIONES	53
	REFERENCIAS BICLIOGRAFICAS	54
	ANEXOS.....	61
	ANEXO 15	69

RESUMEN

La presente investigación se encuentra basada en el rendimiento de bioetanol usando residuos de dos variedades de papas que son variedades perricholi y variedad huayro como fuentes primarias para la obtención de un biocombustible mediante los procesos de hidrólisis básica. Encontramos la variedad huayro el de mayor rendimiento de bioetanol que fue a partir del almidón de la variedad Huayro y en densidad y grados alcohólicos fue la variedad Perricholi como se muestra en la tabla 16. En los promedios generales el de mayor densidad y en él % de grados alcohólicos fue la variedad Huayro, y en rendimiento de bioetanol fue el almidón de la variedad Huayro.

Pero en el tema de la densidad la variedad perricholi posee una densidad mayor que la variedad huayro.

Palabras claves: bioetanol, hidrólisis, rendimiento

Abstract

The present investigation is based on the yield of bioethanol that uses residues of several varieties of pastures that are found in different varieties and sources to obtain a biofuel through the basic hydrolysis processes. We found the variety huayro the highest yield of bioethanol that was from the starch of the variety Huayro and in density and alcoholic strength was the Perricholi variety as shown in table 16. In the general averages the highest density and% of alcoholic grades was the Huayro variety, and in yield of bioethanol was the starch of the Huayro variety.

But in the matter of density the perricholi variety has a higher density than the huayro variety.

Keywords: bioethanol, hydrolysis, performance

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Actualmente se están desarrollando otros modelos de producción energética en los cuales la eficiencia y los costos constituyen criterios relacionados con el desarrollo sostenible (Wang, Wei, & Zhang, 2012). Actualmente se están realizando una gran cantidad de investigaciones en esta materia; ya que trata de abarcar los avances y previsiones de las futuras fuentes energéticas que son de gran prioridad para el medio ambiente (Song, An, Zhang, & Wu, 2012).

Gran parte de las investigaciones actuales sobre futuras fuentes energéticas se fundamentan en la reutilización de materia orgánica extraída de materiales vegetales ricos en almidón, sacarosa y celulosa, siendo los más factibles para la producción de bioetanol. La obtención de este biocombustible ofrece una alternativa no convencional que puede generar un gran impacto sobre el crecimiento económico y social porque generará nuevos empleos en el sector agropecuario y con un impacto positivo en el medio ambiente.

De acuerdo con un estudio realizado por la (FAO) y el (CEPAL), los países latinoamericanos con mejor viabilidad para la producción de biocombustibles son Brasil, Argentina, Perú y Colombia. Por ejemplo, en Brasil se viene generando biocombustible obtenido a base de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), lo que la hace pionera en este sector; a diferencia de Colombia que viene estudiando la factibilidad de la yuca (*Manihot esculenta*) como promisorio para la obtención industrial de bioetanol en los llanos orientales.

Esta creciente demanda de bioetanol está generando la necesidad de nuevas fuentes de bajo costo y disponibilidad para la obtención de bioetanol (Horta, 2006), además de ser una alternativa ambientalmente amigable porque se usa residuos agrícolas y agroindustriales haciendo estos productos viables económicamente. Entre estos residuos o subproductos se encuentra la papa (*Solanum Tuberosum*), el cuarto alimento más consumido a nivel mundial que genera aproximadamente un 20 a 25% de residuos con elevado porcentaje de almidón (García & Olivares, 2007) (Afiti, El-ghany, Al abboud, Taha, & Ghaleb, 2011). Con relación a esto, el Ministerio de agricultura y riego (MINAG,

2007), planteó el uso de la papa para la obtención de alcohol anhidro como aditivo de los combustibles fósiles y carburantes.

Teniendo en cuenta que los residuos de producción y consumo de papa en seis regiones de nuestra sierra peruana representando un 10% que podrían destinarse a la obtención de bioetanol, por su alto contenido en almidón, los cuales pueden licuarse para obtener almidón y luego fermentarse para obtener etanol. De tal manera, se estarían aprovechando estos residuos, que actualmente no son reciclados o procesados inadecuadamente generando diversos problemas ambientales, transformándolos en potencialmente útiles mediante tratamientos químicos y/o microbiológicos (Valencia, 2011), convirtiéndose este proceso en una alternativa muy prometedora para la obtención de etanol para uso como biocombustible, porque actualmente estos residuos están generando grandes impactos negativos a nivel ambiental y social; contribuyendo de tal forma a no competir con los productos destinados al consumo alimenticio.

1.2. Trabajos previos

En Colombia se ha estado realizando estudios de la viabilidad para obtener etanol a partir de residuos agroindustriales del plátano verde bananero, considerando dos aspectos importantes; el primero consiste en mejorar el rendimiento de producción bajando costos en la etapa de hidrólisis, realizando para esto nuevas metodologías con relación a la extracción de los azúcares fermentables y de esta manera minimizar el costo energético en la obtención de bioetanol mediante la producción de biocombustibles y subproductos; llegando de tal forma a implementar el concepto de refinería. Se ha trabajado también con la obtención de etanol por procesos químicos y biotecnológicos empleando residuos agroindustriales como bagazo de maíz, cebada, mango, café, trigo, cebada, yuca y maíz (Santanilla, 2006).

En nuestro país, en la costa norte se ha propuesto la instalación del cultivo de camote; tanto con fines agroindustriales entre ellos la producción de bioetanol. Para (Zuloaga, 2007), las ventajas que incluye son el mínimo consumo de agua; haciéndolo factible para este tipo de proceso. Sin embargo, se ha encontrado más beneficioso utilizar el alcohol de este producto en la elaboración de licores para su exportación que en la obtención de biocombustibles.

Bohórquez (2008), elaboró una hidrólisis enzimática de almidón de yuca utilizando dos variedades mediante el proceso de fermentación, denominándolas MCOL 2215 y MTAL 8, trabajó en concentraciones de (10%, 13% y 16% p/v), utilizando un diseño experimental factorial categórico con un total de 24 muestras. Para su proceso de hidrólisis utilizó enzimas alfa-amilasas, las cuales reaccionaron en 2 horas y una temperatura de 90°C, donde obtuvo para su primera muestra valores de E.D de 65 a 13 y 16 %p/v y Brix de 14.5 a una concentración de 16 % p/v; en tanto para MTAL 8 obtuvo valores de 100 E.D y 13,8 Brix en concentración de 10 % p/v. Para su etapa de fermentación se basaron en evaluaciones relacionadas con sus características de azúcares reductores, Brix, producción de alcohol mediante método de Winnik. En el cual obtuvo un rendimiento 618 425 litros de alcohol por cada tonelada de almidón y para MTAL 8 a concentración de 10 % p/v y para MCOL 2215 un rendimiento de 478,35 litros de alcohol/tonelada de almidón a concentración de 16 % p/v.

Según Cortínez (2010), en su tesis de grado para Magister en ingeniería en mención Química, Universidad de Chile; titulada comparación de tratamientos en residuos forestales para la producción de Bioetanol de segunda generación mediante hidrolisis ácida y líquidos iónicos. Para la obtención de bioetanol de segunda generación se realizó un pre tratamiento a la madera cuya finalidad fue fragmentar la pared de lignina y lograr sacarificar la celulosa, la cual estaba expuesta a glucosa, que al final fue fermentada con uso de microorganismos. Para realizar dicho estudio se realizaron tres pre tratamientos; el primero consistía con uso de ácido diluido, segundo con alcalino diluido y el tercero con líquidos iónicos tomando en cuenta sus mejores condiciones al ser utilizados con residuos forestales como la Lengua (*Nothofagus pumilio*) y Eucalipto (*Eucalyptus globulus*). Dando resultados en el pre tratamiento con ácido donde posee bajos rendimientos en comparación a los otros dos pre tratamientos, en el caso de la lenga el mejor pretratamiento funciono a una Temperatura de 121°C con un tiempo de 30 minutos, 1,00 % (v/v) H₂SO₄ y para el caso del eucalipto fue a una temperatura de 121°C, con un tiempo de 30 minutos, 1,00 % (v/v) H₂SO₄ demostrando rendimientos de 30% y 27% en relación glucosa/xilosa de un 7/93%.

Según Rafael (2012), quien realizó un estudio de obtención de una bebida de aguardiente destilada a base de residuos de papa china y camote, estas materias primas fueron sometidas a 3 etapas; la primera consistió en obtener el almidón respectivo por cada materia, en la segunda etapa se realizó una hidrolisis y finalmente se realizó la fermentación de dichos almidones; evaluaron parámetros de sólidos solubles, acidez total, grado alcohólico y Ph, durante su proceso de fermentación y en el caso de tratamiento que presentaba mejores resultados realizaron análisis fisicoquímicos y presencia de etanol. En lo cual se determinó que el mejor tratamiento estaba constituido por 0.08 g de *S. cerevisiae* adicionado 25 y 75% el primero de papa y segundo de camote.

Según Ramírez (2014), en su trabajo “Mejoras en la Producción de Bioetanol Combustible a partir de Sorgo Grano”, se evaluó las características fisicoquímicas de tres variedades comerciales de sorgo grano, Flash 10 plus, 8419 y Flash 1, en los cuales su contenido de taninos difiere; con el fin de obtener un buen proceso de producción de etanol. Las variedades mostraron contenido similar de almidón (68-71% de base seca) y contenido de tanino de <0,2% /Flash 10 Plus), 1,1% (8419) y 2,0% (Flash 1). Se realizó una hidrolisis

enzimática en las cuales a medida que aumento el contenido de taninos la eficiencia de la hidrólisis disminuyo en las etapas de licuefacción y sacarificación, previa gelatinización en las que se obtuvieron viscosidades altas con las tres variedades (entre 6473 y 8071 cP). Las eficiencias de hidrólisis fueron similares para las tres variedades, entre 87 y 88.3% con 5.4 y 11.7 UL/g harina base seca.

En el estudio de Liza (2015), en su tesis denominada Obtención de alcohol a partir de camote de pulpa anaranjado (*Ipomea batata L*), como título de ingeniero en Industrias Alimentarias, en la Facultad de Ingeniería Química E Industrias Alimentarias, de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque-Perú. Evaluó la utilización de camote para obtención de alcohol, su estudio se basó en dos etapas fundamentales; en la primera etapa se centró en el proceso de hidrólisis, para esto utilizó una enzima comercial conocida como Termamyl 120, las cual fue optimizada a temperaturas desde 70 a 100°C, por un tiempo de dos horas a concentración con relación a la pulpa de camote utilizada, sobre su volumen de agua tomando datos de 1:0.5; 1:1; 1:2; 1:4; 1:8; todo esto fue monitoreado a través de los azúcares reductores, donde se obtuvo su grado óptimo. a 100°C y 1.05. En su etapa de fermentación evaluó la pasta hidrolizada durante 5 días, en los cuales realizó agitaciones por 1 minuto cada 12 horas, donde evaluó el resultado de la dilución de la pasta hidrolizada a concentraciones de 1:0.5, 1:1, 1:2 y 1:4 todo esto en función a sus grados Brix, Obteniendo un buen resultado con la dilución trabajada a una concentración de 1:0.5, respecto a *S. cerevisiae* var. *Bayanus* de 1.2 g/L por medio de proceso de destilación simple, obteniendo un alcohol destilado de 4° y 16° galones, demostrando de esta manera que el camote posee gran potencial al ser utilizado para la elaboración de alcohol. Dándole un gran aporte a esta materia prima.

En Argentina se están evaluando los materiales lignocelulósicos para el proceso de bioetanol, presentándose la cáscara de arroz, residuo agrícola factible, el cual es emanado en grandes proporciones como coproducto de la molienda de arroz y crea potenciales problemas ambientales (Álvarez, Alemán Romero, & Hormaza Anaguano), generando un gran problema ambiental (Oken, 2017).

1.3. Teorías relacionadas al tema

Papa (*Solanum Tuberosum*)

1.3.1. Definición

La papa (*Solanum Tuberosum*) el cuarto cultivo más consumido del mundo, detrás del arroz y trigo. Existen alrededor de 4000 variedades de papas nativas, la mayoría se encuentra en los andes. Tienen diferentes tamaños, formas y colores. Según (Gonzales, 2000). La papa en la parte agrícola ha ganado un amplio espacio como materia prima en relación a la industria de alimentos; estableciendo parámetros de calidad. Uno de los avances tecnológicos que se realizó en relación a este cultivo es de un proceso industrial, en el cual se realiza la extracción de almidón, elaboración de papas fritas y secado (Martínez, 2002).

1.3.2. Taxonomía

La papa (*Solanum Tuberosum*) es conocida por ser una planta herbácea que obtiene un 1 metro de altura y produce tubérculos de manera anual. Corresponde a una familia muy cuantiosa de especies que se agrupan en categorías según su grado de semejanza.

Tabla 1. Taxonomía de papa (*Solanum Tuberosum*)

Reino	Vegetal
Clase	<i>Angiospermae</i>
Sub clase	<i>Dicotyledoneae</i>
Orden	<i>Tubiflorae</i>
Familia	<i>Solanácea</i>
Género	<i>Solanum</i>
Nombre Científico	<i>Solanum Tuberosum</i>

Fuente: Morales, 2007

1.3.3. Composición

Su composición está basada según la variedad cultivada, conteniendo un porcentaje que oscila entre 72 a 75 de agua, 16 a 20 de pasta en forma de almidón, de 2.0 a 2.5 de sustancia nitrogenada, 0.15% lípidos y 1.0 a 1.8 de fibra dietética como celulosa, contiene solanina la cual se genera en pequeñas proporciones.

Tabla 2. Composición química de la papa (*Solanum Tuberosum*) parte comestible (por 100 g).

Componente	Papa Común	Papa Criolla
Agua	76.7	75.5
Proteína	1.9	2.5
Grasas	0.1	0.1
Carbohidratos	19.3	18.7
fibra	1.0	2.2
cenizas	1.0	1.0
Otros componentes (mg)		

Fuente: Morales, 2007

1.3.4. Variedades de papa en el Perú

Perú cuenta con la mayor variedad de papa en todo el mundo, cuenta con ocho especies nativas y 3000 variedades, de las 5000 que existen en Latinoamérica. Posee a la vez 91 especies de las 200 silvestres del continente que no son comestibles por su sabor amargo y alta toxicidad.

Tabla 3. Características generales de papa (*Solanum Tuberosum*) variedad amarilla.

Variedad(*)	Forma	Piel	Pulpa	Características físicas y uso sugerido
Yungay	Chatos tamaño grande y compactas	Piel amarillenta con jaspes rojizos, ojos superficiales y en poco número.	Cremosa amarillenta	26% de materia seca Gravedad específica: 1.091 Uso: sancochado
Tumbay	Redondeada en forma de piña	Piel de color amarillo claro, ojos profundos.	Amarilla	25% de materia seca Gravedad específica: 1.156 Uso: sancochado, fritura y puré
Huayro	Alargados	Piel de color, ojo morado, con cejas moradas y ojos profundos	Crema amarilla con áreas rojas y moradas.	28% de materia seca Gravedad específica: 1.109 Uso: sancochado-puré
Peruanita	Oblongos	Piel de 2 colores: Rojo- morado y amarillo, ojos semiprofundos.	Amarilla	30% de materia seca Gravedad específica: 1.108 Uso: sancochado-puré

Fuente: Gerencia Regional de Agricultura, 2015.

1.3.5. Producción Mundial

Según la (FAO), en el año 2012, en el ranking de la producción mundial de papa el primer productor es la China con aproximadamente un 25% de la producción mundial; el Perú primer productor a nivel latinoamericano, se posicionó en el décimo octavo lugar a nivel mundial, seguido por Brasil, tal como se puede observar en la tabla siguiente.

Tabla 4. Producción Mundial de papa, 2012.

Ranking	País	Producción (TM)
1	China	85 860 000
2	India	45 000 000
3	Estados Unidos	19 165 865
4	Federación de Rusia	29 532 530
5	Alemania	10 665 600
6	Ucrania	23 250 200
7	Bangladesh	8 205 470
8	Países Bajos	6 765 618
9	Polonia	9 091 900
10	Francia	6 340 807
11	Irán	5 400 000
12	Turquía	4 822 000
13	Canadá	4 590 296
14	Argelia	4 219 476
15	Egipto	4 500 000
16	Reino Unido	4 553 000
17	Pakistán	4 104 400
18	Perú	4 473 503
19	Brasil	3 731 798
20	Malawi	3 255 780

Fuente: FAO, 2012.

1.3.6. Producción Nacional

El (INEI) proporcionó información acerca de la producción de papa durante los años 2004-2013, se ha incrementó en un 45%, con una tasa promedio anual de 3,8%.

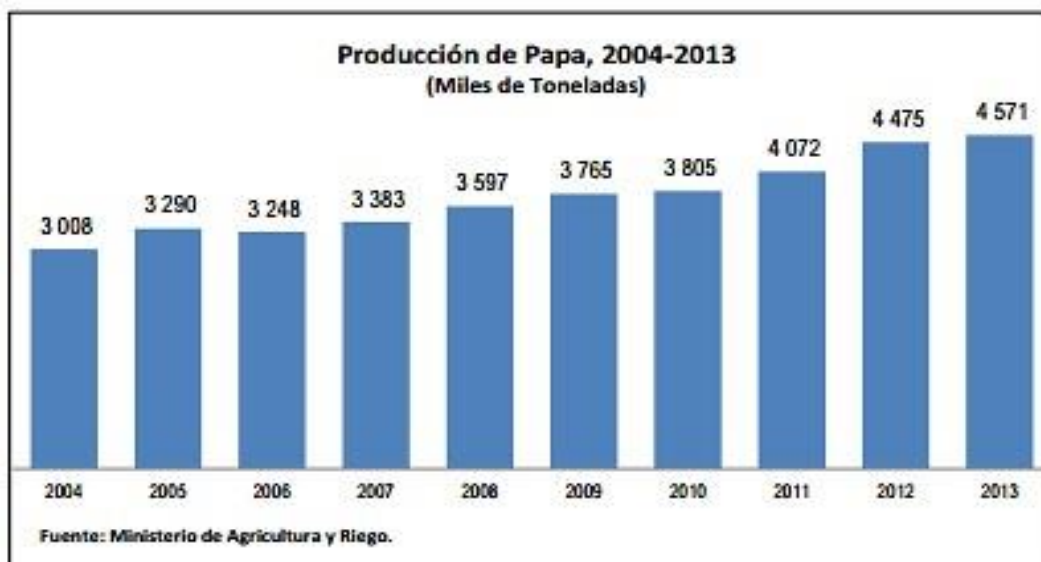


Figura 1. Producción de papa 2004-2013 Fuente: *Minagri, 2013*

encontrándose como principal productor de papa al departamento de Puno con un total de 643 mil toneladas, continuando Huánuco, Cusco, Junín y La Libertad aportando en conjunto con el 55% de toda la producción nacional.

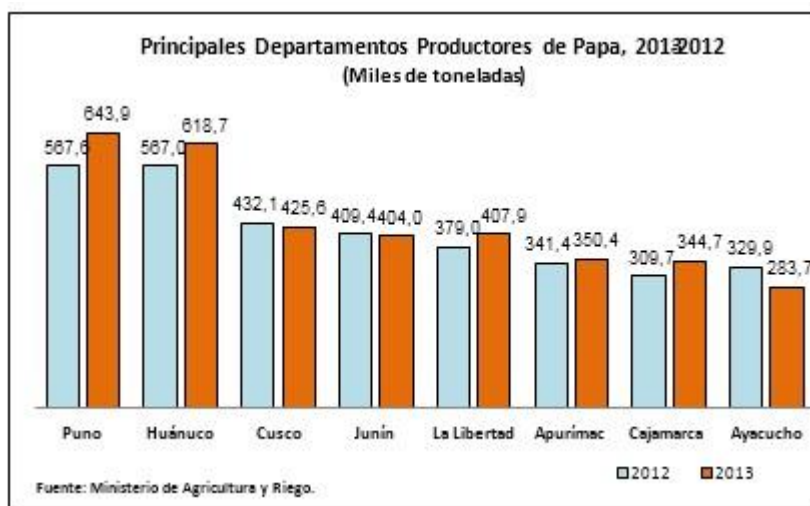


Figura 2. Producción de papa por departamentos.

Fuente: *Minagri, 2013*

1.3.7. Producción regional

La papa en el 2014 se sembró en 10 de las 12 provincias de la libertad, de las cuales se han cosechado 23 962 hectáreas, obteniéndose un promedio de 18,40 t/ha. Las áreas productoras de papa mayormente se encuentran en las provincias de Sánchez Carrión, Julcan y Santiago de Chuco.

Tabla 5. Ranking de producción de papa en La Libertad

Ranking	Provincia	Producción	%
1°	Sánchez Carrión	123 344,0	27,98
2°	Julcan	106 352,0	24,12
3°	Santiago de Chuco	92 299,3	20,94
4°	Otuzco	57 918,0	13,14
5°	Pataz	29 223,5	6,63
	Otros	31 721,4	7,20
	Regional	440 858,2	100,00

fuelle: Gerencia Regional de Agricultura, 2015

1.3.8. Residuos y subproductos de cosecha de papa

La obtención de residuos y subproductos de la cosecha es proporcional a los niveles de producción de cada provincia, siendo de gran importancia por la superficie cultivada, estos tienen una gran demanda, muchos de estos son mal utilizados y desperdiciados a falta de tecnologías disponibles para su proceso. Se estima una producción anual de desperdicios de papa de 36 000 TM y su uso juega un rol importante en el procesamiento de otros derivados como bioetanol.

La fécula de papa es utilizada en la industria farmacéutica, maderera y textil, en papel como adhesivo, aglutinante, agente de texturación utilizado por las empresas de petróleo para lavar los pozos. Es un suplente 100% biodegradable del poliestireno y otros plásticos. La cascara de papa y el resto de residuos de su proceso son ricos en almidón que pueden licuarse y fermentarse para producir etanol usado como biocombustible.

1.3.9. Almidón

Los almidones son polisacáridos encontrados generalmente en las plantas, cereales, tubérculos, frutas y en varias legumbres (Miramont, 2012).

En general, los almidones de tubérculos presentan una estructura cristalina tipo B. el almidón es uno de los materiales crudos más utilizados en la agricultura, es económico y fácil de manipular. Su cristalinidad en la elaboración de películas difiere del tipo de almidón y condiciones de transformación, secado, contenido de humedad y temperatura de almacenamiento. Los almidones se transforman en glucosa y tienen el mismo poder energético que el azúcar (Hernández, 2010).

1.3.10. Características fisicoquímicas

Sus propiedades químicas y características funcionales varían de acuerdo al origen botánico. El diámetro de los gránulos de almidón está comprendido entre los 2 a 130 micrones, el almidón está compuesto por dos tipos de moléculas:

- ✓ **Amilosa:** representa el 20-30% del total, su grado de polimerización (número de unidades de glucosa por molécula) oscila de 500 a 2000 y sus largas cadenas de amilosa se asocian entre sí.

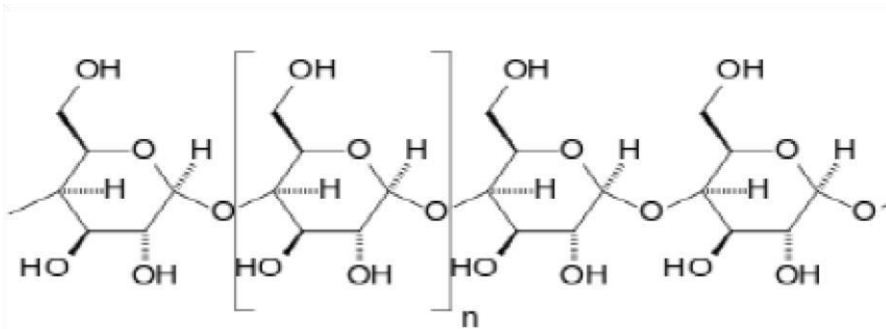


Figura 3. Polímero de glucosa con enlaces glucosídicos α 1,4.

- ✓ **Amilopectina:** normalmente en un 70-80% del total. El grado de polimerización va desde 10^4 a 10^5 , sus cadenas son relativamente cortas presentándose en intervalos de 20 a 30 residuos de glucosa.

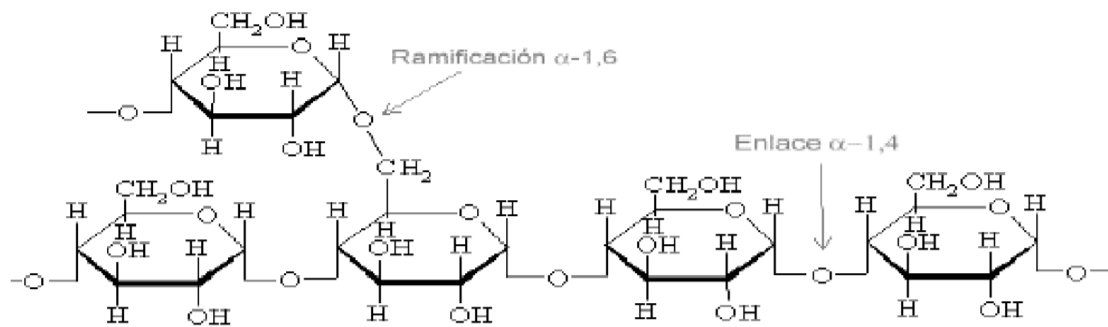


Figura 4. Segmento de amilopectina con enlaces α 1,6.

1.3.11. Almidón de papa en la Industria

El almidón de papa es muy utilizado por su consistencia ya que es rendidor y de sabor agradable, tiene como competidor inmediato al almidón de maíz; la papa seca se considera como un producto rendidor y nutritivo. Para la extracción de almidón de papa se debe analizar que tenga alto contenido de materia seca por la relación que existe entre estos factores primordiales (Gómez & Wong, 1998), debe contar con alto contenido de ácido fosfórico, pues será encargado de dar viscosidad a este polisacárido (Loyola, *et al*, 2010).

Los gránulos de almidón están generalizados en un método polimérico semicristalino, el cual varía de 15 a 45% durante su proceso de gelatinización, su orden molecular es destruido gradualmente, la temperatura de gelatinización es característica y depende de la transformación cristalina de la parte disforme del almidón ya que los gránulos pierden su cristalinidad, absorbiendo grandes proporciones de agua, formando incremento en su volumen. Se solubilizan algunas moléculas como la amilosa. La pasta de almidón adquirida después de la gelatinización no es estable, durante su almacenamiento se presentan transformaciones estructurales que reciben el nombre de retrogradación (Medina, *et al*, 2008).

1.3.12. Biocombustibles Biológicos

1.3.12.1. Definición

Los biocombustibles biológicos son conseguidos de forma renovable a base de residuos orgánicos (Piqueras, 2010), representando una fuente potencial de energía renovable; generando nuevos mercados para los productores agrícolas (Hernández, 2008). Los biocombustibles de origen biológico sustituyen a los ya tradicionales combustibles fósiles; como el petróleo y carbón; empleando tecnologías agrícolas y estrategias de procesos adecuados, buscan reducir las emisiones de al menos 50% comparado con los combustibles fósiles (Hernández, 2008). Entre estos combustibles llamados de primera generación encontramos al bioetanol, biogás y el biodiesel. Esta producción de bioetanol sale de la biomasa de cultivos energéticos como maíz, yuca, papa, sorgo, caña de azúcar y otros. Mientras que el biodiesel es producido a partir de oleaginosas de soya, colza, aceite de palma, curca, jatropha, etc. El biogás es obtenido de residuos orgánicos por el proceso de digestión anaeróbica (Luis, *et al*, 2006)

El inicio de los biocombustibles está asociado con el uso de fibras y aceites vegetales con fines de biocombustibles se remonta a más de 1.8 millones de años, cuando el Homo erectus usaba leña y fibras secas para encender hogueras (Adler, 2013) y la siembra de oleaginosas para extraer aceite; también se ha documentado a la higuera y su uso de aceite como carburante, así mismo el olivo y ajonjolí (GRIEVE, 2014) Es importante recalcar que estos aceites también tenían fines medicinales, cosméticos y alimenticios. Actualmente las necesidades energéticas son satisfechas en un 90% con relación a la utilización de combustibles fósiles, todos estos extinguidos en un futuro, son fuertemente contaminantes y utilizados en forma ineficiente (Barrena, 2010). A partir de las grandes limitaciones que existen en la actualidad, las que están enmarcadas en la disponibilidad de combustibles con relación al cambio climático se está enfatizando en obtener medios de energía alternativos para erradicar complicaciones a futuro (Cauca, *et al*, 2011).

Ante estos acontecimientos y teniendo la disponibilidad de excedentes en la producción de ciertas semillas en el año 1983, en Sudáfrica se utilizó el aceite tran-esterificado de girasol (*Helianthus Annuus*) como biodiesel de alta calidad; posterior a esto en 1989 una compañía austriaca instaló su primera planta industrial de biodiesel a base de semillas

de canola (Abdulkareem, *et al*, 2012). Alemania ha dominado el consumo con 80% de biocombustibles que requiere la UE desde el año 2000 (Sorda, Banse , & Kemfert, 2010).

1.3.12.2. Características de los Biocombustibles

- ✓ **Biodegradable:** Respeto el medio ambiente ya que se descompone en los elementos químicos que lo conforman; en un corto periodo y sin dejar residuos tóxicos.
- ✓ **Emisión de CO₂:** Estas emisiones son nulas debido a que la planta mediante fotosíntesis captura durante su crecimiento CO₂ y luego este es emitido en la combustión de biocombustible.
- ✓ Reducción de excedentes agrícolas.

1.3.12.3. Impacto del uso de Biocombustibles

Sirven como alternativa al uso de petróleo que actualmente está agotándose, disminuyendo el efecto climático, aumentando el ingreso de agricultores y promoviendo el desarrollo rural (Biofuels., 2009), se están realizando rigurosos estudios y análisis que proponen que el auge de estos biocombustibles no cause al medio ambiente y obtén por la protección de la biodiversidad.

El uso de biocombustibles posee impactos ambientales positivos y negativos que deberán ser analizados. A la actualidad Brasil y Estados Unidos han establecido sus políticas que les ha garantizado crear sus propias fuentes de energía, con la finalidad de reducir la dependencia de un producto importado (Webb, 2012).

1.3.12.4. Tipos de Biocombustibles

- ✓ **Bioetanol:** Es un alcohol que se obtiene de fermentaciones contiguas de polisacáridos y azúcares, hasta formar bioetanol y este sea destilado en su forma final. Puede ser de primera o segunda generación; en el caso de segunda generación se encuentra en proceso de incorporación de nuevos procesos de

investigación y desarrollo, los cuales pueden darse con la obtención de compuestos de plantas como celulosa, lignina o hemicelulosa (Callejas & Gasca, 2009).

- ✓ **Biodiesel:** Es el éster que se origina a partir de diversos tipos de grasa o aceite, que puede ser de origen animal o vegetal. El biodiesel de segunda generación cuenta con tecnologías adecuadas para su proceso ya que son derivados distintas fuentes de biomasa oleaginosas como la paja, madera o residuos orgánicos, se realiza mediante procesos de gasificación Fischer-Tropsch, lo cual permite simplificar combustibles líquidos de alta calidad (Dufey, Vermeulen, & Vorley, 2007).
- ✓ **Biogás:** Se denomina biogás a la mezcla de gases producidos durante la fermentación anaeróbica de materia orgánica; este puede realizarse en medios naturales. El metano producido, es un gas inflable y ocupa de 50 a 70% de la mezcla y tiene un valor calórico de 4 700 a 5 500 Kcal/m³.

1.3.13. Características del Bioetanol

El bioetanol contiene las mismas características que el etanol por ser el mismo compuesto, el bioetanol es el producto líquido, incoloro, volátil y con olor característico extraído de la fermentación de azúcares de biomasa vegetal; mientras que el etanol es obtenido de derivados del petróleo. El valor agregado que se le brinda es el de actuar como oxigenante de gasolina, elevando su contenido de O₂ lo cual le permitirá una emisión de la misma reduciendo emisiones contaminantes de hidrocarburos no oxidados (Martínez, 2002).

1.3.13.1. Obtención de Bioetanol a partir de almidón

La obtención de bioetanol parte del tipo de materia prima que se va a utilizar, ya que de esta depende el proceso de hidrólisis; en la elaboración de bioetanol a base de almidón; el proceso de hidrólisis se desarrolla bajo condiciones descritas por (Machuca, 2010).

En el proceso de elaboración de bioetanol, puede emplearse sustratos orgánicos como caña de azúcar, almidón de papa, yuca, maíz (Oken, Onwosi, & Odibo, 2017). Una de las materias más estudiadas es la papa; por su alto contenido de carbohidratos

fermentables; se trabaja a partir de un pre tratamiento de sacarificación con el cual se liberan moléculas y son asimilables como la dextrina y la glucosa.

1.3.13.2. Producción de Bioetanol por Hidrolisis Química

Este proceso consiste en adicionar un ácido (ácido sulfúrico o ácido clorhídrico) y calor para romper el granulo de almidón con la finalidad de obtener azúcares fermentables, la unión del ácido con el agua genera una reacción exotérmica agresiva, lo cual provoca un calentamiento y luego un hidrolisis de las partículas de sustrato; en este caso la papa, se encuentran en solución en agua, hidrolizando el almidón y liberando los compuestos simples.

1.3.13.3. Producción de Bioetanol por Hidrolisis Enzimática

La mayor parte de los procesos con almidón utilizan la hidrolisis enzimática, ya que ofrece grandes ventajas en comparación con una hidrolisis ácida. (Dergal, 2006). Las enzimas alfa amilasas ayudan a degradar el almidón que contiene la papa, facilitando la acción de levaduras que intervienen en el ciclo de fermentación; la levadura *S. Cerevisae* es muy utilizada en la obtención de bioetanol a nivel industrial por ser un organismo de fácil manipulación, bajo costo, tolera altas concentraciones de bioetanol, produciendo bajos niveles de subproducto; utilizando altas concentraciones de azúcares (Bedon, 2013). Se realiza un pretratamiento mediante hidrolisis con enzimas inducir a la levadura a transformar los oligosacáridos obtenido en bioetanol (Vanaclocha, 2003). Mediante el proceso de licuefacción se liberarán gránulos de almidón como consecuencia del calor y durante el proceso de sacarificación de la enzima alfa amilasa se da fraccionando las cadenas de azúcares largos hasta la obtención de glucosa (Bedon, 2013).

✓ Licuefacción

Es la primera etapa para la obtención de glucosa, su elevada concentración de almidón (45%) es calentado para gelatinizarlo; efectuado por la actividad de la alfa amilasa. Este paso consiste en disminuir la viscosidad de la pasta, es considerada una fase crítica debido a que, si se eleva la viscosidad de la pasta obtenida, esta se enfría y puede producir una cristalización de amilosa lo cual es tomada como insoluble; la amilosa compone una desventaja ya que no es hidrolizada por las enzimas.

La alfa amilasa es una endoenzima, que corta el almidón en sus enlaces α 1-4 y tanto de la amilosa como la amilopectina con lo que se producen dextrinas de 10 a 20 unidades de glucosa. La forma en la que actúa degrada la amilosa en maltosa y compuestos de glucosa, transformándolo así en una sustancia inicialmente viscosa (almidón).

✓ **Sacarificación**

Realizada la licuefacción del almidón se realiza la etapa de sacarificación, en la cual utilizando una enzima que actúa en uno de sus dos tipos de enlaces presentes conocida como amiloglucosidasa o glucoamilasa.

La glucoamilasa es una enzima derivada en su mayor cantidad por la industria biológica, empleada en el proceso de degradación de almidón liberando residuos de glucosa al medio (Torre, 2008); puede hidrolizar tanto los enlaces alfa (1,4), (1,6) glucosídicos de almidón, puede causar rompimiento del polisacárido, producto final de la acción de la glucoamilasa sobre el almidón de glucosa. Su actividad máxima opera entre 4 y 5.5 de pH y una temperatura alrededor de 55-65°C (BEDÓN, 2013).

Tabla 6. Operación en las etapas de licuefacción y sacarificación.

Parámetros	Hidrolisis	
	licuefacción	Sacarificación
T, °C	85-95	5.5.
pH	6.0-6.5	5.5

✓ **Fermentación**

Es una reacción anaerobia que despega energía y es trabajada por enzimas y/o bacterias, implicando la desintegración de carbohidratos en alcohol y dióxido de carbono (BEDÓN, 2013).

La fermentación es una etapa esencial en la obtención de bebidas fermentativas y destiladas, es primordial controlar el proceso de transformación a alcohol ya que favorecerá a la obtención de mecanismos propicios del aroma y donde se podrá minimizar la producción de los componentes desfavorables (Vanaclocha,2003).

Según (Romero, 2012), los nutrientes incluidos en el medio de fermentación inducen en la protección de las células a factores de estrés. Por las diluciones de sustrato en la fermentación es necesario adicionar requerimientos nutricionales. Los parámetros

fundamentales que se deben tener en cuenta en el proceso de fermentación se pueden observar en la Tabla 7.

1.3.14. *Saccharomyces cerevisiae*

Los microorganismos que ayudan a la obtención de bioetanol son las levaduras, estos microorganismos son manejados mediante la ruta fermentativa. Entre las especies más utilizadas encontramos a la *Saccharomyces cerevisiae* (Vanaclocha, 2003).

La *Saccharomyces cerevisiae*, es utilizada en los procesos fermentativos a nivel industrial, metaboliza azúcares; pero es incapaz de hidrolizar el almidón por lo cual es ideal realizar una hidrólisis con enzimas bacterianas para que la levadura pueda transformar los oligosacáridos obtenidos en bioetanol (Vanaclocha, 2003).

Tabla 7. Factores del proceso de Fermentación

Factores	Características	Observaciones
levadura	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Debe activarse en agua a 37°C
° Brix	16-20	Si el Brix es muy bajo el grado alcohólico obtenido será pobre, si es alto la fermentación no se efectuará; ya que la presión osmótica que se ejerce sobre las levaduras es grande lo cual no le permitirá que actúe sobre azúcares.
Ph	4-5.5	La levadura actúa en medio relativamente ácido, se debe ajustar el mosto a este requerimiento.
Temperatura	27-35	Cuando la temperatura es baja la fermentación es lenta, si excede de los 35°C disminuye el accionar de las levaduras y si esta aumenta por encima de los 40°C se puede detener; ya que la descomposición de azúcares produce una reacción exotérmica.
Nutrientes	Nitrógeno y fósforo	La levadura requiere la presencia de nutrientes para que la fermentación sea correcta

Fuente: Bedon, 2013

1.4. Formulación del problema

¿Cuál será el efecto de la concentración de almidón obtenido de los subproductos de las variedades de papa huayro y perricholi (*Solanum tuberosum*) sobre las características fisicoquímicas y rendimiento en bioetanol?

1.5. Justificación del estudio

El tratamiento y aprovechamiento de los subproductos y residuos agrícolas y agroindustriales genera la posibilidad de obtener nuevos productos con valor agregado y mayor rentabilidad económica, así como disminuir el impacto ambiental por el desarrollo de estas actividades.

La demanda de biocombustible es alta y para su obtención se requiere el uso de biomasa vegetal y su posterior industrialización; surge la necesidad de desarrollar un proceso experimental en laboratorio donde se realice de manera concreta el procesamiento para la obtención de bioetanol a partir de subproductos de almidón de papa, se trabajaría con dos variedades diferentes para evaluar los parámetros que se requiera a nivel de la ficha técnica de un etanol biológico; con base a la problemática presentada, la finalidad de esta investigación es aprovechar los subproductos o residuos agroindustriales obtenidos de la papa manejándolos para la obtención de bioetanol.

Emplear subproductos como sustratos que son fermentados y adquirir bioetanol, generan nuevas oportunidades en el desarrollo de nuevas ideas de energía renovable que se encuentran en un desarrollo sostenible para el medio ambiente (Gonzales Fernández & Molina Córdoba, 2006). El uso de biomasa resulta competitivo en comparación a los combustibles fósiles. (Santis Espinoza, y otros, 2015)

Usar la papa como insumo principal para la obtención de bioetanol, presupone una competencia con el consumo humano; sin embargo, en nuestra sierra peruana este cultivo es producido en su mayor totalidad y se cuenta con una alta disponibilidad de subproducto a muy bajo costo. Estos subproductos o desperdicios de este tubérculo son empleado como alimento de animales domésticos; para lo cual buscamos realizar un estudio a favor del uso eficiente de estos subproductos que quedan de la papa, procesándolo como bioetanol, contribuyendo además con la erradicación de la contaminación ambiental con los ya usados combustibles fósiles.

1.6. Hipótesis

H1: La concentración de almidón obtenido de los subproductos de las variedades de papa huayro y perricholi (*Solanum tuberosum*) tiene un efecto significativo sobre las características fisicoquímicas y rendimiento en bioetanol”.

Ho: La concentración de almidón obtenido de los subproductos de las variedades de papa huayro y perricholi (*Solanum tuberosum*) NO tiene un efecto significativo sobre las características fisicoquímicas y rendimiento en bioetanol”.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo General

¿Evaluar el efecto de la concentración de almidón obtenido de los subproductos de las variedades de papa huayro y perricholi (*Solanum tuberosum*) sobre las características fisicoquímicas y rendimiento en bioetanol?

1.7.2. Objetivos Específicos

- Obtener almidón a partir de subproductos de las variedades de papa Huayro y Perricholi (*Solanum Tuberosum*).
- Evaluar las características fisicoquímicas y el rendimiento del almidón.
- Obtener bioetanol a partir de almidón por el proceso de hidrólisis enzimática y fermentación.
- Evaluar las características fisicoquímicas del bioetanol: Aspecto y color, Brix; acidez total, densidad, grados alcohólicos.
- Evaluar el rendimiento en bioetanol con respecto a las variedades de papa Huayro y Perricholi (*Solanum Tuberosum*).

II. MÉTODO

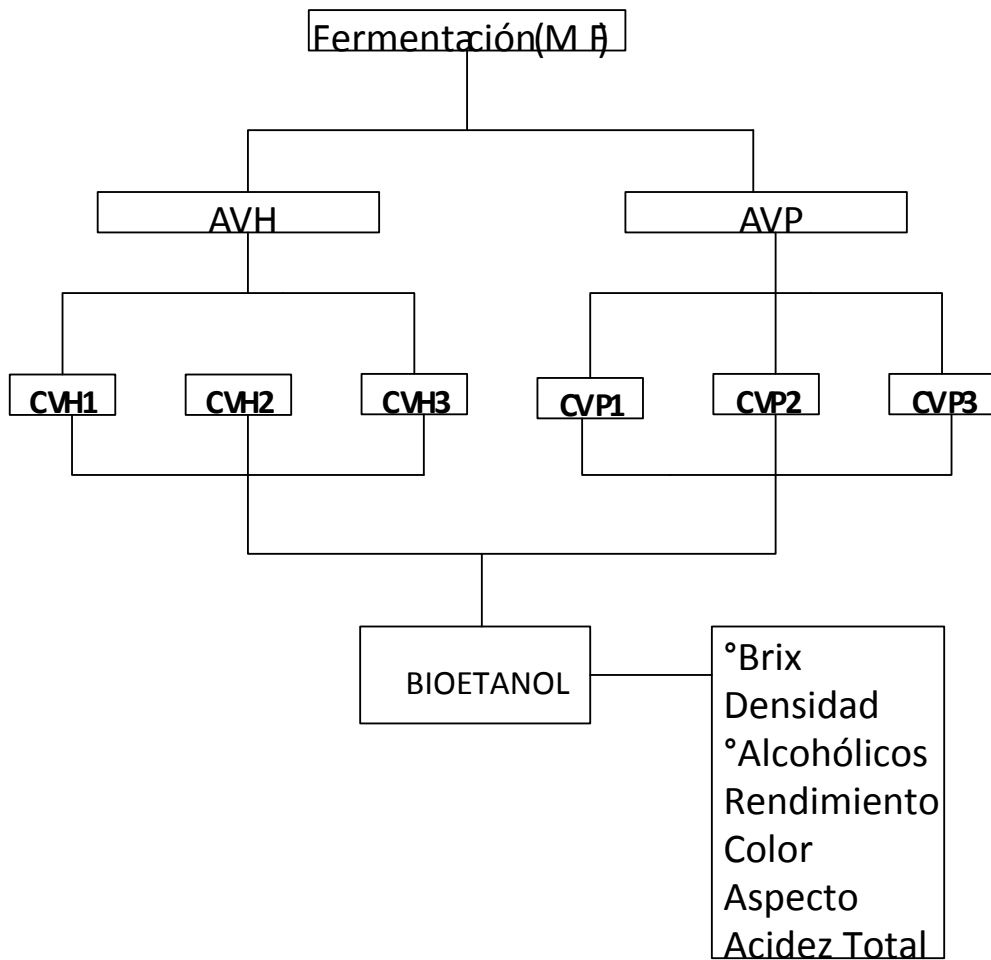
2.1. Diseño de Investigación

Para la realización del proyecto se utilizaron residuos de dos variedades de almidón de papa (huayro y perricholi), se realizó un seguimiento de las variables fisicoquímicas del proceso, controlado durante la fermentación, este trabajo se realizó durante el semestre 2018, se llevó a cabo en el laboratorio de PL- Procesos Industriales Trujillo, Escuela de Ingeniería Industrial.

Esta tesis se encuentra dentro de la modalidad de investigación cuantitativa y cualitativa porque las variables evaluadas fueron medidas utilizando la toma de datos numéricos y además se determinaron las características de un bioetanol obtenido del almidón de la papa.

2.1.1. Esquema Experimental

En la figura 5, se presentó el esquema experimental con un diseño bifactorial (2x3), en donde “2” representó las variedades de papas que son huayro y perricholi, y el “3” representó las diferentes concentraciones que son de 10.5%; 13.5% y 15% m/v; de los cuales tuvieron 3 repeticiones por cada concentración de ambas variedades de papa, realizando un total de 18 ensayos experimentales.



A.V.H: Almidón Papa Huayro (CVH1:10.5, CVH2:13.5, CVH3:15% m/v)

A.V.P: Almidón papa Perricholi (CVP1:10.5, CVP2:13.5, CVP3:15% m/v)

Figura 5. Esquema Experimental del proyecto

2.2. Variables, Operacionalización

2.2.1. Operacionalización de Variables

En la tabla 6, se presentó la Operacionalización de las variables

2.2.2. Identificación de Variables

Independiente

- Concentración de almidón de subproductos de papa Huayro y Perricholi.

Dependiente

- Características fisicoquímicas del bioetanol en el proceso de fermentación alcohólica (Aspecto y color, °Brix, acidez total, densidad, grados alcohólicos).
- Rendimiento.

2.2.3. Operacionalización de las variables

Tabla 8. Operacionalización de las variable

	Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de Medición
variable Independiente	Concentración de almidón de subproductos de las variedades de papa Huayro y perricholi (<i>Solanum Tuberosum</i>)	Es la cantidad de sustancia blanca, inodora, granulada o en polvo, constituida por polímeros de amilosa y amilopectina en solución.	Se pesa el almidón y se disuelve hasta un volumen de 100 ml.	Porcentaje	%
Variables Independientes	Características fisicoquímicas	Aspecto y color	Permite evaluar de manera organoléptica la presencia de impurezas y color como el oscurecimiento debido a la oxidación de compuestos inestables: alcoholes superiores y aldehídos.	Se realizó una observación visual al producto final: Aspecto: tuvo que ser límpido y exento de impurezas. Color: incoloro	Características organolépticas Escala
		°Brix	Cantidad de sólidos totales disueltos en la solución.	Medición durante la etapa de fermentación alcohólica las variaciones de °Brix del sustrato, se utilizó una regresión lineal polinómica usando MS Excel 2013	Contenido de sólidos totales °Brix

	Acidez total	Cantidad de iones H ⁺ que refleja el poder corrosivo del bioetanol.	Medir una muestra con el pH metro	Concentración de H ⁺	pH
	Densidad	Es una medida indirecta de la proporción de agua y alcohol existente en el biocombustible. Si es elevada indica gran cantidad de agua, si la masa es baja indica presencia de componentes livianos como metanol y aldehídos, los que causarán más polución al medio ambiente	Fue medido mediante utilización de un densímetro de vidrio	Masa/volumen	Kg/m³
	Grados Alcohólicos	Refleja el grado de pureza del bioetanol, permitiendo evaluar especialmente la presencia de agua, que es soluble en el bioetanol e incolora, pero que se presenta en elevada densidad.	Destilación: Se midió los grados alcohólicos a una temperatura de 20°C, con uso del alcoholímetro centesimal de Gay-Lussac.	Contenido de alcohol	°INPM
	Rendimiento	El porcentaje de rendimiento de la fermentación alcohólica, se obtiene en relación a la cantidad real de alcohol producido y la esperada teóricamente en base a la concentración de azúcar de la solución a fermentar	expresado el porcentaje el volumen de alcohol y el volumen esperado % $\frac{\text{rendimiento}}{0.511 \times (\text{conc. carbohidratos})}$	Porcentaje	%

2.3. Población, Muestra y Muestreo

2.3.1. Población

Estuvo conformada por subproductos de las variedades papa de Huayro y Perricholi (*Solanum Tuberosum*), las cuales fueron recolectadas de la provincia de Santiago de Chuco, departamento de la Libertad.

2.3.2. Muestra

Para la elaboración de bioetanol se tomaron 15 Kg de subproductos de papa perricholi y 15 Kg de subproductos de papa huayro, de las cuales se realizaron las extracciones de almidón como se detalló en la Figura 7.

2.3.3. Muestreo

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia del investigador, verificando los criterios de evaluación.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1. Técnicas

- Determinación de rendimiento de almidón de subproductos de papa huayro y perricholi (*Solanum Tuberosum*) mediante cálculo de rendimiento. (ver anexo 1).
- Determinación de aspecto y color de bioetanol mediante método ASTM visual (ver anexo 2).
- Determinación de acidez total mediante método NBR 9866 – alcohol etílico. (ver anexo 3).
- Determinación de densidad específica mediante método ASTM 4052 (ver anexo 4).
- Determinación de grados alcohólicos mediante método NBR 5992 (ver anexo 5).
- Determinación de Rendimiento de Bioetanol mediante formula (ver anexo 6).

2.5. Métodos de análisis de datos

Para el análisis estadístico se utilizó el análisis de varianza (ANOVA); el cual incluye el método LSD de Fisher el cual permitió crear intervalos de confianza, y la prueba de Tukey rango múltiple (nivel de p de 0.05) o para detectar diferencias entre las características fisicoquímicas del bioetanol que se trabajó a diferentes concentraciones.

2.6. Aspectos éticos

Los ensayos realizados en los diferentes análisis y concentraciones, presentaron datos reales los cuales fueron auténticos para la obtención de resultados de la tesis; se siguieron normas internacionales como las que rige la American Society for Testing Materials (ASTM), lo cual garantizó el respeto a los autores citados anteriormente.

III. RESULTADOS

3.1. Extracción de almidón de subproductos de la papa

En la figura 6, se presentó la extracción y obtención de almidón de subproductos de papa Huayro y Perricholi (*Solanum Tuberosum*). Se realizó mediante el método descrito por (Singh, Singh, & Owen, 2006) conteniendo modificaciones detalladas a continuación:

- **Lavado:** Se eliminaron las impurezas presentes en las variedades de papa a utilizar.
- **Pelado y Cortado:** En el pelado las papas fueron reducidas en cubos de 1 cm^3 .
- **Triturado:** Los cubos fueron triturados en una licuadora Osterizer, se adicionó 0,005 Kg de metabisulfito/L de agua.
- **Filtrado:** Se filtró con agua destilada en un tamiz de 75 micras.
- **Lavado y Sedimentado:** La pasta obtenida fue sedimentada durante dos horas, donde se logró eliminar el sobrenadante, luego se procedió a lavar con agua destilada para remover y diluir el almidón, dejando sedimentar nuevamente; se realizó por duplicado estas operaciones.
- **Segundo Filtrado:** Los sedimentos fueron filtrados usando un tamiz número 100, dejándolo sedimentar por última vez, luego de tres horas se retiró el sobrenadante.
- **Secado:** El almidón húmedo fue secado en bandejas de aluminio en estufa con corriente de aire a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante dos días.
- **Molienda y Tamizado:** El almidón fue molido en un molino pulverizador y se tamizó en una malla de 60 pulgadas.

Tabla N°8. Rendimiento de almidón de para variedades Huayro y Perricholi

Variedad	Peso de papa (Kg)	Peso almidón Seco (kg)	Desechos (kg)	Rendimiento %
Huayro	10.320	1.270	9.050	12.31
Perricholi	10.415	1.197	9.218	11.49

3.2. Obtención de bioetanol por Hidrolisis Enzimática

En la figura 7. Se puede observar el flujograma de obtención de bioetanol mediante hidrolisis enzimática.

Fermentación:

- Se tomaron 100 ml de cada una de las muestras a las cuales se calentó a 40°C y regulo el pH a 4.5 con ácido cítrico, luego se adicionaron 20 gramos de levadura *sacharomices cerevisae*, liofilizada, equivalente al 2% de la muestra a fermentar para activar la levadura. Se adicionó nutrientes para el crecimiento de las levaduras, fosfato de amonio (0.5g/l), urea (0.25g/l).
- La levadura activada en un tiempo de 30 minutos y cuando producía espuma, se adiciono a las muestras experimentales completando nuevamente un litro de solución de concentraciones 10.5%, 13.5% y 15.0% peso/volumen respectivamente y con tres repeticiones de acuerdo al esquema experimental.
- La fermentación controlada a una temperatura entre 18-20°C. a la cual fueron medidos los grados brix cada día, cuando el grado brix permanecía constante estable se dio por finalizada la etapa de fermentación pasando luego a la destilación.

Tabla 9. Control de °Brix durante la fermentación

Proceso de Fermentación						
Tiempo (Días)	Variedad Huayro			Variedad Perricholi		
	10.5%	13.5%	15.0%	10.5%	13.5%	15.0%
1	9.18	12.33	13.75	9.27	12.52	13.61
2	8.66	11.22	12.47	8.74	11.39	12.57
3	7.51	10.45	10.23	7.49	10.24	10.83
4	6.73	9.87	9.68	6.64	9.58	9.75
5	6.12	8.75	8.82	6.09	8.55	8.92
6	5.44	8.12	7.93	5.51	8.02	8.11
7	4.94	7.47	7.23	5.12	7.39	7.47
8	4.27	6.51	6.42	4.64	6.76	6.82
9	3.94	5.89	5.76	4.13	5.97	5.62

10	3.66	5.04	5.22	3.55	5.13	4.98
11	3.26	4.13	4.41	3.14	4.28	4.37
12	3.06	3.94	4.12	2.96	4.11	4.02
13	3.05	3.94	4.11	2.95	4.11	4.02

En la tabla se muestra las variaciones de los azúcares medidos en °Brix hasta que el valor se repitió indicando el final de la fermentación.

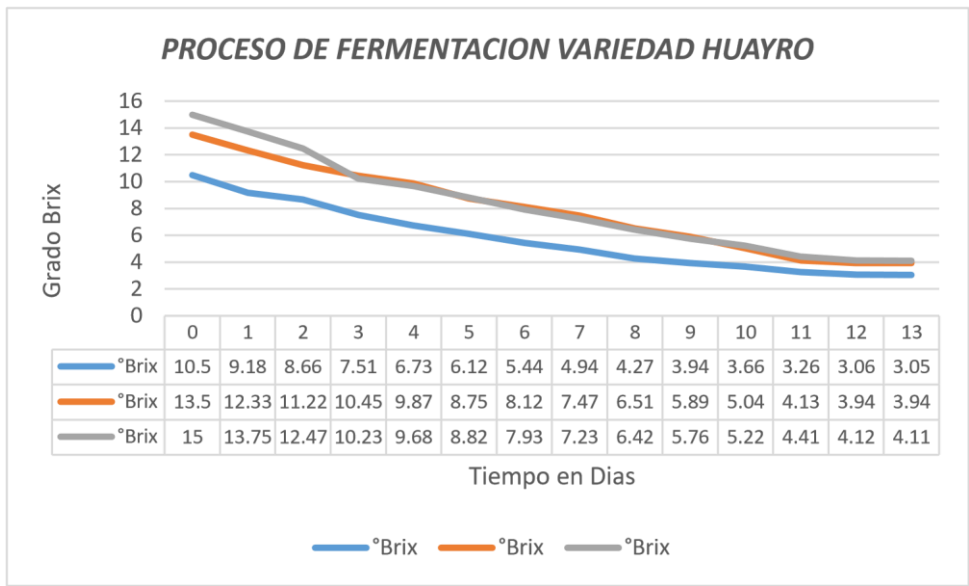


Figura 8. Control de °Brix durante la fermentación variedad huayro

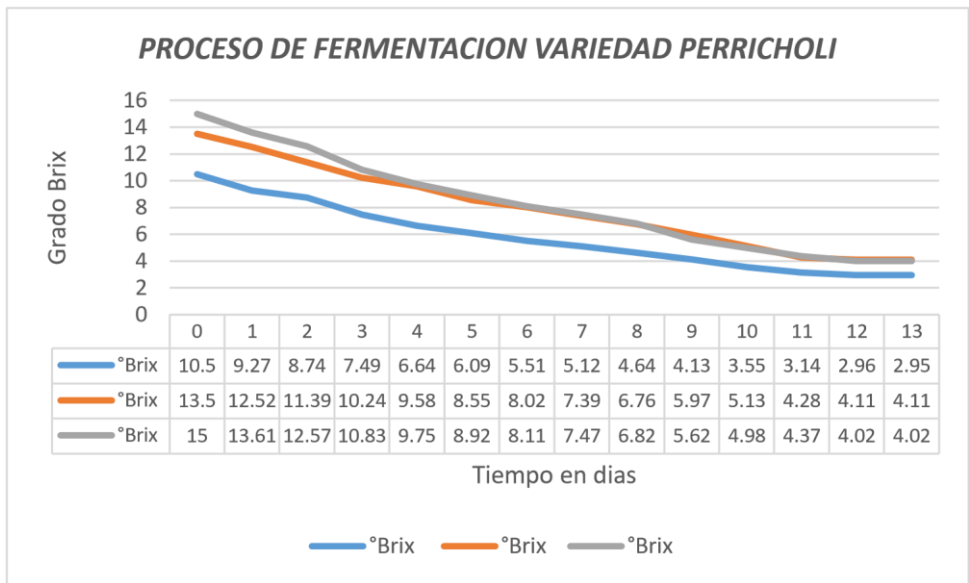


Figura 9. Control de °Brix durante la fermentación variedad Perricholi.

Destilación:

- Se destiló en un aparato de destilación, manteniéndose la temperatura de constante de 82°C, cuando el valor del termómetro comenzó a subir se dio por finalizada la destilación.
- Se midió con el alcoholímetro a 20°C los grados Gay Lussac de las muestras experimentales obtenidas, dando valores promedios de la Repetición 1= 14.5, R2 = 14.93, R3 14.93°GL para la variedad Huayro, valores de R1 = 14.91, R2 = 15.51, R3 = 15.48°GL para la variedad perricholi.

Tabla 10. Rendimiento de bioetanol por fermentación

	Variedad Huayro			Variedad Perricholi		
concentraciones	10.5%	13.5%	15.0%	10.5%	13.5%	15.0%
°Brix	77	99	112	83	109	116
Ml/lt	81	106	115	79	108	118
	76	108	116	78	104	122
Promedio	78.00	104.3	114.33	80	107	118.67
Grado alcoholico						
°GL	53.2	55.4	55.3	52.8	54.3	55.2

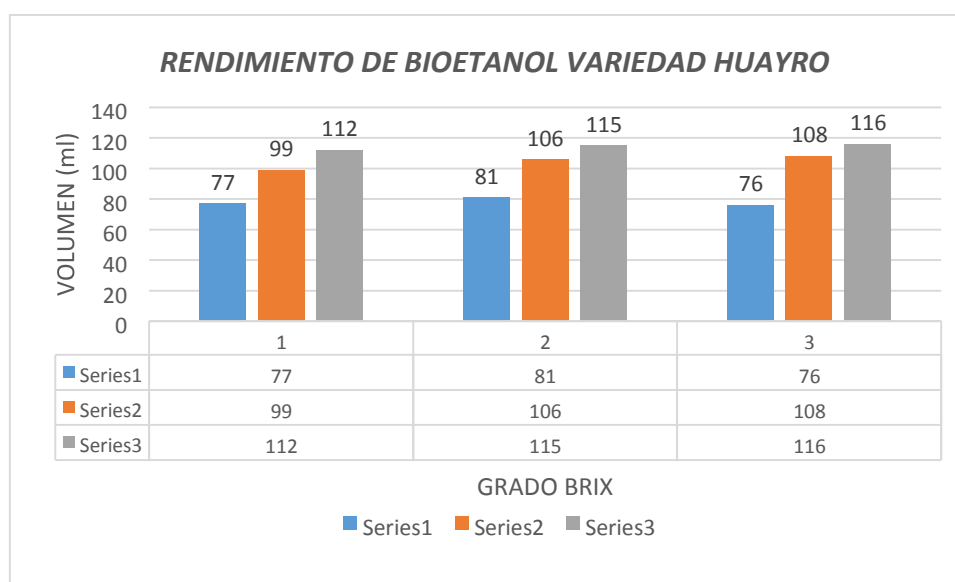


Figura 10. Rendimiento de bioetanol variedad huayro

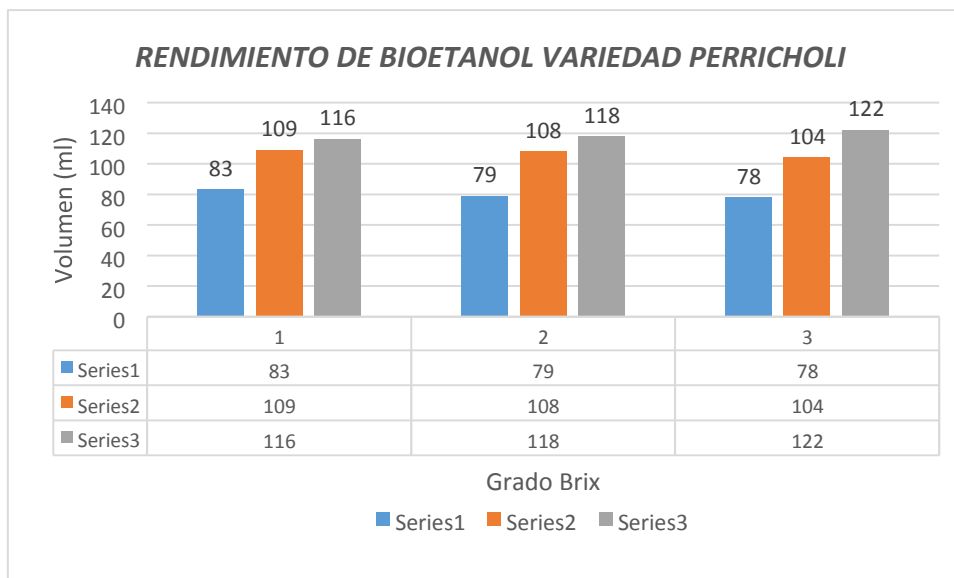


Figura 11. Rendimiento de bioetanol variedad perricholi

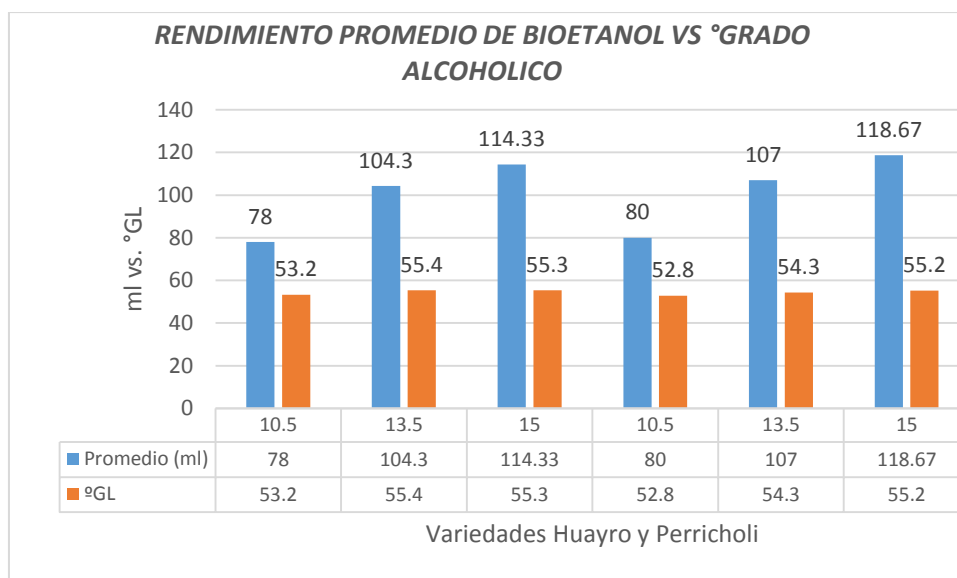


Figura 12. Rendimiento promedio de bioetanol: grado alcohólico vs variedad huayro y perricholi

Tabla 11. Determinación de aspecto y color de bioetanol obtenido de la variedad Huayro.

N° muestras	N°	aspecto				color			
		L- E.I	L- C.I	T- S.I	T -C.I	A- M	A-R	I-R	O
CVAH1	R1	✓						✓	
	R2	✓						✓	
	R3	✓						✓	
CVAH2	R1	✓						✓	
	R2	✓						✓	
	R3	✓						✓	
CVAH3	R1	✓						✓	
	R2	✓						✓	
	R3	✓						✓	

Aspecto

Color

L-E. I: Límpido – Exento de impurezas

A – M: Anaranjado – Marrón

L-C. I: Límpido – Con Impurezas

A – R: Amarilla – Rosa

T- S.I: Turbio – Sin Impurezas

I – R: Incolora

T- C.I: Turbio – Con Impurezas

O: Otra (especificar)

En los aspectos del bioetanol se tiene es L-E-I.y también I-R.

Tabla 12. Determinación de aspecto y color de bioetanol obtenido de la variedad perricholi

N° muestras	N°	aspecto				color			
		L- E.I	L- C.I	T- S.I	T -C.I	A- M	A-R	I-R	O
CVAP1	R1	✓						✓	
	R2	✓						✓	
	R3	✓						✓	
CVAP2	R1	✓						✓	
	R2	✓						✓	
	R3	✓						✓	
CVAP3	R1	✓						✓	
	R2	✓						✓	
	R3	✓						✓	

Tabla 13. Ficha técnica de bioetanol en estudio variedad huayro.

muestras	repeticiones	AT. PROMEDIO	ρ PROMEDIO	G.A PROMEDIO	Ren. PROMEDIO
M1	R1	3.38	0.93	52.80	14.54
M2	R2	3.60	0.94	55.40	14.93
M3	R3	3.58	0.91	55.30	14.93

Tabla 14. Rendimiento general de los análisis fisicoquímicos de la variedad huayro

N° muestras	N° repeticiones	Análisis					
		ASP.	C	A.T	ρ	G.A	Rend.
CVAH1	R1	Limpio	Translucido	3,45	0.9302	52.8	14.35
	R2	Limpio	Translucido	3.23	0.9269	53,00	15.1
	R3	Limpio	Translucido	3.52	0.9288	53,80	14.16
CVAH2	R1	Limpio	Translucido	3,56	0.9107	55.7	13.77
	R2	Limpio	Translucido	3.81	0.9985	54.9	15.35
	R3	Limpio	Translucido	3.38	0.9118	55.6	15.66
CVAH3	R1	Limpio	Translucido	3,49	0.9014	56.2	14.66
	R2	Limpio	Translucido	3.51	0.9126	54.3	15
	R3	Limpio	Translucido	3.64	0.9166	55.4	15.13

Tabla 15. Ficha técnica de bioetanol en estudio variedad Perricholi.

muestras	repeticiones	AT. PROMEDIO	ρ PROMEDIO	G.A PROMEDIO	Ren. PROMEDIO
M1	R1	3.66	0.93	52.8	14.91
M2	R2	3.52	0.95	54.3	15.51
M3	R3	3.59	0.91	55.2	15.48

Tabla 16. Ficha técnica de bioetanol en estudio variedad perricholi.

N° muestras	N° repeticiones	Análisis					
		ASP.	C	A.T	ρ	G.A	Ren.
CVAP1	R1	Limpio	Translucido	3,73	0.9320	52.60	15.46
	R2	Limpio	Translucido	3.62	0.9268	53.10	14.72
	R3	Limpio	Translucido	3.69	0.9318	52.70	14.54
CVAP2	R1	Limpio	Translucido	3,58	0.9987	54.80	15.80
	R2	Limpio	Translucido	3.49	0.9287	53.90	15.66
	R3	Limpio	Translucido	3.55	0.9227	54.20	15.08
CVAP3	R1	Limpio	Translucido	3,52	0.9107	55.70	15.13
	R2	Limpio	Translucido	3.57	0.9167	55.40	15.39
	R3	Limpio	Translucido	3.61	0.9166	54.50	15.92

- **R:** repeticiones
- **Asp:** aspecto
- **C:** color
- **A.T:** Acidez Total
- **ρ :** Densidad
- **G.A:** Grados Alcohólicos
- **Rend:** rendimiento

Tabla 17. Promedios generales de las características fisicoquímicas del bioetanol

muestras	repeticiones	%AT	ρ	%GA	Ren.
Var. Huayro	R1	3.38	0.93	52.8	14.54
	R2	3.6	0.94	55.4	14.93
	R3	3.58	0.91	53.3	14.93
Var. Perricholi	R1	3.66	0.93	58.8	14.91
	R2	3.52	0.95	54.3	15.51
	R3	3.59	0.91	55.2	15.48

En los promedios generales el de mayor densidad y en el % de grados alcohólicos fue la variedad Perricholi, y en rendimiento de bioetanol fue el almidón de la variedad Huayro.

Tabla 18. Fiabilidad y probabilidad y rendimiento promedio total de las variedades Huayro y Perricholi

	Rendimiento Promedio total	Variedad Huayro	Variedad Perricholi
P Promedios de las dos variedades	P.R1	14.54	14.91
	P.R2	14.93	15.51
	P.R3	14.93	15.48

Donde:

(P. R1 = Promedio de la muestra 1)

(P. R2 = Promedio de la muestra 2)

(P. R3 = Promedio de la muestra 3)

Tabla 19. Estadísticas de elemento de resumen

	Media	Mínimo	Máximo	Rango	Máximo/ Mínimo	Varianza	N de elementos
Medias de elemento	15.050	14.800	15.300	.500	1.034	.125	2
Varianzas de elemento	.083	.051	.114	.064	2.254	.002	2
Covarianzas entre elementos	.076	.076	.076	.000	1.000	.000	2
Correlaciones entre elementos	.999	.999	.999	.000	1.000	.000	2

Tabla 20. Probabilidad y Aditividad según ANOVA con prueba de Friedman y Tukey para la Hipótesis (H_0 y H_1).

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	Chic cuadrado de Friedman	Sig
Inter sujetos		.317	2	.159		
Intra sujetos	Entre elementos	.375	1	.375	2.900	.089
	Balanza	.000	1	.000		
	Total	.013	2	.006		
	Total	.388	3	.129		
Total		.705	5	.141		

a. La estimación de Tukey de potencia en la que se deben realizar observaciones para conseguir una Aditividad = -11.074 y para los análisis de la Hipótesis (H_0 y H_1) se interpreta de la siguiente manera:

Donde:

Chi-cuadrado de Friedman da el resultado con la probabilidad del 0.05%:

Factor tabla (FTab) > al factor tabla calculado (FCal.) Rechaza H_0

Factor tabla (FTab) < al factor tabla calculado (FCal.) Acepta H_1

FTab = 2.353

FCal Chi-cuadrado de Friedman = 2.9 se puede concluir que se rechaza a la H_0

(Hipótesis nula) aceptando a la Hipótesis Alternativa.

Tabla 21. Estadísticas de la prueba de T STUDENT de muestra única del rendimiento del bioetanol a partir de subproducto de papa

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
VAR00001	3	15.3000	.33808	.19519
VAR00002	3	14.8000	.22517	.13000

Rendimiento de bioetanol según el paquete estadístico SPSS Statistic V22.

Tabla 22. Valor de prueba al 95% de probabilidad del T Student en el rendimiento de las dos variedades de papa.

	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Var. Huayro	78.384	2	.000	15.30000	14.4602	16.1398
Var. Perricholi	113.846	2	.000	14.80000	14.2407	15.3593

Encontramos que el mayor rendimiento de bioetanol se encontró a partir del almidón de la variedad Huayro y en densidad y grados alcohólicos fue la variedad Perricholi como se muestra en la tabla 16.

IV. DISCUSIÓN

Según la investigación realizada por Bohórquez (2008), que realizó la hidrólisis enzimática donde utilizó enzimas alfa-amilasas, reaccionando a las 2 horas a una temperatura de 90°C, logrando determinar la presencia de azúcares reductores parecidos de dextrosa obtuvo para su muestra MCOL 2215 valores de Equivalentes de Dextrosa de 65 en concentraciones del 13% y 16% p/v y grados Brix de 14.5 a una concentración de 16% y realizando los análisis de grados brix con nuestra investigación final y a los 13 días con tres repeticiones por muestra variedad huayro 3.05 y rendimiento (14.54), 3.94 rend. (14.93), 4.11 rendi. (14.93); variedad perricholi 2.95 rend. (14.91), 4.11 rend. (15.51), 4.02 rendi. (15.48) que si se obtiene los rendimientos con las variedades del sub producto de la papa.

Realizada la comparación del uso de 0.02% levadura liofilizada *Saccharomyces cerevisiae* utilizada en mi investigación (fermentación) y comparado con Rafael (2012), quien obtuvo una bebida alcohólica a partir de sustratos de papa china y camote concluyendo que el mejor tratamiento estaba constituido por 0.08 g de levadura por litro, adicionándolo un 25% de sustrato de papa china y 75% de sustrato de camote, se obtuvo % porcentaje de producto final bioetanol a partir del sustrato de papa.

Con el 5.4 ° brix final de harina a partir del grano de sorgo en base seca en su estudio de “Mejoras en la Producción de Bioetanol según Ramírez (2014), describe que fueron disminuyendo en su proceso de hidrólisis, y cuyo brix final fueron de R1 = 3.05, R2 = 3.94 R3 = 4.11 que fueron de la variedad ; R1 = 2.95 R2 = 4.11, R3 = 4.02 fueron de la variedad perricholi.

Moorthy et al. (2002) mencionan que las papas de la sierra peruana; y diversos almidones de tubérculos muestran uniformidad. Guarantee y Hoover (2002) aluden que el contenido de fósforo en almidones de papas es más alto en comparación con el almidón de yuca (113 ppm), maíz (171 ppm), y sagú (110 ppm) según lo reportado por Srichuwong et al. (2005); su alto contenido de

fósforo puede impartir alta viscosidad al almidón y también mejorar el rendimiento. Los almidones de alto contenido de fósforo pueden aplicarse en productos que requieran alta resistencia de gel, para obtener mayor productividad de bioetanol, así como lo menciona (Moorthy 2002)

(Moorthy 2002), en su investigación de proceso de hidrólisis enzimática parte con una concentración de 13,42 % de almidón, en un tiempo de suspensión hídrica de 90 minutos, durante este lapso logra hidrolizar todo el almidón presente en la solución a glucosa. Se determinaron tres tratamientos con diferencia significativa ($p < 0,05$) en la producción de glucosa, mediante la utilización de tres tipos de enzimas, la enzima que alcanza 13,1 % en la producción de glucosa es la glucoamilasa, comparando con nuestra investigación donde la variedad huayro empezó con un porcentaje de 13.88 % de brix terminando al día 15 con 3.72% de brix y la var. Perricholi empezó con 14.20% bx y terminando en 3.69% de brix.

V. CONCLUSIONES

1. Cumpliendo con el objetivo general en la evaluación del efecto de la concentración de almidón obtenido de los subproductos de las variedades de papa huayro y perricholi (*Solanum tuberosum*) sobre las características fisicoquímicas y rendimiento en bioetanol, evaluados en las tres concentraciones realizadas por triplicado y evaluados durante 13 días, con una probabilidad de 0.05%, con resultados de un factor calculado FCal Chi-cuadrado de Friedman fue de 2.9 y en factor tabla FTab fue de 2.353 se puede concluir que si se tiene efecto significativo según el paquete estadístico SPSS static v.22.

2. Dando los resultados de los objetivos específicos:

Se procedió a seguir parámetros y según la metodología propuesta para obtener almidón a partir de subproductos de las variedades de papa Huayro y Perricholi (*Solanum Tuberosum*). En dicho proceso no hubo factores encontrados que hubieran diferido el proceso para el producto final (almidón).

1. Se prepararon en vasos de precipitación de 1000 ml, soluciones de almidón obtenido de las variedades de papa Huayro y Perricholi (*Solanum Tuberosum*) a concentraciones 10.5%, 13.5% y 15.0% peso/volumen respectivamente y con tres repeticiones de acuerdo al esquema experimental (almidón: agua destilada).
- 2.- El pH fue medido y ajustado a 6.5, mediante uso de ácido clorhídrico 0.1 N.
- 3.- Se midió el Brix inicial de la solución.
- 4.-Se sometieron a cocción en baño maría a una temperatura de 70°C, se mantuvo en agitación constante hasta la formación gelatinosa
- 5.- Se adicionó la enzima alfa amilasa Termamyl (1.5% en peso referido al peso de la solución inicial) y se mantuvo a una temperatura de 65°C para evitar la degradación de la enzima, mezclándose por agitación de manera uniforme la enzima.

6.- Se mantuvo a esta temperatura por una hora con 30 minutos hasta que la enzima hidrolice los enlaces glucosídicos alfa 1,4 de la amilosa y amilopectina y desdoblarla en dextrinas y oligosacáridos. Luego se añade la enzima AMG3001, glucoamilasa para romper los enlaces alfa 1,6 y transformar los oligosacáridos y dextrinas en glucosa simple, dejando en reposo por una hora, quedando listo para la fermentación.

7.- Se realizó al inicio y al final el análisis de azúcares reductores dando positivo luego de terminada la hidrólisis enzimática.

En su evaluación de las características fisicoquímicas del bioetanol como producto terminado se reflejan en tablas 13 y 14 de los resultados en las dos variedades tanto en su aspecto, color, °Brix; acidez total, densidad, grados alcohólicos.

En su evaluación del rendimiento del bioetanol y con respecto a las variedades de papa Huayro y Perricholi (*Solanum Tuberosum*) se encontró el de mayor rendimiento de bioetanol fue la variedad Huayro a una concentración de 13.5% p/v, donde se logró obtener 55.40 gl promedio, a diferencia de la variedad Perricholi, que a la misma concentración logró obtener 54.3 gl.

La respuesta a la hipótesis en las concentraciones de almidón obtenido de los subproductos de las variedades de papa huayro y perricholi (*Solanum Tuberosum*) si tiene un efecto significativo sobre las características fisicoquímicas y rendimiento en bioetanol.

VI. RECOMENDACIONES

Por ejemplo, para incrementar el rendimiento de extracción de almidón de la papa peruana y tener mayor porcentaje se puede reemplazar las operaciones manuales por un proceso semi-industrial, con equipos especializados que puedan utilizarse en procesos automatizados a gran escala, como el uso de hidrociclones y secadores tipo flash.

Se puede realizar modificaciones (físicas, químicas enzimáticas) debido a que los almidones a partir de los cereales no siempre presentan las mejores propiedades deseadas para ciertos tipos de aplicaciones como es en el uso de enzimas en la fermentación de bioetanol.

Se debe desarrollar una investigación donde se logre determinar la eficiencia energética del almidón de papa en la obtención de bioetanol en la región liberteña.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulkareem, A., Jimoh, A., Afolabi, A., Odigure, J., & Patience, D. (2012). *Production and characterization of biofuel from nonedible oils: An alternative energy sources to petrol diesel*. (E. Conversion, Ed.)
- Acosta Romero, C. (2012). *Evaluación de la Fermentación Alcohólica para la producción de Hidromiel*. Tesis de Grado para la obtención del Título de Magister en Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Colombia.
- Adler, J. (2013). *Why Fire Makes Us Human*.
Obtenido de <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/why-fire-makes-ushuman72989884/?page=1>.
- Afiti, M., El-ghany, A., Al abboud, M., Taha, T., & Ghaleb, K. (2011). Bio refinery of industrial potato wastes to ethanol by solid state fermentation. *J. Agri. Biol. Sci*, 7:126-134.
- AGRICULTURA, G. R. (mayo de 2015). *LA LIBERTAD: COMPORTAMIENTO DE LA CAMPAÑA AGRÍCOLA 2011-2012*. Recuperado el 12 de junio de 2017, de http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/Lalimpul_%20011_2012_Indice%20Regional%20de%20Siembras_ago_ABRIL_2012_0.pdf
- ALTIERI, M., & NICHOLLS, C. (2000). *TEORÍA Y PRÁCTICA PARA UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE. SERIE TEXTOS BÁSICOS PARA LA FORMACIÓN AMBIENTAL* (1 ed.). D.F, MEXICO: RED DE FORMACIÓN AMBIENTAL PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE.
- Álvarez, H., Alemán Romero, A., & Hormaza Anaguano, A. (s.f.). Remoción de rojo básico de un efluente textil simulado: un caso de aplicación de cascarilla de arroz. *Producción Limpia*, 66-75.
- Arévalo, L., Sevilla, S., López, R., Carrasco, P., & Rodríguez, F. (2007). *Línea de Base de Biocombustibles en la Amazonia*. Iquitos.
- Barrena, M., Gamarra, O., & Maicelo, J. (2010). *Producción de Biogás en Laboratorio a partir de Residuos Domésticos y Ganaderos y su*

- Escalamiento*. Obtenido de <http://www.catalogo.uni.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=252552>
- BEDÓN, G. D. (2013). *Estudio Técnico-Económico para la obtención de alcohol a partir de camote (Ipomea Batata)*. (F. D. QUÍMICA, Ed.) Recuperado el 30 de mayo de 2017, de UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR:
<http://es.scrib.com/doc/170814998/alcohol-de-camote>
- Bohórquez Navarro, D., & Madero Chamorro, J. (2008). *Evaluación de los rendimientos en litrosa de alcohol/kilogramo de almidón de yuca (Manihot esculenta crantz) de las variedades industriales MCOL 2215 y MTAL 8, vía enzimática*. Tesis de Grado para optar el Título de Biólogo, Universidad de Sucre.
- Cacua, K., Amell, A., & Olmos, L. (abril de 2011). *Estudio comparativo entre las propiedades de combustión de la mezcla biogás-aire normal y biogás-aire enriquecido con oxígeno*. Recuperado el 4 de junio de 2017, de SCIELO:
<http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v31n1/v31n1a24.pdf>
- Callejas, E., & Gasca, V. (2009). Los biocombustibles. *El Cotidiano*, 75-82.
- Dergal, S. B. (2006). *Química de los alimentos*. Recuperado el 1 de junio 2017, de <https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/quimica-de-los-alimentos1.pdf>
- Dufey, A., Vermeulen, S., & Vorley, W. (2007). *Strategic Choices for Commodity Dependent Developing Countries. Common Fund for Commodities*. Biofuels.
- García, D., & Olivares, L. (2007). *Producción de Biomasa a Partir de los Residuos del Procesamiento Agroindustrial de la papa por Aspergillus niger*.
- GOMÉZ, D. (2010). *SURAMÉRICA Y LA SEGURIDAD ENERGÉTICA: UNA VISIÓN A LA LUZ DEL SISTEMA POLÍTICO INTERNACIONAL*.
- Gómez, R., & Wong, D. (1998). Procesamiento de la papa. *Agroecológica Indoagro*, 4-7.
- Gonzales Fernández, J., & Molina Córdoba, M. (2006). Estudio de los factores que afectan la hidrólisis enzimática y el proceso fermentativo

para la producción de alcohol a partir de papa (*Solanum tuberosum*),
Ingeniería, 27-37.

GRIEVE, M. (2014). *A MODERN HERBAL*. Obtenido de CASTOR

OIL PLANT: <http://www.botanical.com/botanical/mgmh/c/casoil32.html>.

Guarantee, A; Hoover, R. 2002. Effect of heat–moisture treatment on the structure and physicochemical lproperties of tuber and root starches. *Carbohydrate polymers* 49(4):425-437

Hernández, M., & Hernández, J. (septiembre de 2008). *Verdades y Mitos de los Biocombustibles*. Recuperado el 4 de junio de 2017, de <http://www.redalyc.org/pdf/294/29407102.pdf>

Hernández, Á. G. (2010). *Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de Alimentos*. (Panamericana, Ed.) Recuperado el 15 de mayo de 2017, de www.medicapanamericana.com/fichaPDF.aspx?id=4430

Hirst, K. (2015). *Olive Oil*.

Obtenido de <http://archaeology.about.com/od/oterm/qt/OliveHistory.htm>.

Horta, L. (2006). *Costos y Precios para Etanol Combustible en América Central. Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. Santiago, Santiago, Chile.

INDOAGRO. (s.f.). *Revista Agroecológica INDOAGRO*.

Kim, H., Kim, S., & Dale, B. (2009). Biofuels, land use change and greenhouse gas emissions: some unexplored variables. *Environmental science and technology*, 961967.

LIZA, J. E. (2015). *Obtención de Alcohol a partir de Camote de Pulpa Anaranjado (Ipomea Batata L)*. Recuperado el 5 de mayo de 2017, de UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/154/BC-TES-3885.pdf?sequense=1&isAllowed=y>

Loyola, N., Oyarce, E., & Acuña, C. (2 de mayo de 2010). *EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE ALMIDON EN PAPAS (SOLANUM TUBEROSUM, SP. TUBEROSUM CV. DESIRÉE), PRODUCIDAS EN FORMA ORGÁNICA Y CONVENCIONAL, EN LA PROVINCIA*

- DE CURICÓ, REGIÓN DEL MAULE.* (SCIELO, Ed.) Recuperado el 10 de mayo de 2017, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292010000200005
- Luis, M., Ernestina, T., Martínez G., M., & Carmen, S. J. (2006). *PRODUCCION DE BIOGAS A NIVEL LABORATORIO UTILIZANDO ESTIERCOL DE CABRAS.* Recuperado el 4 de junio de 2017, de Redalyc: <http://www.redalyc.org/pdf/416/41616204.pdf>
- Machuca, H. M. (2010). *Caracterización de la hidrólisis enzimática en almidón de papa.* Instituto Tecnológico Superior de Perote.
- Martinelli, L., & Filoso, S. (2008). *Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: Environmental and social challenges.* Ecological Applications.
- Martínez, A. M. (abril de 2002). *Alcaloides esteroidales de solanáceas.* Recuperado el 24 de mayo de 2017, de Facultad de Química Farmacéutica: https://www.researchgate.net/publication/283308542_Alcaloides_esteroidales
- Medina, M. H., Uco, J. G., Guerrero, L. C., & Ancona, D. B. (Septiembre de 2008). *Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México.* Recuperado el 18 de Junio de 2017, de SCIELO: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612008000300031
- Melian, D. (2010). *Ensayo Comparativo de dos metodologías de extracción de almidón de papa usando muestras de diez variedades nativas de Chile y dos variedades comerciales.* Tesis para optar el grado de licenciado en Ciencia de Alimentos, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- MINAG. (2007). *Biocombustibles y Marco Tributario.* documento de trabajo, Ministerio de Agricultura, Lima.
- Miramont, S. (2012). *Recubrimiento Elaborado a partir de Biopolímeros para el soporte de sustancias con actividad antimicrobiana.* Recuperado el 15 de mayo de 2017, de

<http://posgrado.frba.utn.edu.ar/investigacion/tesis/mTA-2012sofia%20miramont.pdf>.

Morales, G. R. (junio de 2007). *DISTRIBUCIÓN Y VARIABILIDAD DE Ralstonia solanacearum E.F. Smith, AGENTE CAUSAL DE MARCHITEZ BACTERIANA EN EL CULTIVO DE PAPA (Solanum tuberosum L), EN TRES DEPARTAMENTOS DEL NORTE DE NICARAGUA*. Recuperado el 30 de mayo de 2017, de UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARÍA:
<http://repositorio.una.edu.ni/1366/1/tnh20r586.pdf>.

Moorthy, S. 2002. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: a review. *Starch- Stärke*,54(12):559-592

Oken, O., Onwosi, C., & Odibo, F. (2017). *Biogas production from rice husks generated from various rice mills in Ebonyi State, Nigeria*.

Piqueras, J. G., & Rodríguez, E. V. (diciembre de 2010). *ENERGIA Y DESARROLLO HUMANO, UN ACERCAMIENTOS A LOS BIOCOMBUSTIBLES*. Recuperado el 4 de junio de 2017, de https://www.researchgate.net/profile/Jose_GonzalezPiqueras/publication/267826897_Energia_y_Desarrollo_Humano_Un_acercamiento_a_los_biocombustibles/links/54b795080cf2e68eb2802a3b/Energia-y-DesarrolloHumano-Un-acercamiento-a-los-biocombustibles.pdf

Queris, J. (2010). *Memorias curso fermentación de vinos y vinagres de fruta*. Bogota.

Rabelo, S., Carrere, H., Maicel Filho, R., & Costa, A. C. (2011). *Production of bioethanol, methane and heat from sugarcane bagasse in a biorefinery concept. Bioresource technology*.

Rafael, a. g., & Vicente, c. o. (2012). “*elaboración de una bebida alcohólica destilada, evaluando dos niveles de levadura utilizando como sustrato papa china (Colocasia esculenta) y camote (Ipomoea batatas l) en la planta de frutas y hortalizas de la universidad estatal de Bolívar*”. (e. d. agroindustrial, Ed.) Recuperado el 1 de junio de 2017, de universidad estatal de Bolívar:
<http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/937/1/070.pdf>

- Ramírez, M. B. (agosto de 2014). *Mejoras en la producción de bioetanol combustible a partir de sorgo grano*. Recuperado el 23 de junio de 2017, de <http://www.bib.fcien.edu.uy/files/etd/biotec/uy24-17086.pdf>
- REN, J., TAN, S., MAZZI, A., SCIPIONIA, A., & SOCAVOOL, B. (2014). DETERMING THE LIFE CYCLE ENERGY EFFICIENCY OF SIX BIOFUEL SYSTEMS IN CHINA. *BIORESOURCE TECHNOLOGY*, 162, 1-7.
- Romero, C. A. (2012). *Evaluación de la Fermentación Alcohólica para la Producción de Hidromiel*. Recuperado el 30 de Mayo de 2017, de UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA: <http://www.bdigital.unal.edu.co/9933/1/300060.2012.pdf>
- Santanilla, E. B. (junio de 2006). *Hidrólisis ácida de sustratos residuales agroindustriales colombianos*. (U. M. Beltrán, Ed.) Recuperado el 12 de mayo de 2017, de Umbral Científico: <http://www.redalyc.org/pdf/304/30400802.pdf>
- Santis Espinoza, L. F., Pérez Sariñana, C. A., Guerrero Fajardo, S., Saldaña Trinidad, E. C., López Vidaña, & P.J., S. (2015). with solar energy as a pretreatment for bioethanol production. *BioResources*.
- Singh, J., Singh, H. L., & Owen, M. (2006). *Physico-chemical and morphological characteristics of New Zealand Taewa (Maori potato) starches*. 64(4): 569-581: Carbohydrate polymers.
- Song, M., An, Q., Zhang, Z., & Wu, J. (2012). . *Environmental efficiency evaluation based on data envelopment analysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

Sorda, G., Banse, M., & Kemfert, S. (2010). An overview of biofuel policies across the world. *Energy Policy*.

Torre, L. (2008). *Análisis Estructural y Modificación de la Glucoamilasa de Saccharomyces Cerevisae Var. diastaticus*. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia, Valencia.

Srichuwong, S; Sunarti, T; Mishima, T; Isono, N; Hisamatsu, M. 2005. Starches from different botanical sources II: Contribution of starch structure to swelling and pasting properties. *Carbohydrate Polymers* 62 (1):25-34

Valencia, N. (2011). Manejo de Residuos en la Agroindustria. *Seminario Internacional Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos, siglo XXI*. Recuperado el 19 de noviembre de 2011, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/xxx.pdf>

Vanaclocha, A. C., & Requena, J. A. (2003). *Procesos de conservación de Alimentos*. Recuperado el 30 de Mayo de 2017, de <http://www.acyja.com/Libros/Procesosindice.pdf>

Wang, K., Wei, Y., & Zhang, X. (2012). . *A comparative analysis of China's regional energy and emission performance: Which is the better way to deal with undesirable output*. *Energy Policy*.

Webb, A. a. (2012). *Biofuels and biodiversity*. Recuperado el 4 de junio de 2017, de <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-65-en.pdf>

Zuloaga, R. (2007). *Potencial Agroindustrial del Camote*. Recuperado el 1 de Junio de 2017, de <https://biotecnologiaproyecto09.wikispaces.com/file/view/03%2520Zuloaga%2520Raul.pdf>

ANEXOS

Anexo 1.

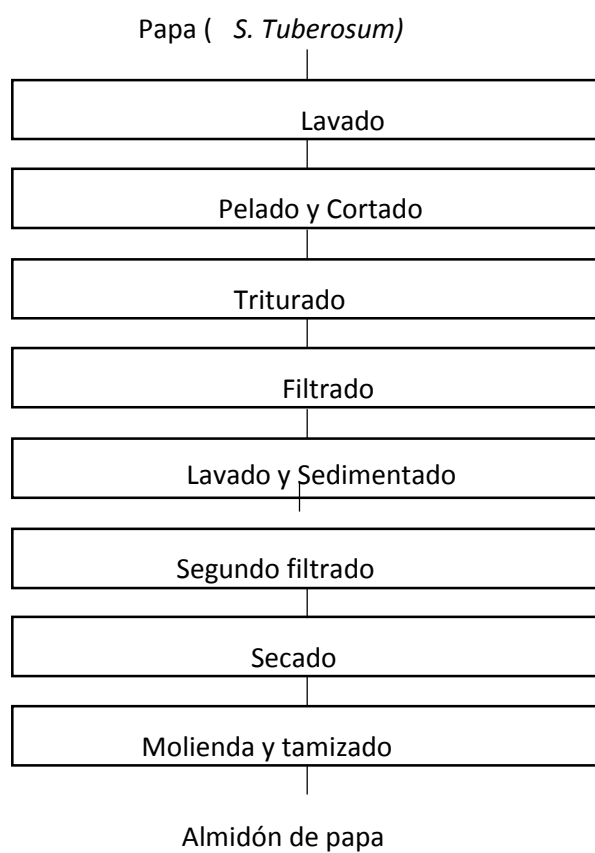


Figura 6. Extracción de almidón de papa

ANEXO 2

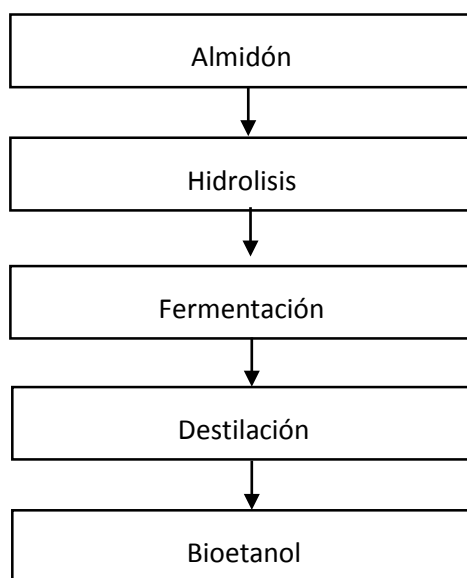


Figura 7. Flujograma de obtención de bioetanol ANEXO 3

Determinación de Rendimiento de Almidón

Al finalizar la etapa de obtención de almidón de las dos variedades de papa, se realizó el cálculo de rendimiento; para lo cual se usó la siguiente fórmula

$$R = \frac{PA}{PP} * 100$$

Donde:

PA: Peso de almidón

PP: Peso de subproductos de papa

R: Rendimiento

ANEXO 4

Determinación de Aspecto y Color (Método ASTM)

- Se homogenizó la muestra invirtiendo el matraz tres veces sin agitar vigorosamente.
- Se realizó el llenado de bioetanol en una probeta de vidrio de 1L. Fue realizado con la muestra a temperatura ambiente.
- Se observó la apariencia y el color de todas las muestras obtenidas a diferentes concentraciones.

ANEXO 5

Determinación de acidez total (NBR 9866)

- Se colocaron 50 ml de agua en el Erlenmeyer y se agregaron 3 gotas del indicador naftolfataleína y se neutralizó con solución de hidróxido de sodio 0,02 N.
- Pipeteó 50 ml de la muestra previamente homogenizada para el Erlenmeyer, se agitó y se observó el color de la solución.
- Se consideró el color de la solución de quede incolora, hasta que apareció el color azul claro.
- Se anotó el volumen consumido.
- La muestra fue considerada alcalina (positiva) permanece de color azul.

ANEXO 6

Determinación de la densidad específica (Método NBR 5992)

- Verter la muestra en una probeta limpia y seca (Temperatura ambiente)
- Se introdujo el termómetro, se realizó la lectura y se procedió a retirar el termómetro.
- Se realizó nuevamente la medición y la lectura de temperatura de la muestra

ANEXO 7

Determinación de grados alcohólicos (Método NBR 5992)

- Se introdujo el densímetro de vidrio apropiado, limpio y desengrasado; para que pueda flotar libremente sin tocar los fondos de la probeta. Se esperó una posición de equilibrio, se hizo la lectura observando el menisco inferior de la superficie principal del líquido, que coincidió con la escala de densidad.
- Con el valor de la densidad en las temperaturas de afericción del densímetro, se observó en la tabla específica el grado alcohólico en °INPM (% masa) y °GL (% volumen).

ANEXO 8 Determinación de Rendimiento de Bioetanol

Se determinó el rendimiento de etanol en los diferentes tiempos de fermentación alcohólica, mediante el proceso de la siguiente fórmula:

$$\frac{(ETANOL_t - ETANOL_0)}{0.511 X (CONCENTRACION DE CARBOHIDRATOS)}$$

Donde:

ETANOL_t: Concentración de etanol en el tiempo de muestreo.

ETANOL₀: Concentración de etanol a las 0 horas.

0.511: Factor de conversión de glucosa a etanol

ANEXO 9

Ficha técnica de enzima Termamyl 120 L, type L

Product Data Sheet

novozymes

Termamyl® 120 L, Type L

Valid from 13-Oct-2005

Product Characteristics:

Enzyme Class	Alpha-amylase
Declared activity	120 KNU-T/g
Colour	Light to dark brown Colour can vary from batch to batch. Colour intensity is not an indication of enzyme activity.
Physical form	Liquid
Approximate Density (g/ml)	1.28
Viscosity (cPs)	1-25
Stabiliser	Methionine Sodium chloride Sucrose
Production organism	Bacillus licheniformis Produced by fermentation of a microorganism which is selfcloned according to the EU definition (further information available upon request). The enzyme protein is separated and purified from the production organism.

Product Specification:

	Lower Limit	Upper Limit	Unit
Alpha Amylase Units KNU-T	120	138	/g
pH at 25C	5.5	7.0	
Density	-	-	g/ml
Total Viable Count	-	50000	/g
Coliform Bacteria	-	30	/g
Enteropathogenic E.Coli	-	None Detected	/25g.
Salmonella	-	None Detected	/25g.

The product complies with the recommended purity specifications for food-grade enzymes given by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) and the Food Chemical Codex (FCC).

Figura 13. Ficha Técnica enzima Termamyl 120 ANEXO 10

Determinación de Azúcares Reductores

- Se utilizó el método de “Dinitrofenol de Ross”, utilizado en el Centro Internacional de la Papa, desde 1975.

Determinación de azúcares reductores mediante el método Dinitrofenol de Ross.

- Se tomó 1 g de muestra de las soluciones (almidón de papa y agua) en un tubo de ensayo, se agregó 9 ml de agua destilada, se agitó bien. Se filtró con Wathman n° 4. (Dilución 1)
- Del filtrado se tomó 1 ml de una solución para ser adicionado con 9 ml de agua destilada en el tubo n°2. (Dilución 2)

- Del tubo n°2 se extrajo 1 ml de solución para ser adicionado con 9 ml de agua destilada en el tubo n°3. (Dilución 3)
- De cada dilución se tomó 1 ml de sus respectivas soluciones en 3 tubos de ensayo marcados
- Luego se adicionó 3 ml del reactivo de Ross a los 3 tubos de ensayo respectivamente
- Se calentó en agua hirviendo por 6 minutos
- Se enfrió con agua fría por las paredes exteriores de los tubos de ensayo
- Se determinó la transmitancia en el espectrofotómetro, se utilizó un filtro de absorción de 620 milimicrones.
- Se realizó el mismo procedimiento para todas las muestras a trabajar.

ANEXO 11 Variedad Huayro

N°	N°	Análisis									
muestras	repeticiones	ASP.	C	A.T	PRO MED IO	ρ	PRO MED IO	G.A	PRO MED IO	Re nd.	PR OM EDI O
CVAH1	R1	Limpio	Translucido	3,45	3.38	0.9302	0.93	52.8	52.8	14.35	14.54
	R2	Limpio	Translucido	3.23		0.9269		53,00		15.1	
	R3	Limpio	Translucido	3.52		0.9288		53,80		14.16	
CVAH2	R1	Limpio	Translucido	3,56	3.60	0.9107	0.94	55.7	55.4	13.77	14.93
	R2	Limpio	Translucido	3.81		0.9985		54.9		15.35	
	R3	Limpio	Translucido	3.38		0.9118		55.6		15.66	
CVAH3	R1	Limpio	Translucido	3,49	3.58	0.9014	0.91	56.2	55.3	14.66	14.93
	R2	Limpio	Translucido	3.51		0.9126		54.3		15	
	R3	Limpio	Translucido	3.64		0.9166		55.4		15.13	

ANEXO 12 VARIEDAD PERRICHOLI

N°	N°	Análisis									
muestras	repeticiones	ASP	C	A.T	PROMEDIO	ρ	PROMEDIO	G.A	PROMEDIO	Ren.	PROMEDIO
CVAP 1	R1	Limpio	Translucido	3,73		0.932		52.6		15.46	
	R2	Limpio	Translucido	3.62	3.66	0.9268	0.93	53.1	52.8	14.72	14.91
	R3	Limpio	Translucido	3.69		0.9318		52.7		14.54	
CVAP 2	R1	Limpio	Translucido	3,58		0.9987		54.8		15.8	
	R2	Limpio	Translucido	3.49	3.52	0.9287	0.95	53.9	54.3	15.66	15.51
	R3	Limpio	Translucido	3.55		0.9227		54.2		15.08	
CVAP 3	R1	Limpio	Translucido	3,52		0.9107		55.7		15.13	
	R2	Limpio	Translucido	3.57	3.59	0.9167	0.91	55.4	55.2	15.39	15.48
	R3	Limpio	Translucido	3.61		0.9166		54.5		15.92	

ANEXO 13

TABLA DE T ESTUDENT (para hacer la comparación del factor tabla y factor calculado)

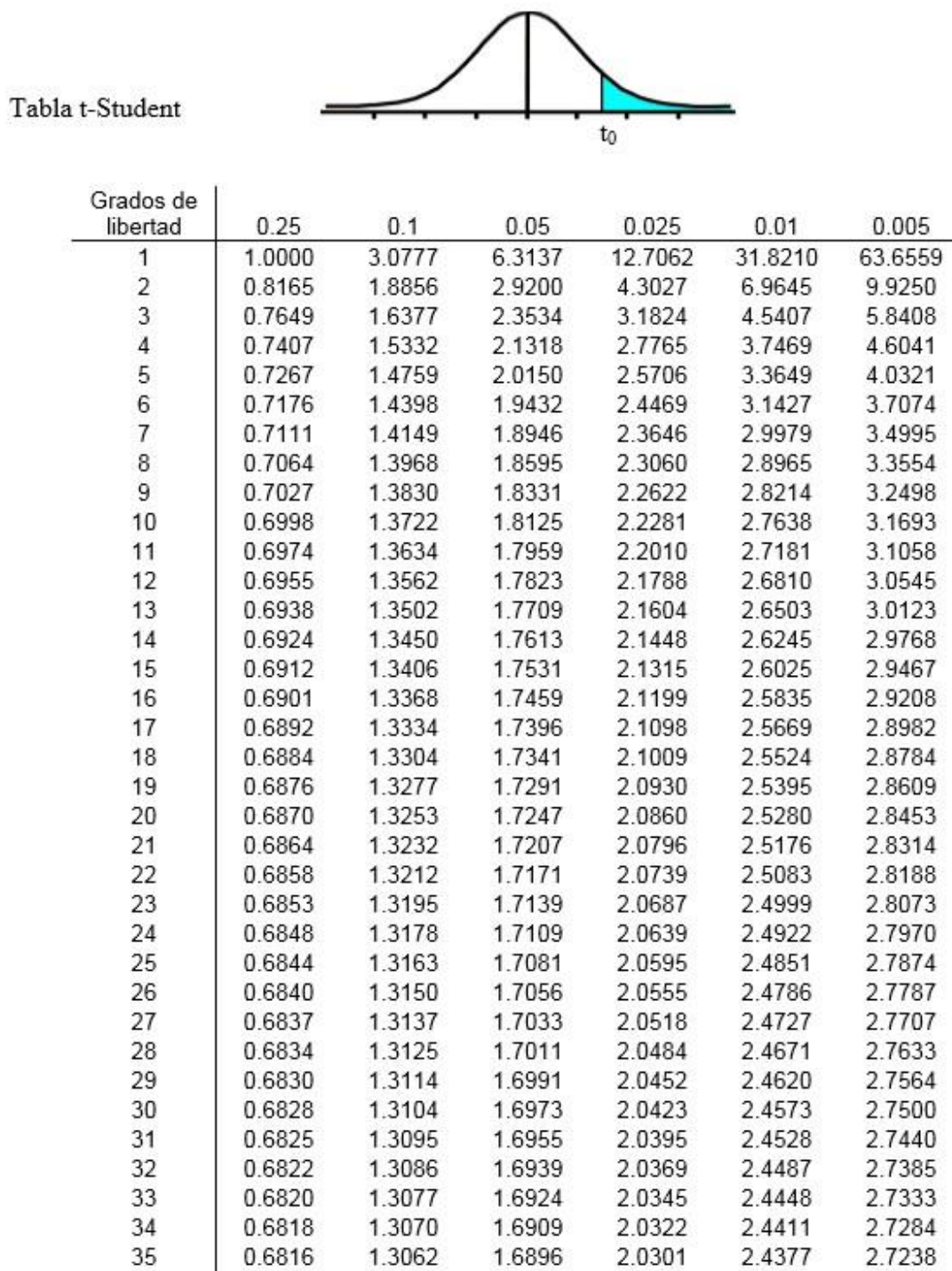


Figura 14. Tabla T-Student

ANEXO 14.



Figura 15. Almidón variedad Huayro(derecha) y almidón variedad Perricholi (izquierda)

ANEXO 15



Figura 16,17,18. Acondicionamiento de enzima