



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería en Alimentos

**CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y DESARROLLO DE
PRODUCTOS ALIMENTICIOS A PARTIR DE ECOTIPOS
LOCALES DE *AGAVE AMERICANA L.***

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniera en
Alimentos**

Autora:

Valeria Estefanía Andrade Vargas

Director:

María Elena Cazar Ramírez

Cuenca-Ecuador

2014

DEDICATORIA

A mi familia.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme regalado una familia maravillosa y porque me dio la paciencia para llevar este trabajo adelante. También quiero agradecer a mis padres: Carlos y Azucena por haberme dado la educación y hacerme una persona responsable, a mis queridos hermanos Carlos y Adrián por ser mis mejores amigos y compañeros en toda hora. Gracias a ustedes he salido adelante.

Agradezco de la manera más sincera y desde mi corazón a mis abuelitos: Polivio, Natividad, Julio y María que han sido mis segundos padres, a todos mis tíos y primos que de una u otra manera han hecho que mi vida sea llena de felicidad y que gracias a ellos he aprendido a ser cada día mejor. A mis amigos y compañeros de clase por habernos mantenido unidos en los fracasos, errores y diversiones, gracias amigos por ser como son , unos buenos amigos.

Quiero agradecer de la manera más cordial a la PhD. María Elena Cazar, por haber hecho de esta investigación un trabajo gratificante para las dos, por su paciencia y su conocimiento que a todo momento fue impartido. A la Ing. Ximena Orellana y al Lcdo. Diego Vidal por todo el apoyo brindado desde el primer día de clases universitarias. Al doctor Piercósimo Tripaldi y al Ing. Andrés Pérez por su ayuda desinteresada durante la elaboración de este trabajo. A la Universidad del Azuay por permitirme formar en sus aulas y por las facilidades brindadas para el presente trabajo.

De manera especial y con todo mi corazón agradezco a mi hijo Pedrito Daniel por ser mi vida y a mi esposo Pedro José por estar siempre a mi lado, los amo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	
1.1 EL GÉNERO AGAVE: CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS	4
1.2 GÉNERO AGAVE: USOS ANCESTRALES Y MEDICINALES	6
1.3 USOS INDUSTRIALES DEL AGAVE	7
1.4 USO EN ALIMENTOS	7
1.5 IMPORTANCIA NUTRICIONAL Y PROPIEDADES DE AGAVE	8
1.6 ECOTIPOS DE AGAVE: VARIACIÓN EN SU PRODUCTIVIDAD DE NUTRIENTES.	10
1.7 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO	10
1.7.1 Provincia del Azuay	10
1.7.2 Provincia del Cañar	11
1.8 EL AGAVE EN LA SIERRA SUR DEL ECUADOR	12
1.9 IMPORTANCIA DEL CONSUMO DE VITAMINA C Y MINERALES	13
1.9.1 Vitamina C	13
1.9.2 Minerales	14
1.10 INFLUENCIA DE LOS PROCESOS TECNOLÓGICOS SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS	15
1.10.1 Tratamientos térmicos por aplicación de calor	15

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	19
2.2 OBTENCIÓN DE PULPA DE <i>AGAVE AMERICANA</i>	20
2.3 ESTUDIO FÍSICO-QUÍMICO Y BROMATOLÓGICO:.....	21
2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS	22
2.5 ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A PARTIR DE LA PULPA DE <i>AGAVE AMERICANA</i> ...	23
2.6 ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA REFRESCANTE DE MORA:	24
2.7 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA	25
2.8 ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN.	26
2.9 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN	27

CAPÍTULO 3: RESULTADOS

3.1 CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LA PULPA DE <i>A. AMERICANA</i>	28
3.1.1 Parámetros bromatológicos de las accesiones de <i>A. americana</i>	28
3.1.2 Composición de minerales	29
3.1.3 Contenido de vitamina C de accesiones de <i>A. americana</i>	29
3.2 COMPARACIÓN DE PARÁMETROS NUTRICIONALES.....	29
3.3 PARÁMETROS BROMATOLÓGICOS SELECTOS DE MORA (<i>RUBUS GLAUCUS</i>).	31
3.4 EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y COMPARACIÓN DE NUTRIENTES DE LOS PRODUCTOS CON LA PULPA DE <i>ÁGAVE AMERICANA</i> L Y PRODUCTOS NORMALES.....	32
3.4.1 Comparación de Minerales en pan.....	32
3.4.2 Comparación de minerales en jugo de mora	34
3.4.3 Contenido de vitamina C.....	37

CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN..... 38**CONCLUSIONES..... 40**

ANEXOS	42
1. ESTUDIO BROMATOLÓGICO DEL AGAVE AMERICANA L SEGÚN SUS ACCESIONES.....	42
2. CONTENIDO DE MINERALES DEL AGUAMIEL DEL AGAVE AMERICANA L	43
3. CONTENIDO DE MINERALES DE LA MORA (<i>RUBUS GLAUCUS</i>).....	46
4. ANÁLISIS DE VARIANZA A UN FACTOR DE LAS ACCESIONES ESTUDIADAS	47
5..... ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA COMPARACIÓN DE MINERALES EN LAS MUESTRAS	49
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional del néctar de agve en base fresca y seca (Cruz, 2006)	8
Tabla 2. Composición de minerales del néctar de agave en base fresca y seca. (Cruz, 2006)	9
Tabla 3. Alimentos que presentan vitamina C. (Hernández, A. 2010)	14
Tabla 4 Tipos de procesos tecnológicos aplicados a alimentos y efectos sobre su valor nutritivo. (Hernández, A. 2010).	16
Tabla 5. Características organolépticas de <i>A. americana</i>	23
Tabla 6. Características organolépticas de mora (<i>Rubus glaucus</i>).....	24
Tabla 7. Fórmula base de la bebida a base de la pulpa de agave	24
Tabla 8. Fórmula base para la elaboración de un panecillo utilizando pulpa de agave	26
Tabla 9. Parámetros bromatológicos analizados en accesiones de <i>A. americana</i> . Promedios de cinco repeticiones con desviación estándar.....	28
Tabla 10. Contenido de minerales presentes en 100 gr. de pulpa de <i>A. americana</i> L.	29
Tabla 11. ANOVA a un factor de parámetros nutricionales de accesiones de agave ..	30
Tabla 12. Prueba post-hoc de Tukey para los promedios que presentaron diferencias significativas en el ANOVA a un factor.	31
Tabla 13. Cuantificación de Calcio	32

Tabla 14. Cuantificación de Sodio	33
Tabla 15. Cuantificación de Potasio.....	34
Tabla 16. cuantificación de Calcio en bebida de mora	34
Tabla 17. Cuantificación de Sodio en bebida de mora.....	35
Tabla 18. Cuantificación de Potasio en bebida de mora	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Agave americana</i> L. Provincia del Cañar	4
Figura 2. Accesiones geo-referenciadas de la provincia del Azuay. (Arcview GIS 3.2)	19
Figura 3. Accesiones geo-referenciadas de la provincia del Cañar (Arcview GIS 3.2)	20
Figura 4. Diagrama de Flujo para la elaboración de bebida refrescante con adición de <i>Agave americana</i> L.	25
Figura 5. Diagrama de flujo para la elaboración de un panecillo con pulpa de agave	27
Figura 6. Comparación de calcio entre pan con agave y sin agave.....	33
Figura 7. Comparación de sodio entre pan con agave y sin agave	33
Figura 8. Comparación de potasio entre pan con agave y sin agave.....	34
Figura 9. Comparación de calcio entre un jugo con agave y sin agave	35
Figura 10. Comparación de sodio entre jugo con agave y sin agave	36
Figura 11. Comparación de potasio entre jugo con agave y sin agave	37

**CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y DESARROLLO DE PRODUCTOS
ALIMENTICIOS A PARTIR DE ECOTIPOS LOCALES DE *Agave americana* L.**

RESUMEN

En el presente trabajo se determinaron parámetros nutricionales relevantes de ecotipos locales de *Agave americana*, colectados en las provincias de Azuay y Cañar. Se analizaron tres ecotipos locales de *Agave americana* L., con el fin de seleccionar la accesión más promisoría para la formulación de productos alimenticios. Se comparó los parámetros selectos con cinco repeticiones en cada lugar geográfico mediante ANOVA a un factor. Las accesiones en estudio difieren significativamente en su pH y acidez. El agave de la accesión de Azogues fue usado como materia prima para la formulación de una bebida y panecillos, los resultados obtenidos se compararon con productos de la misma clase, en donde se obtuvo que la bebida tuvo mayor contenido de sodio; el contenido de vitamina C no fue detectable.

Palabras claves: *Agave americana*, ecotipo, Vitamina C, valor nutricional, sodio



Ing. Eusto Tobías Parra Parra

Director de Escuela



Dra. María Elena Cazar Ramírez

Director de Trabajo de Grado



Valeria Estefanía Andrade Vargas

Autora del Trabajo de Grado

**NUTRITIONAL CHARACTERIZATION AND DEVELOPMENT OF FOOD PRODUCTS BASED ON
American Agave L. LOCAL ECOTYPES**

ABSTRACT

This work deals with relevant nutrition parameters of local ecotypes of *American agave* which have been found in the provinces of Azuay and Cañar. Three local ecotypes of *American agave* were analyzed with the purpose of selecting the most promissory accession to the formulation of food products. The selected parameters and five repetitions in each geographical location through ANOVA at one factor were compared. The accessions studied significantly differ in their pH and acidity. The agave of the Azogues accession was used as raw material for the formulation of a drink and rolls. The results obtained were compared to other products of the same type, which let us see that our drink had a higher content of sodium; the content of vitamin C was not detected.

Key words: American agave, ecotype, Vitamin C, nutritional value, sodium



Translated by,
Rafael Argudo

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Rafael Argudo". The signature is written in a cursive style and is enclosed within a faint, hand-drawn oval.

Valeria Estefanía Andrade Vargas

Trabajo de graduación

María Elena Cazar Ramírez

Mayo 2014

**CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y DESARROLLO DE PRODUCTOS
ALIMENTICIOS A PARTIR DE ECOTIPOS LOCALES DE *AGAVE*
*AMERICANA L.***

INTRODUCCIÓN

Generalidades: El género *Agave* en las culturas americanas

Las plantas desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de las culturas andinas. Desde que el hombre llegó a esta región hace aproximadamente 10.000 años ha utilizado los recursos vegetales como fuente de alimento, medicinas, combustible, materiales de construcción y herramientas de todo tipo. Las plantas han ocupado un lugar muy importante en su sistema de creencias y ritos. Estos recursos se obtuvieron en un inicio solamente de la recolección de plantas silvestres, mas con el tiempo se desarrollarán estrategias agrícolas que incluyeron tecnologías como las terrazas y camellones, permitiendo la sedentarización y evolución cultural en la región (De la Torre *et.al.*, 2006)

El consumo de frutas y vegetales proporcionar macro y micronutrientes para una dieta variada y equilibrada. Actualmente existe un consumo bajo de frutas y vegetales, solamente una minoría de la población a nivel mundial sigue las recomendaciones generales de tomar un alto porcentaje de frutas y vegetales. En 1998 sólo 6 de las 14 regiones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) disponían de frutas y vegetales en cantidad igual o superior a la ingesta diaria recomendada de 400 g por

persona y día. La situación favorable de 1998 fue debida a la disponibilidad de vegetales registrada entre 1990 y 1998 por la mayoría de los países. Sin embargo, la producción de frutas disminuyó entre 1990 y 1998 en la mayoría de los países del mundo. La evolución del sector de frutas y hortalizas está muy unida a su mayor o menor orientación al mercado, es decir, al objetivo de satisfacer a los clientes y a los consumidores finales, tanto nacionales como internacionales. En la actualidad existe una clara evolución de los hábitos de consumo hacia dietas más saludables como la mediterránea, con un mayor consumo de productos hortofrutícolas (Torregrosa, 2006).

Los alimentos proporcionan no sólo los nutrientes esenciales necesarios para la vida, sino también a otros compuestos necesarios para la promoción de la salud y prevención de enfermedades. Estudios epidemiológicos han demostrado consistentemente que la dieta juega un papel crucial en la prevención de las enfermedades crónicas. El consumo de frutas y verduras, así como granos, ha sido fuertemente asociado con un menor riesgo de enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes, enfermedad de Alzheimer, las cataratas, y el declive funcional relacionado con la edad. Las enfermedades del corazón, cáncer y accidentes cerebro vasculares son las tres principales causas de muerte en los Estados Unidos y los países industrializados. Se estima que un tercio de todas las muertes por cáncer en los Estados Unidos podrían evitarse a través de modificaciones en la dieta adecuada. Esta evidencia convincente sugiere que un cambio en el comportamiento alimentario asociado al aumento de consumo de frutas, verduras y granos, es una estrategia práctica para reducir significativamente la incidencia de enfermedades crónicas (Hai Liu. 2003).

Mesoamérica, el área cultural entre sudeste México y el norte de Costa Rica, es uno de las zonas del Nuevo Mundo, donde la agricultura se practicó por primera vez y uno de los principales centros de domesticación de plantas en el mundo. Estos hechos parecen estar relacionados a la gran diversidad de plantas y culturas existentes en la región. Actualmente, pueblos mesoamericanos utilizan 5000-7000 especies de plantas, gracias a la domesticación de 200 especies de plantas nativas que conviven con la población de especies silvestres que se producen en los ecosistemas naturales. (Casas *et.al.*,

2007). Históricamente, el género *Agave* ha sido de gran importancia económica y social para el pueblo de América Central y América del Norte. Este género se distribuye a lo largo de todo el suroeste de los Estados Unidos, México, América Central y las Antillas, incluyendo a 136 especies. En Mesoamérica, el *Agave* se ha utilizado por los seres humanos como fuente de alimentos, bebidas y textiles durante al menos 9.000 años. Esta zona es el centro de su mayor diversidad en el uso y el cultivo. (Colunga García-Marín y May-Pat. 1993).

El género *Agave* (sensu stricto) es endémico de América. De sus aproximadamente 200 especies, 150 (75%) se encuentran en México, más 36 que pertenecen a categorías infraespecíficas, lo cual constituye un total de 186 taxones. La distribución del género abarca del sur de los Estados Unidos (con dos especies disyuntas en Florida) hasta Colombia y Venezuela. Esta área incluye todas las islas del Caribe, desde las Bahamas a Aruba, Curaçao y Trinidad y Tobago. (García-Mendoza. 2007)

Las plantas de agave son nativas de México y otras partes de la región del Caribe. Esta planta se tomó de allí a Europa, África y el Lejano Oriente por los españoles y portugueses, donde se naturalizó rápidamente, sobre todo en las regiones áridas de alta alrededor de las orillas del Mediterráneo. La más conocida y más común la aplicación de la *Agave tequilana* es la producción de tequila, una bebida alcohólica, de la savia de las piñas. Sin embargo, recientemente se pusieron en marcha programas de investigación en México y otros países para evaluar el potencial de *Agave* para otras aplicaciones (Boguslavsky *et. al.*, 2007).

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 El Género Agave: Características Botánicas

Hábito: Hierba terrestre

Origen: Introducida, cultivada

Nombres Comunes: Mishki, pita, tsawar mishki, yanca chawar, yana chawar (kichwa), chaguarquero (corrección del kichwa), cabuya, cabuya azul, cabuya negra, cabuyo negro, cabuyo verde, cháhuar, maguey, México, penca, penco, penco negro, sábila dulce (castellano). (De la Torre. *et., al.* 2008)



Figura 1. *Agave americana* L. Provincia del Cañar

Agave americana es una hierba perenne, con hojas suculentas, que alcanzan hasta cuatro metros de diámetro y dos de alto, con un tallo corto de donde nacen a modo de roseta, hojas sésiles, lanceoladas que pueden alcanzar dos metros, gruesas y suculentas, de hasta 25 cm. de ancho en la base, angostándose al extremo, planas, acanaladas, de color verde o gris pálido hasta fuerte, cubiertas de una cutícula lisa o levemente áspera, dentadas en el borde con espinas rectas, sinuosas o ligeramente curvadas, largas más de un cm. Las hojas terminan en un descollante aguijón apical, de color café oscuro o grisáceo, que puede alcanzar hasta 5 cm. de largo. Entre los 7 y los 10 años, la planta emite desde el centro de la roseta una espectacular inflorescencia de hasta 10 m. de altura, recta, gruesa hasta 40 cm. que termina en una enorme panícula con 15 a 35 umbelas ascendentes que crecen lateralmente desde el eje central y en las que brotan flores pediceladas, alargadas de hasta 9 cm. de color blanco amarillento sobre un ovario verdoso. El fruto es una cápsula oblonga de 4 a 5 cm. que contiene numerosas semillas alargadas de 6 por 8 mm. (Pardo, 2005)

El sistema de la raíz de los agaves es superficial, lo cual facilita la absorción de agua de lluvia, generalmente escasa, que sólo humedecen la superficie del suelo; de tal manera que la probabilidad de supervivencia de una roseta en sequías prolongadas depende del volumen de agua y de los carbohidratos almacenados durante la época favorable. El sistema de reproducción del *Agave americano* es de tipo semélparo o monocárpico, es decir, las plantas mueren después de reproducirse; la semelparidad es una forma de reproducción poco común en las plantas con flores y pudo haber evolucionado debido a la altura de la inflorescencia, ya que las flores a mayor altura son más atractivas para los polinizadores; subsecuentemente, al incrementar las plantas progresivamente su esfuerzo reproductivo, los recursos asignados al despliegue floral alcanzaron un máximo, causando la muerte de la planta. (García-Mendoza, 2007).

El agave se puede propagar por el uso de semillas o compensaciones. Esta planta requiere suelos bien drenados, con un pH de 6 a 7,5. La planta crece mejor cuando están expuestos a pleno sol, pero se puede adaptar a un poco de sombra. Las precipitaciones naturales pueden ser una fuente de agua en verano y en invierno se

puede complementar con el riego. Requiere un mantenimiento mínimo ya que la eliminación de las hojas inferiores pueden ser peligrosos y la eliminación de toda la planta después de la floración puede ser difícil debido al gran tamaño de la planta. (Pinkie *et al.*, 2011).

1.2 Género Agave: Usos ancestrales y medicinales

Las especies de *Agavaceae* se han utilizado ampliamente desde épocas ancestrales, especialmente por grupos étnicos de relevancia, como los aztecas. Varias especies de Agave revisten importancia económica debido a que sus fuentes de fibras fuertes (sisal) son utilizados para cuerdas y cordeles. La base de la hoja gruesa de Agave se usa para hacer bebidas como el pulque y el tequila. Varias especies son de importancia hortícola. *Polianthes tuberosa* se cultiva comercialmente como flores cortadas. Las especies de Agave se reportan que poseen propiedades medicinales menores (Smith. N. *et. al.* 2004).

Las hojas, tallo y savia (llamada aguamiel, miel) y las semillas del Ágave son comestibles. El corazón de la planta es muy rico en materia azucarada y se puede comer cuando se hornea. Es dulce, nutritiva y fibroso. Las semillas se muelen en harina y se usan como espesante en sopas o se mezclan con harinas de cereales para hacer pan. El tallo de la flor se tuesta y se utiliza como el espárrago. La savia de los tallos de flores cortadas se utiliza como jarabe. (Pinkie *et al.*, 2011)

En relaciones a las propiedades medicinales atribuidas al género agave el jugo de la planta, llamado “mishki” se usa para tratar afecciones en los riñones, este uso se ha reportado en campesinos de Loja, Ecuador. El “mishki” es eficaz para tratar la artritis, reumas, gripes, tos, dolores de estómago y de corazón (Kichwa de la Sierra – Cotopaxi; etnia no especificada – Cotopaxi). (de la Torre. *et., al.* 2008)

1.3 Usos Industriales del Agave

El género *Agave* comprende alrededor de 140 especies las cuales son cultivadas en regiones áridas y semi-áridas del mundo. Las plantas fibrosas de este género incluyen a: *Agave tequilana*, *Agave sisalana* y *Agave americana*. La explotación más común es la *Agave tequilana*, en la producción del tequila, bebida alcohólica producida por la fermentación de la savia de las pinas de la planta. *Agave sisalana*, se ha utilizado durante siglos para la producción de fibra y productos como: cuerdas, cordeles y sacos. Por otro lado, *Agave americana*, se ha utilizado como fuente de fibra, inulina (aditivo alimentario). La planta se puede utilizar para la extracción de la fibra, insecticidas. La raíz y las hojas son las mejores fuentes de las saponinas que se utilizan para la fabricación de jabón. La fibra de las hojas se utiliza para la fabricación de cuerda y telas gruesas. Las hojas se utiliza para hacer cremas faciales. El papel también puede hacerse a partir de las hojas. Las espinas en las hojas se utilizan como alfileres y agujas. Las plantas se utilizan en los esquemas de recuperación de tierras en las zonas áridas del mundo. (Pinkie *et. al.*, 2011)

1.4 Uso en Alimentos

Es un ingrediente alimentario de alta calidad para la mayoría de las industrias gracias a sus propiedades físicas: alta solubilidad, elevado poder edulcorante, no cristalizable a bajas temperaturas. En bebidas realza los sabores y al tiempo que proporciona un producto bajo en calorías. En el campo industrial el agave puede ser utilizado para elaborar jarabes, helados, jaleas, mermeladas, chocolates, confitería y panificación que por su viscosidad contribuye a mejorar el cuerpo de las soluciones. (Romero, A. 2010)

1.5 Importancia nutricional y propiedades de Agave

Trabajos previos reportan la composición del aguamiel de *Agave americana*. A continuación se reporta la composición bromatológica del néctar de agave en base fresca y seca.

Parámetro	Muestra fresca (g %)	Muestra seca (g %)
Humedad	87,38	-
Densidad	1,0226	-
pH	7,72	-
Proteínas	0,30	2,38
Grasas	0,01	0,08
Carbohidratos	12,03	95,32
Cenizas	0,23	1,82
Fibra cruda	0,05	0,40
Acidez titulable	0,03	0,24
Azúcares reductores totales (g% glucosa)	9,08	71,95
Energía total (Kcal/100 g)	37,28	335

Tabla 1. Composición nutricional del néctar de agave en base fresca y seca (Cruz, 2006)

Minerales	Muestra Fresca (mg%)	Muestra Seca (mg%)
Fósforo	4.20	33.28
Hierro	0.06	0.48
Sodio	5.92	46.91
Potasio	14.56	115.37
Magnesio	8.6	68.16
Calcio	9.72	77.02
Zinc	0.07	0.55
Cobre	0.03	0.24

Tabla 2. Composición de minerales del néctar de agave en base fresca y seca. (Cruz, 2006)

El néctar de *Agave* presenta un 0.3% de proteínas, cantidad mínima para la composición de aminoácidos esenciales como: lisina, triptófano, histidina, fenilalanina, leucina, tirosina, metionina, valina y arginina. Contiene vitaminas del complejo B, niacina (0,4 a 0,5mg), tiamina y riboflavina, y entre 7 y 11 mg de vitamina C, además de hierro, y fósforo (Hervas. P. 2011).

Varias especies de ágave se utilizan en la medicina tradicional como agentes antiinflamatorios. Uribe y Saldivar (2009) confirmaron las propiedades anticarcinogénicas y antioxidantes del néctar de ágave. Los constituyentes mayoritarios de esta planta son saponinas; principalmente hecogenina, clorogenina y algunos grupos de flavonoides. En los tejidos de *Agave durangensis* se han reportado como fenoles mayoritarios flavonoles, kampferol y quercetina (Ben Hamissa *et al.*, 2012).

1.6 Ecotipos de *agave*: variación en su productividad de nutrientes.

Un ecotipo vegetal se define como “el producto resultante de la respuesta genotípica de una especie a su hábitat particular” (Chapman, 1975). La productividad vegetal es influenciada por factores ambientales como humedad, variaciones de temperatura y radiación fotosintéticamente activa (Nobel, 1989). La riqueza de especies del género *Agave* se debe a los hábitats tan heterogéneos a los cuales se ha adaptado, y la influencia de diversos factores ambientales. Además, las propiedades intrínsecas del género, como la plasticidad genética, tolerancia ecológica, capacidad de dispersión y germinación de semillas e interacciones bióticas con otros organismos, como polinizadores, están involucradas en las diferencias mostradas en ecotipos de ágave (León-Vásquez *et al.*, 2013).

Las especies del género ágave presentan un amplio rango de nutrientes y metabolitos secundarios, los cuales pueden ser la respuesta a las adaptaciones a las variaciones ambientales e interacciones entre reinos. Los cultivares industriales utilizados para la fabricación de bebidas alcohólicas crecen en condiciones estandarizadas y con prácticas agrícolas adecuadas. No obstante, las poblaciones silvestres provienen del mismo pool genético, y su distribución geográfica puede influenciar sus características morfológicas y contenido de nutrientes (Colunga-García Marín, 2003)

1.7 Características Geográficas de las áreas de estudio

1.7.1 Provincia del Azuay

La provincia del Azuay está localizada entre los 1.600 y 3.000 metros de altitud. El Azuay al formar parte de la región Andina del Ecuador, posee una gran variedad climática, ello dificulta su clasificación. En esta región Andina del Ecuador se presentan diversos tipos de climas, de la zona. El clima varía de Ecuatorial Mesotérmico Semi-húmedo a húmedo, Mesotérmico seco; Frío de alta montaña,

Megatérmico muy húmedo. La provincia del Azuay, al estar situada en la región Andina, presenta diferentes formaciones vegetales, que están en relación con las características del clima, del suelo y de la altura de la zona. En esta provincia se pueden diferenciar distintos paisajes vegetales, que mantienen uniformidad y se diferencian de otros paisajes vegetales.

- Paisaje vegetal del páramo: Comprende todas las zonas altas de la región interandina que van desde los 3.200 m.s.n.m en adelante. Dentro del área del páramo del pajonal se encuentra una gran variedad de gramíneas.
- Paisaje de los Valles: La vegetación natural de los valles se encuentra muy reducida, ya que en estas regiones se han dado los principales asentamientos de la población en épocas prehispánicas en las que se observa ya una utilización agrícola. Además existe un importante reemplazo de la vegetación natural con plantas exóticas por ejemplo: eucaliptos, cipreses y pinos (Borrero, A.,1989)

1.7.2 Provincia del Cañar

La provincia del Cañar posee un escenario natural maravilloso, situado al Centro-Sur del Callejón Interandino, entre los paralelos 2 y 3 al Sur de la línea ecuatorial y en el meridiano 79, que pasa casi por el mismo centro de su superficie. Geográficamente confina: al Norte, con la provincia de Chimborazo; al Sur, con la del Azuay; al Este, con las del Azuay y Morona Santiago; y al Oeste, con la del Guayas. En la planicie costanera predomina el clima cálido y húmedo; la temperatura media anual que en ella prevalece va desde los 19 hasta los 24°C. Los valles interandinos presentan temperaturas promedio que van desde los 12 a los 18°C. Los páramos van desde los 3000 m de altura sobre el nivel del mar hacia arriba; el clima que en ellos reina es frío y húmedo, apreciándose una temperatura entre 5 y 8 grados centígrados. (León, 1998)

Dentro de la provincia del Cañar se dan los siguientes niveles climáticos: llanura costanera, declives andinos exteriores, declives andinos interiores, valles interandinos

y páramos. En cada uno de ellos varían en forma notable, la vida animal, la vegetación natural, los cultivos, las precipitaciones pluviométricas, la temperatura ambiental y la presión. Señalaremos también los aspectos fito-edafológicos de mayor prevalencia en la Provincia del Cañar

- Zona de Páramos Andinos: tiene una vegetación natural con relación a su altitud entre los 3.000 y 4.000 msnm, compuestos por géneros de familias vegetales, tales como las Mirtáceas, Melastomáceas, Mircíneas, Piperáceas, etc.
- Zonas de la Pradera Interandina: la altura media de esta zona está comprendida entre los 2.500 y 3.000 msnm, tiene una flora herbácea rica y muy marcada, pudiendo citarse entre otras: las calceoláceas, las salvias y algunas especies de *Hipericum*.
- Zona seca y baja Interandina: corresponden a esta zona los suelos del callejón Interandino, situados en los límites altitudinales comprendidos entre los 1.500 msnm. En esta zona se constata la presencia de una vegetación natural donde predomina el guarango (*Taraspinoso*), molle (*Shiinius mollies*), y cactus de diferentes especies. (León, G, 1998)

1.8 El Agave en la Sierra Sur del Ecuador

Las más de 17 000 especies de plantas vasculares que existen en el Ecuador son el resultado de una historia de adaptaciones a medios diversos, de co-evolución con otros organismos y de la dinámica de la superficie terrestre. Esta gran diversidad de plantas ecuatorianas proviene de especies propias de los Andes Tropicales, de zonas tropicales y subtropicales de América, tropicales de Asia, Malasia, África, así como de zonas templadas de los hemisferios boreal y austral, incluso de las regiones frías del elemento austral, como la sub antártica y antártica y de plantas cosmopolitas. Sin embargo, esta diversidad también es el resultado de la acción humana, pues el ser humano ha sido y es difusor de plantas útiles. El hombre llegó a lo que hoy es el

Ecuador hace aproximadamente 12 000 años; muchas de las plantas que encontró debieron existir también en los sitios de donde venía, pero otras debieron haber sido únicas de la región. La cuarta parte de las especies ecuatorianas son endémicas y de ellas, el 7% han sido reportadas como útiles (Macía – de la Torre, 2008).

La cabuya pertenece a la familia de las Agaváceas; en Ecuador existe la cabuya andina o *Agave americana* que crece espontáneamente. El dulce comienza a fluir a los 8 días de realizado el raspado, a partir de aquello el líquido se recoge diariamente de 2 a 3 lts/día. La cabuya o el cabuyo (*Agave americana*) es una planta sumamente rústica, nativa de los Andes Colombianos y ecuatorianos, que se han explotado en el Ecuador desde tiempos inmemoriales. La cabuya es quizá, la planta que mayor número de usos tiene en el campo ecuatoriano. Además de la fibra que se aprovecha como cultivo económico, este material hace las veces de: jabón y leña. El néctar se usa como fijador de colores y las indígenas la emplean para teñirse el cabello y para blanquear las casas. La planta forma parte del paisaje andino, es empleada para hacer divisiones entre piezas de las casas, la hoja cortada se usa como canales de agua, se la usa en vez de tejas, para cercas, divisiones de potreros; sacando fibra con la púa hacen de aguja e hilo (Vintimilla, 2010)

1.9 Importancia del consumo de vitamina C y minerales

1.9.1 Vitamina C.

Esta vitamina se distribuye ampliamente en la naturaleza, pero se la encuentra sobre todo en los alimentos de origen vegetal. En ellos aparece de forma natural bajo dos formas químicas interconvertibles: ácido ascórbico (forma reducida) y ácido deshidroascórbico (forma oxidada). Ambas formas poseen acción biológica similar. La vitamina C es objeto de investigaciones, y se la ha implicado en la curación y prevención de enfermedades como el escorbuto o el resfriado común. Actualmente se la relaciona con el cáncer, la aterosclerosis, las enfermedades inmunitarias, etc.

Las frutas con mayor contenido de vitamina C son las ácidas ya que el pH ácido estabiliza a la vitamina. Entre los alimentos de origen animal la vitamina C es escasa aunque se encuentra cierta cantidad en hígado, riñón y cerebro. (Hernández, A. 2010)

Alimento	mg/100g de porción comestible
Soja fresca	4.000
Guayaba	273
Grosella negra, coles y repollo	200
Perejil	190
Pimientos	131
Kiwi	94
Berro	87
Zumo de toronja	84
Papaya	82
Coliflor	67
Fresa y fresón	60

Tabla 3. Alimentos que presentan vitamina C. (Hernández, A. 2010)

1.9.2 Minerales

Se conocen como esenciales porque el organismo los necesita para funcionar de manera correcta y porque debemos obtenerlos a través de la dieta; el cuerpo no puede producirlos por sí mismo. Los minerales constituyen el 4% del peso total del organismo.

Habitualmente, los minerales son ingeridos en combinación con otros minerales o compuestos orgánicos, y no como elementos individuales, estos minerales deben ser liberados del resto de los compuestos durante la digestión, para poder ser absorbidos y usados por el organismo. Los minerales regulan muchos procesos corporales y son necesarios para el funcionamiento encefálico, la regulación de los líquidos, el equilibrio ácido-base, el crecimiento óseo, la acción de las enzimas, el transporte de oxígeno en la sangre, la producción de ácidos grasos, etc. (Challen-Brown, 2010)

1.10 Influencia de los procesos tecnológicos sobre el valor nutritivo de los alimentos

Los alimentos están compuestos de macronutrientes y micronutrientes, así como de otros componentes bioactivos, cuya estabilidad y valor nutritivo pueden afectarse por los procesos tecnológicos. Todos y cada uno de estos procesos, utilizados fundamentalmente para impedir el deterioro de los alimentos o para mejorar sus propiedades, afectan su valor nutritivo y el grado en que ello ocurre depende en gran medida del nutriente considerado, del alimento o sistema alimenticio particular y de la mayor o menor intensidad del proceso tecnológico aplicado

Los efectos de los procesos tecnológicos sobre el valor nutritivo de los alimentos tienen un gran interés para la nutrición, la ciencia de los alimentos y, en definitiva, para la salud humana.

1.10.1 Tratamientos térmicos por aplicación de calor

El objetivo principal de los tratamientos térmicos es la inactivación de los microorganismos y de las enzimas nativas que alteran los alimentos durante su almacenamiento. No obstante, estos procesos tienen como contrapartida que el calor aplicado conduce a la desnaturalización parcial o total de algunas de las proteínas, pero también a una disminución de la calidad nutritiva, principalmente por la pérdida de vitaminas y del valor biológico por alteración o disminución de la biodisponibilidad de algunos aminoácidos esenciales

Tipo de proceso	Efectos principales sobre el valor nutritivo de los alimentos
Deshidratación parcial y secado	Pérdidas variables de vitaminas y de valor biológico de las proteínas según la intensidad y la duración de los tratamientos empleados
Pasteurización	Ligeras pérdidas de algunas vitaminas
Esterilización	Pérdidas variables de vitaminas y de valor biológico de las proteínas según la intensidad y la duración de los tratamientos empleados
Escaldado	Inactivación de las polifenoloxidasas y limitación del pardeamiento enzimático. Ligeras pérdidas de vitaminas y minerales
Horneado	Pérdidas nutritivas relacionadas con las proteínas y con las vitaminas termolábiles.

Tabla 4 Tipos de procesos tecnológicos aplicados a alimentos y efectos sobre su valor nutritivo.
(Hernández, A. 2010).

Aunque la industria agroalimentaria ha sido caracterizada como un sector tradicional donde la innovación podría llegar a ser superflua, ésta es actualmente un ingrediente fundamental de la competencia entre empresas del sector. Quien hable de algunos de los aspectos más apreciados hoy día por el consumidor - calidad, seguridad, durabilidad o presentación práctica y atractiva de los alimentos - está hablando de innovación (Alfranca, O., *et al.* 2004).

La necesidad de evaluar diferentes sustratos vegetales como materia prima para la innovación de nuevos productos alimenticios, es hoy en día una de las mayores características industriales, por lo que al desarrollar varios tipos de alimentos con estas características podremos llegar a ser una de las mayores innovaciones dentro de nuestra zona; Es así que en la provincia del Azuay, en el cantón Oña existe la producción de tequila en los meses de julio hasta octubre, obteniendo así una fuente de trabajo para la familia y el aprovechamiento de esta especie (El Mercurio., 2007).

El presente trabajo es un estudio pionero en la región, el cual está orientado a caracterizar el valor nutricional del agave para mejorar las condiciones de vida de la población, así mismo al relacionarlo con el entorno biológico lograremos que la planta sea considerada como una fuente natural de nutrientes.

La presente investigación se orientó a los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Determinar los parámetros nutricionales más relevantes de ecotipos locales de *Agave americana*, colectados en las provincias de Azuay y Cañar, y desarrollar productos nuevos a partir de la pulpa de esta planta.

Objetivos específicos:

Obtener muestras de *A. americana* en puntos de muestreo localizados en varios ecosistemas de las provincias del Azuay y Cañar.

Determinar las características nutricionales de las accesiones de *A. americana* mediante determinaciones físico – químicas.

Relacionar la composición nutricional con los puntos de muestreo de los cuales provienen las accesiones en estudio.

Desarrollar una bebida y un producto de panificación utilizando la pulpa de *A. americana*, en los cuales se ensayarán tratamientos térmicos para evaluar cambios en las propiedades nutricionales.

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción del área de estudio

La presente investigación se realizó en la zona Sur de la Sierra Ecuatoriana, específicamente en las provincias de Azuay y Cañar, en donde se tomaron como referencia las diferentes accesiones en donde se encuentra esta especie vegetal.

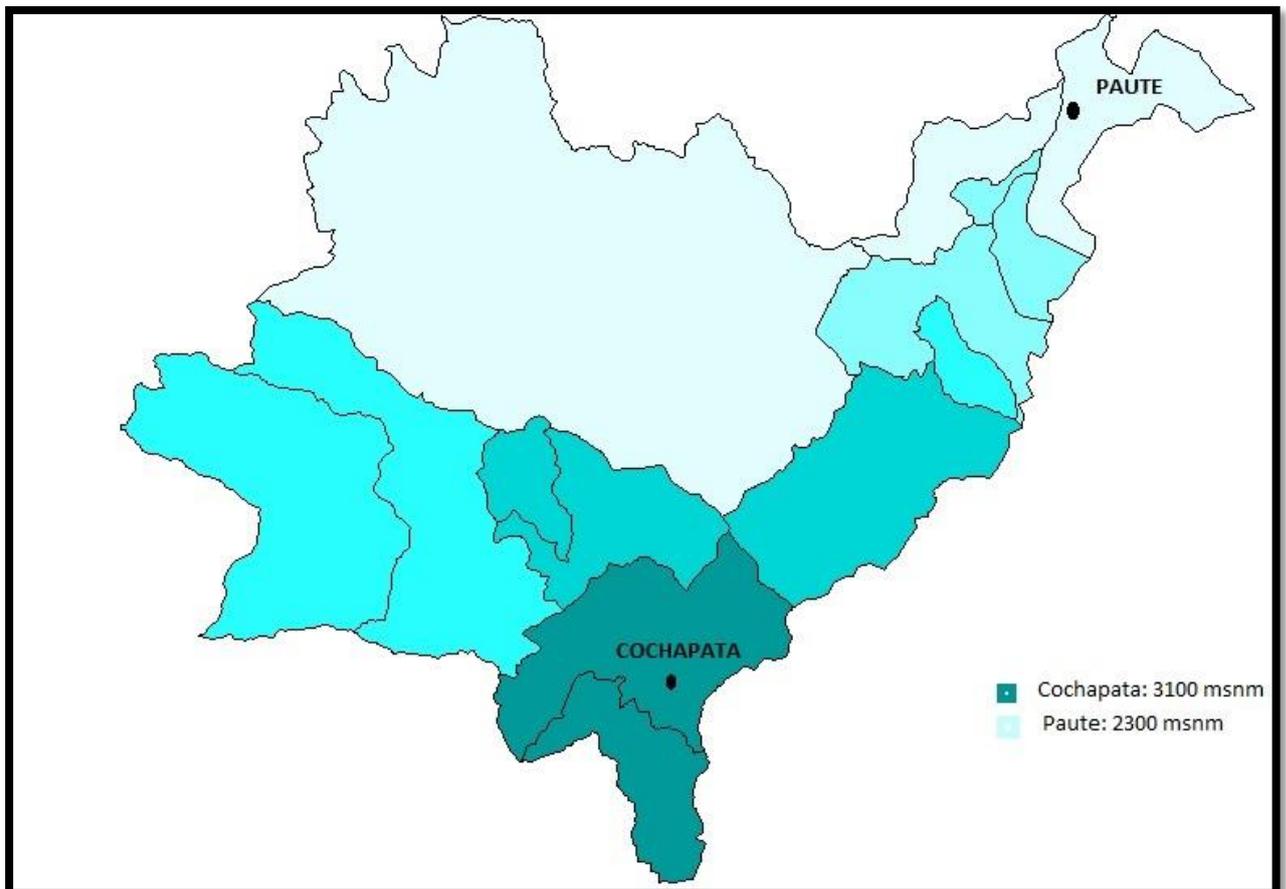


Figura 2. Accesiones geo-referenciadas de la provincia del Azuay. (Arcview GIS 3.2)

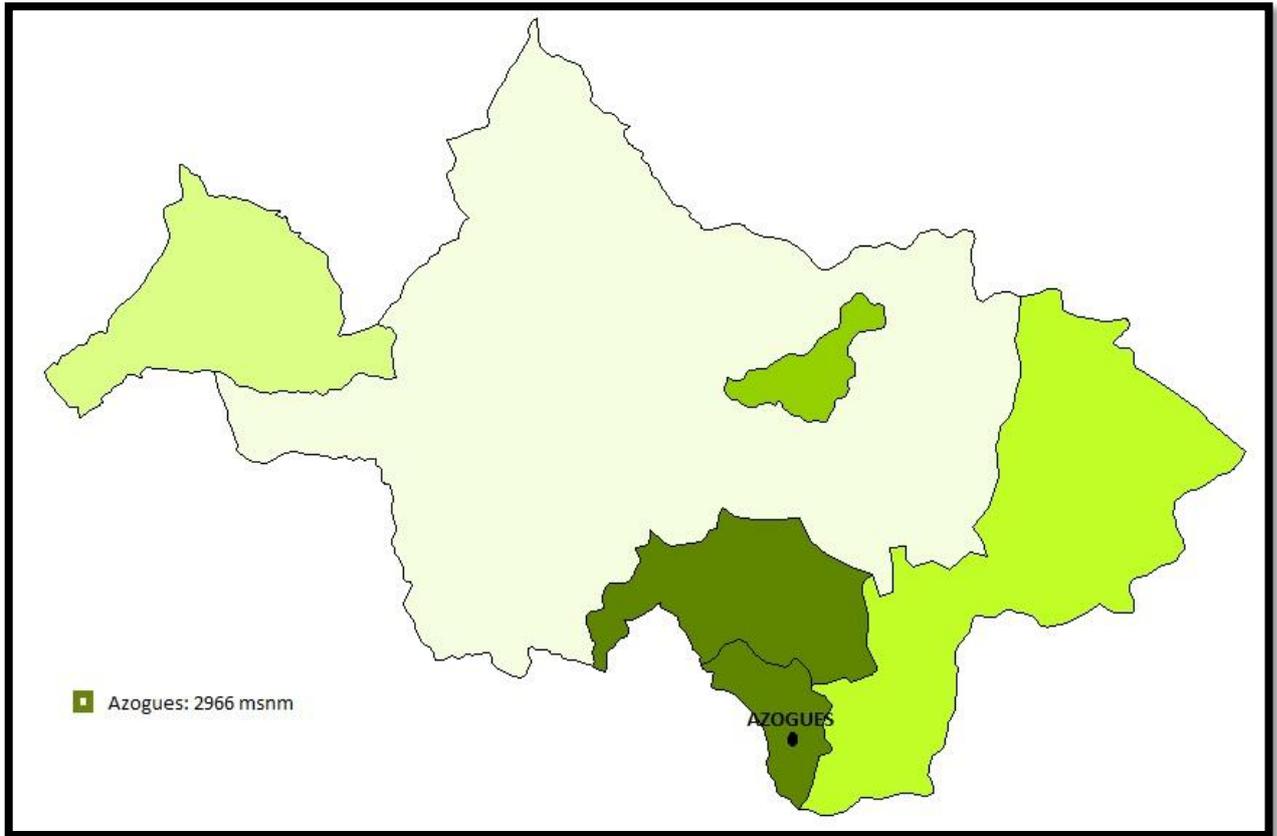


Figura 3. Accesiones geo-referenciadas de la provincia del Cañar (Arcview GIS 3.2)

2.2 Obtención de pulpa de *Agave americana*

La recolección del material vegetal se realizó cuando la planta estaba madura, es decir cuando empezó su floración, se recogió a las primeras horas del día, para esto se abrió la piña del penco, se raspó con una cuchareta, luego de esto se extrajo la pulpa; Después se tapó correctamente el agujero que se realizó en la piña; con el fin de que no ingrese cualquier tipo de insecto o roedor a la esta. Para evitar el proceso de fermentación, la pulpa fue almacenada en envases de polietileno y se procedió a congelar la muestra en una cámara de frío. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Biotecnología de Productos Naturales de la Universidad del Azuay para su posterior caracterización mediante parámetros fisicoquímicos y bromatológicos

2.3 Estudio físico-químico y bromatológico:

De cada accesión en estudio se recogieron 5 muestras de agave, las mismas que fueron tomadas de un mismo agave para cada accesión. Todos los agaves se encontraron en las mismas condiciones de maduración. A continuación se describe cada procedimiento realizado a la pulpa de cada accesión; para los productos elaborados se realizó contenido de vitamina C y contenido de minerales:

- El contenido de sólidos totales de las muestras se midieron en un estufa (AOAC, 1990.930.06)
- Acidez Titulable: neutralización de la acidez producida por la muestra en dilución acuosa con sosa, utilizando fenolftaleína como indicador (AOAC, 2005. 942.15)
- Proteínas totales: Digestión de proteínas con ácido sulfúrico y catalizadores, transformando el nitrógeno orgánico en amoníaco que se destila y se titula con una solución ácida normalizada (AOAC, 2012. 920.176).
- Cenizas: destrucción y volatilización de la materia orgánica como residuos y sales minerales a una temperatura de $550\pm 50^{\circ}\text{C}$ hasta un peso constante (AOAC, 2012. 923.03)
- Azúcares reductores: Propiedad de los azúcares de la muestra de reducir el cobre de la solución de Fehling en proporción de óxido cuproso en solución alcalina hirviente (Owen. 2004)

- pH: Evaluación de las diferencias de potencial entre un electrodo estándar de Calomel previamente calibrado, usando soluciones amortiguadoras (COVEIN, 1978. 1315-79)
- Vitamina C: Las soluciones acuosas fueron centrifugadas previa la cuantificación polarográfica de ácido ascórbico. 1 mL de sobrenadante fue diluidos en 10 mL de solución tampón (0.05 M AcOEt y NaNO₃ 0.01M, pH = 3). Se preparó una solución estándar de ácido ascórbico de 10 ppm para la calibración. Las muestras fueron transferidas a la celda polarográfica y la lectura se realizó con las siguientes condiciones instrumentales: DPV automático, modo DME, tamaño de gota: 60, velocidad de scan: 20 mV/seg. (Zulueta *et al.*, 2007).
- Minerales: una solución de la muestra se nebuliza mediante un flujo de oxidante gaseoso o se lleva hacia una llama donde ocurre la nebulización; para muestra líquidas y sólidas se procedió con el método descrito por AOAC, 2012. 968.08.

2.4 Análisis estadístico de datos

Los parámetros físico-químicos y bromatológicos de las muestras analizadas fueron determinados con cinco repeticiones de cada accesión. Los parámetros fueron organizados en una base de datos con la ayuda del software Excel. Las variables fueron representadas con medidas de posición y dispersión (media y desviación estándar). La desviación estándar fue interpretada como un parámetro de reproductibilidad de los datos.

Para establecer diferencias significativas entre los parámetros nutricionales de las diferentes accesiones de *A. americana* se realizaron comparaciones de medias

mediante un Análisis de Varianza a un factor. Como hipótesis nula se estableció que no existen diferencias significativas entre las medias de los parámetros comparados. En caso de rechazo de hipótesis nula, se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. El procedimiento de Tukey permite la formación de intervalos de confianza de $(1 - \alpha)$ 100% para todas las comparaciones por pares. El método se basa en la distribución del rango *studentizado* (Walpole *et al.*, 2007). Las pruebas fueron realizadas con un nivel de significatividad de 0,05.

2.5 Elaboración de productos a partir de la pulpa de *Agave americana*

Para la preparación de productos se realizaron formulaciones base, las cuales contienen como ingrediente principal la pulpa de *Agave americana* L. La pulpa utilizada cumplió con los siguientes parámetros de calidad organoléptica:

Características Organolépticas	Evaluación
Color	Blanco transparente
Olor	Característico
Sabor	Dulce
Aspecto	Líquido homogéneo

Tabla 5. Características organolépticas de *A. americana*

2.6 Elaboración de una bebida refrescante de mora:

Para el desarrollo de la bebida refrescante se seleccionaron moras (*Rubus glaucus*) frescas que cumplieron los siguientes parámetros de calidad:

Características Organolépticas	Evaluación
Color	Morado
Olor	Característico
Sabor	Agrio

Tabla 6. Características organolépticas de mora (*Rubus glaucus*)

A continuación se presenta la formulación de una bebida de mora a base de la pulpa del agave.

Componente	Porcentaje (%)	Cantidad (g)
Pulpa de Agave	81.41	570
Fruta	7.14	50
Estabilizante	0.014	0.1
Dextrosa	11.42	80

Tabla 7. Fórmula base de la bebida a base de la pulpa de agave

2.7 Diagrama de flujo para la elaboración de una bebida

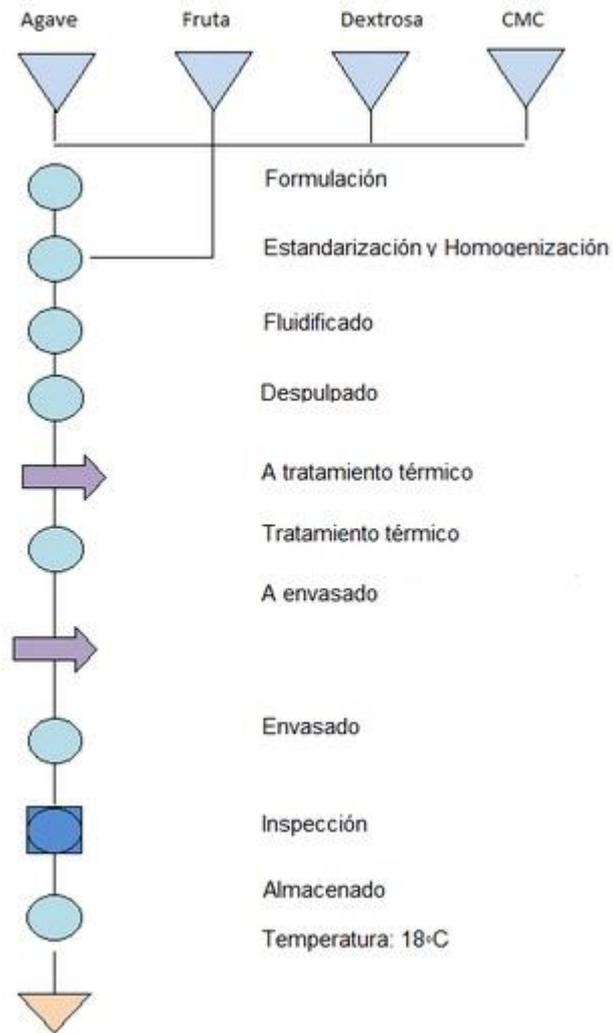


Figura 4. Diagrama de Flujo para la elaboración de bebida refrescante con *Agave americana* L.

2.8 Elaboración de un producto de panificación.

A continuación se presenta la formulación del producto de panificación (panecillos) preparado utilizando como ingrediente pulpa de *A. americana*

Componente	Porcentaje (%)	Cantidad (g)
Harina	48.46	315
Azúcar	30.76	200
Pulpa de <i>Agave</i>	13.84	90
Aceite	3.84	25
Huevos	2.30	15
Levadura	0.76	5

Tabla 8. Fórmula base para la elaboración de un panecillo utilizando pulpa de agave

2.9 Diagrama de flujo para la elaboración de un producto de panificación

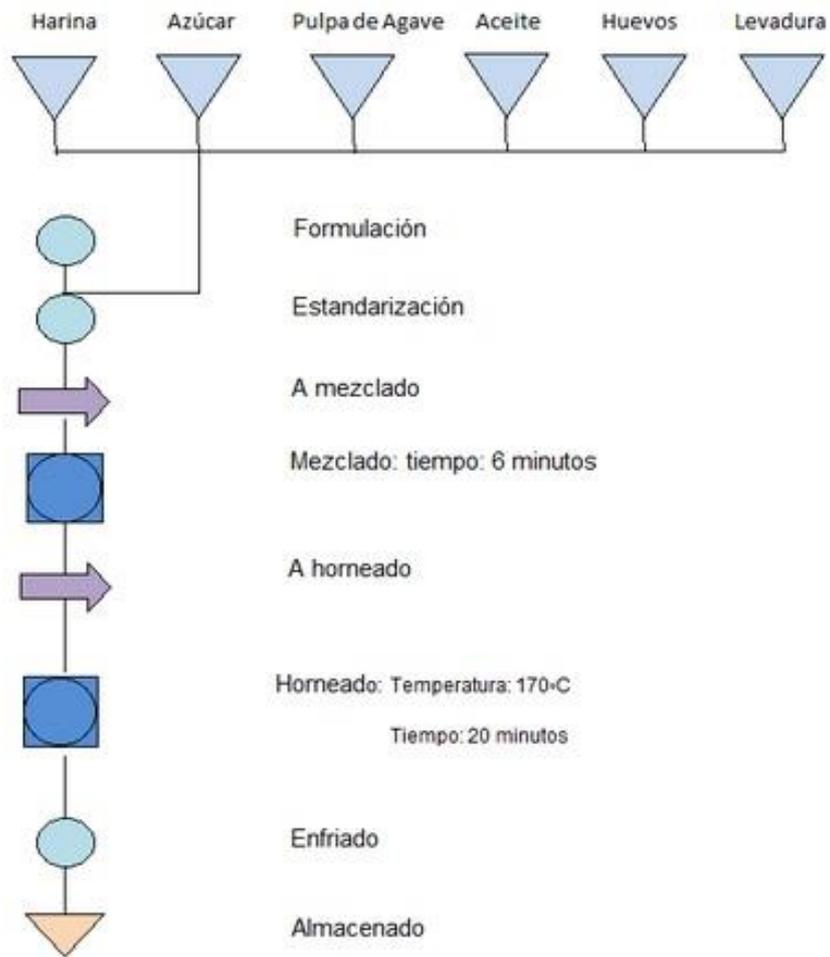


Figura 5. Diagrama de flujo para la elaboración de un panecillo con pulpa de agave

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Caracterización nutricional de la pulpa de *A. americana*

A continuación se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de caracterización nutricional de las tres accesiones de *A. americana* incluidas en este estudio. Para el contenido de minerales (Na, K, Ca) y vitamina C fueron evaluados según los métodos indicados por García-Flores et al. (2009)

3.1.1 Parámetros bromatológicos de las accesiones de *A. americana*

Dentro de este estudio se tomó en cuenta los parámetros más relevantes, cada uno cuenta con cinco repeticiones de las tres accesiones en estudio.

Parámetros bromatológicos	Accesiones		
	Paute	Cochapata	Azogues
pH	4.9 ± 0.43	5.0 ± 0.74	6.2 ± 0.45
Sólidos Totales (g%)	10.06 ± 3.22	13.9 ± 6.38	7.9 ± 5.57
Cenizas	1.18 ± 0.49	1.2 ± 1.20	1.8 ± 1.01
Acidez Total	2.92 ± 0.843	2.9 ± 0.52	1.6 ± 0.40
Azúcares	49.5 ± 3.07	16.4 ± 9.03	55.2 ± 31.53
Vitamina C (mg/100g)	23.84 ± 19.11	29.35 ± 12.46	33.72 ± 23.4
Carbohidratos (g%)	88.7 ± 3.85	86.7 ± 7.24	93.4 ± 6.40

Tabla 9. Parámetros bromatológicos analizados en accesiones de *A. americana*. Promedios de cinco repeticiones con desviación estándar

3.1.2 Composición de minerales

En el siguiente cuadro se presentan los resultados que se obtuvieron en los ensayos de caracterización de minerales que presenta el *Agave americana*

Concentración de Minerales (ppm)	Accesiones		
	Paute	Cochapata	Azogues
Sodio	0.35±0.47	0.71±1.85	0.36±0.45
Potasio	187.01±30.15	164.27± 23.53	214.09±19.06
Calcio	3.61± 2.81	4.27± 0.65	3.86± 0.9

Tabla 10. Contenido de minerales presentes en 100 gr. de pulpa de *A. americana* L.

3.1.3 Contenido de vitamina C de accesiones de *A. americana*.

De las accesiones incluidas en el presente estudio, la colectada en Azogues muestra el mayor contenido de vitamina C (33.72 mg/100g). Las muestras de Paute y Cochapata presentan valores de 23.84 mg/100g y 29.35 mg/100g, respectivamente.

3.2 Comparación de parámetros nutricionales

El contenido de azúcares, vitamina C y carbohidratos de la pulpa de las accesiones en estudio fue comparado mediante Análisis de Varianza a un factor. Para el desarrollo de la prueba se evalúa la hipótesis nula que establece que no existen diferencias significativas entre los promedios de los parámetros evaluados por accesiones. A continuación se presentan los resultados del análisis de varianza a un factor y el valor p obtenido para cada prueba de comparación múltiple.

Parámetro nutricional	Fuente de Variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Valor p
pH	Inter-grupos	4,743	2	2,371	7,632	,007
	Intra-grupos	3,729	12	,311		
	Total	8,472	14			
Sólidos Totales	Inter-grupos	125,760	2	62,880	2,298	,143
	Intra-grupos	328,326	12	27,360		
	Total	454,086	14			
Cenizas	Inter-grupos	,908	2	,454	,505	,616
	Intra-grupos	10,796	12	,900		
	Total	11,704	14			
Acidez Titulable	Inter-grupos	5,350	2	2,675	7,291	,008
	Intra-grupos	4,403	12	,367		
	Total	9,753	14			
Azúcares totales	Inter-grupos	6054,073	2	3027,036	1,797	,208
	Intra-grupos	20214,892	12	1684,574		
	Total	26268,965	14			
Vitamina C	Inter-grupos	240,1189	2	120,059	,339	,718
	Intra-grupos	4245,3099	12	353,775		
	Total	4485,4289	14			
Carbohidratos	Inter-grupos	32,770	2	16,385	,471	,635
	Intra-grupos	417,141	12	34,762		
	Total	449,911	14			

Tabla 11. ANOVA a un factor de parámetros nutricionales de accesiones de agave

Los parámetros que evidenciaron diferencias significativas fueron analizados mediante la prueba post-hoc de Tukey. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

Variable dependiente	(I) ACCESION	(J) ACCESION	Diferencia de medias (I-J)	Valor p
pH	1	2	-1,2500(*)	,010
		3	-0,1240	,934
	2	1	1,2500(*)	,010
		3	1,1260(*)	,020
	3	1	0,1240	,934
		2	-1,1260(*)	,020
Acidez Titulable	1	2	1,2460(*)	,018
		3	-0,0408	,994
	2	1	-1,2460(*)	,018
		3	-1,2868(*)	,015
	3	1	0,0408	,994
		2	1,2868(*)	,015

Tabla 12. Prueba post-hoc de Tukey para los promedios que presentaron diferencias significativas en el ANOVA a un factor.

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0.05

Para el desarrollo de los productos alimenticios usando como aditivo pulpa de agave se escogió la accesión de Azogues, ya que los promedios de los parámetros evaluados son significativamente mayores que las accesiones comparadas.

3.3 Parámetros bromatológicos selectos de mora (*Rubus glaucus*).

La mora, utilizada como materia prima para el desarrollo de la bebida refrescante, fue analizada para cuantificar el contenido de ciertos nutrientes. La fruta presenta por cada 100 gramos de porción comestible los siguientes resultados: Sodio de 3.22mg, Potasio 138.51mg, Calcio 32.95mg y vitamina C de 17 mg.

3.4 Evaluación físico-química y comparación de nutrientes de los productos con pulpa de *Ágave americana* L y productos normales

Para la realización de la comparación de los productos a base pulpa de Agave con productos comunes (bebida y pan), se realizó los métodos de determinación de minerales descritos anteriormente. Se procedió a analizar cuatro muestras para cada uno de los productos, los resultados obtenidos se llevaron a un software (MINITAB) para su respectivo análisis estadístico, como hipótesis nula se estableció que no existen diferencias significativas entre los minerales comparados (ver anexos), en donde también se obtuvo gráficas de comparación.

3.4.1 Comparación de Minerales en pan

- **Calcio**

	Pan sin Agave	Pan con Agave
Minerales (ppm) Calcio	350,8241859	409,7439125
	401,4402948	673,1179356
	838,8220221	1113,587621
	1411,858561	1379,638402

Tabla 13. Cuantificación de Calcio

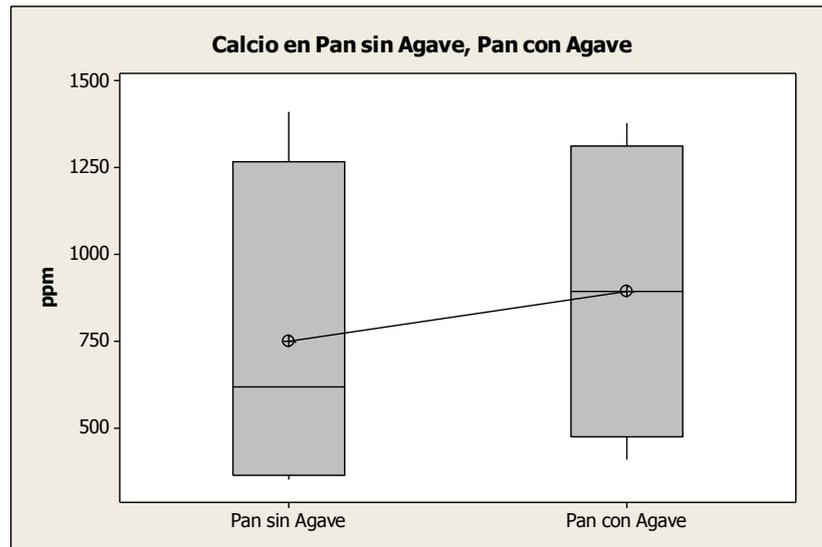


Figura 6. Comparación de calcio entre pan con agave y sin agave

- Sodio**

	Pan sin Agave	Pan con Agave
Minerales (ppm)	976,3247411	1390,033945
Sodio	1753,687465	3280,486643
	3077,934364	3037,53905
	10039,3003	10140,26915

Tabla 14. Cuantificación de Sodio

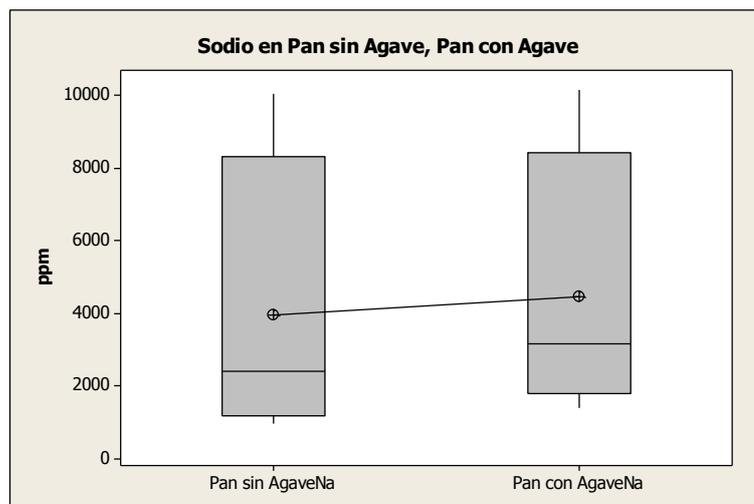


Figura 7. Comparación de sodio entre pan con agave y sin agave

- **Potasio**

Minerales (ppm) Potasio	Pan sin Agave	Pan con Agave
	1341,90133	992,9577462
	830,7422941	790,8299288
	1421,522808	1304,898197
	476,5560898	535,0990108

Tabla 15. Cuantificación de Potasio

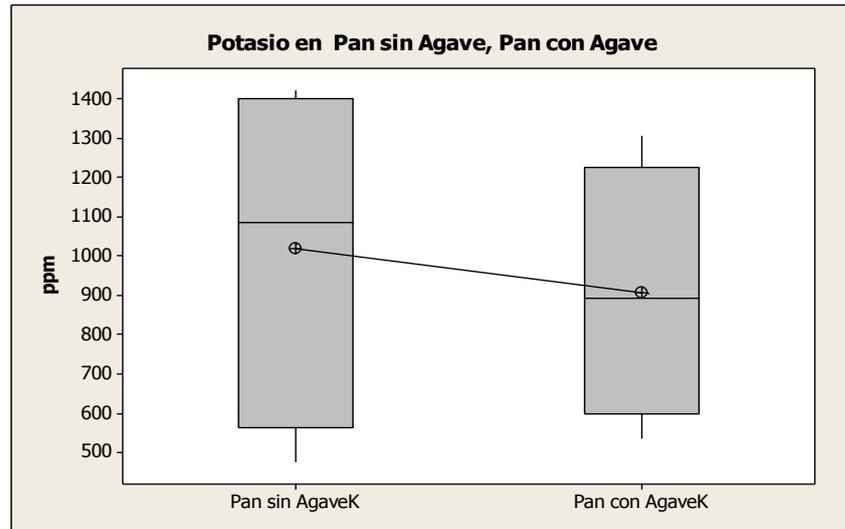


Figura 8. Comparación de potasio entre pan con agave y sin agave

3.4.2 Comparación de minerales en jugo de mora

- **Calcio**

Minerales (ppm) Calcio	Jugo sin Agave	Jugo con Agave
	0,239739414	0,188092729
	0,234527687	0,164872798
	0,247392075	0,131894775
	0,26388488	0,247431721

Tabla 16. cuantificación de Calcio en bebida de mora

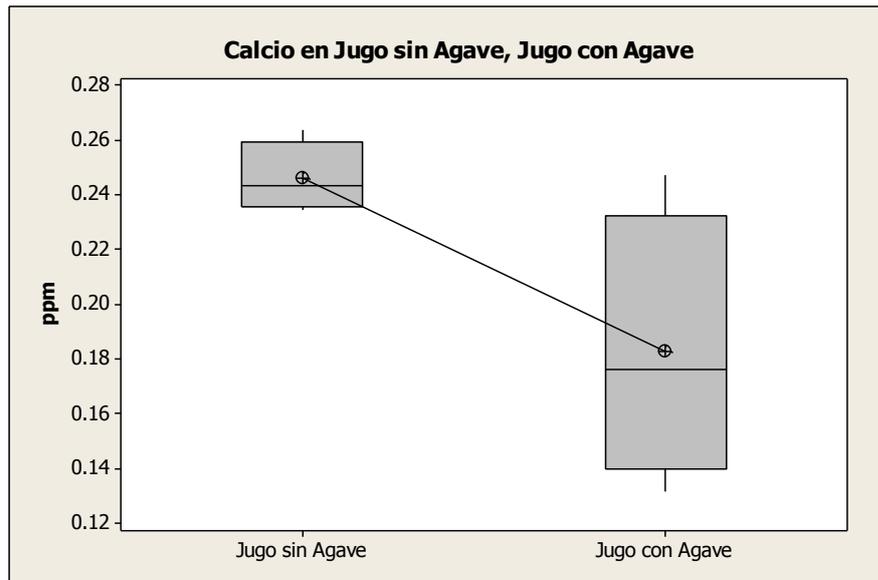


Figura 9. Comparación de calcio entre un jugo con agave y sin agave

- **Sodio**

	Jugo sin Agave	Jugo con Agave
Minerales (ppm)	0,334808388	0,009082274
Sodio	0,333651482	0,00406826
	0,339139216	0,001697949
	0,336088306	0,007939819

Tabla 17. Cuantificación de Sodio en bebida de mora

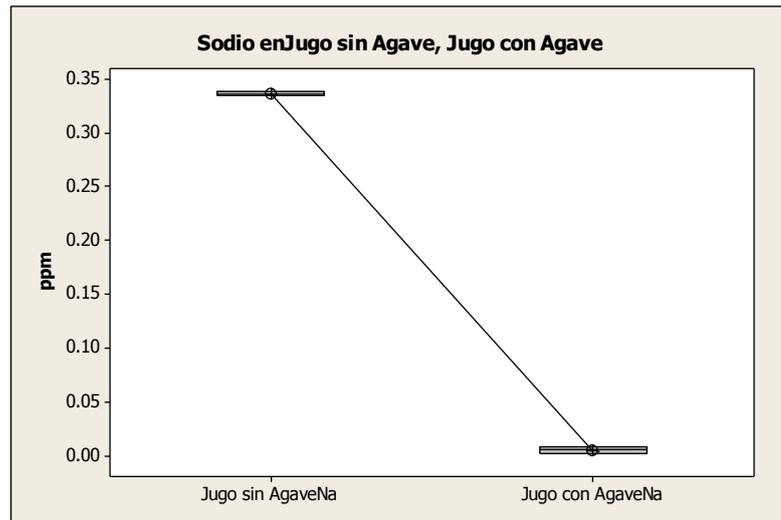


Figura 10. Comparación de sodio entre jugo con agave y sin agave

- **Potasio**

Minerales (ppm)	Jugo sin Agave	Jugo con Agave
Potasio	2,815401223	9,127156342
	1,318459878	7,341829539
	0,722719978	6,819193596
	0,601254435	10,05134664

Tabla 18. Cuantificación de Potasio en bebida de mora

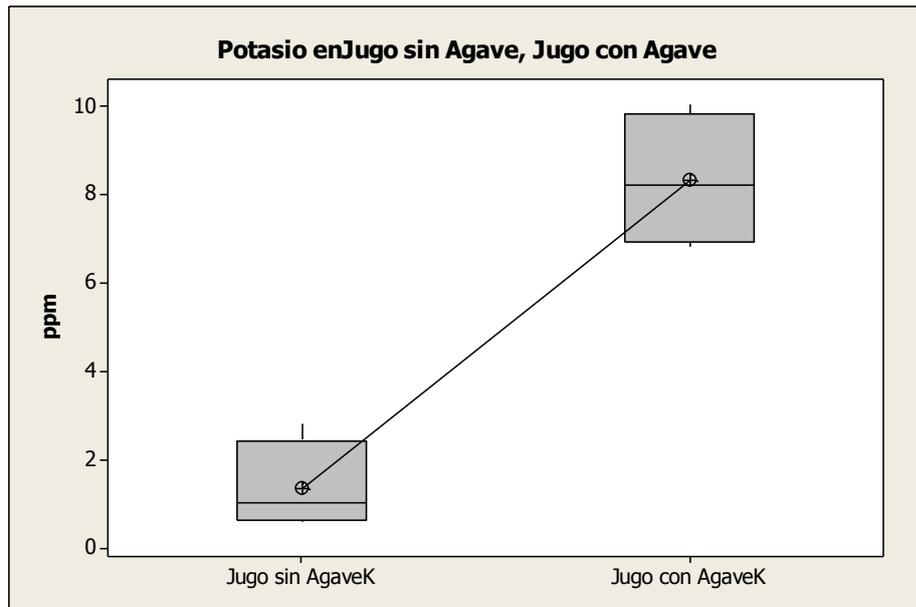


Figura 11. Comparación de potasio entre jugo con agave y sin agave

3.4.3 Contenido de vitamina C

Luego de haber realizado el método polarográfico para la determinación de vitamina C para la bebida base de mora a partir de la pulpa de *Agave americana* L no se detectó esta vitamina; al igual para la bebida base de pulpa de mora

CAPÍTULO 4

DISCUSIÓN

Mediante el desarrollo de la presente investigación se han obtenido parámetros bromatológicos de tres diferentes accesiones de *Agave americana* L, que crecen de forma silvestre en las zonas de Paute, Azogues y Cochapata, en las provincias de Azuay y Cañar. El análisis de los datos obtenidos permite establecer que no existen diferencias significativas en el contenido de vitamina C entre las accesiones estudiadas. La pulpa de agave colectada en Azogues fue seleccionada por su mayor contenido de vitamina C, así como por su contenido de Potasio como materia prima para el desarrollo de productos alimenticios.

El contenido promedio de proteínas en la pulpa de agave de accesiones mexicanas, según Godoy (2003), es de 0.2 mg por cada litro de néctar. Las muestras analizadas no presentan contenidos detectables de proteínas. Este resultado sugiere que puede existir variabilidad en este parámetro bromatológico debido al entorno geográfico y al tipo de cultivo, ya que en México el agave es un cultivo de importancia económica por lo que crece en grandes extensiones con el aporte de nutrientes que requieren los monocultivos.

Otros estudios revelan que el contenido de minerales varían de un 4.2% al 14.56% (Cruz, 2006). En las muestras analizadas el mineral mayoritario es el Potasio, este resultado se debería correlacionar con el contenido de potasio de los suelos donde crece esta especie.

Las accesiones de *Agave americana* presentaron niveles considerables de vitamina C de las diferentes accesiones estudiadas. No obstante, en los productos elaborados no se detectó presencia de vitamina C. Según Badui Degral (2006) la oxidación está en función de muchas variables, principalmente disponibilidad de oxígeno, temperatura, pH (más estable a pH ácidos), metales de transición (hierro, cobre) y luz. La vitamina C se destruye en las diversas etapas de la industrialización (lavado, pelado, escaldado, etc.) debido a su termo-sensibilidad.

Los productos elaborados presentan un contenido de minerales detectable. En el producto de panificación no existe diferencias significativas de contenido de minerales en comparación con un pan normal, debido a que solo se usó el 13,84% del total del panecillo, cabe señalar que los ingredientes que lo conforman también contiene minerales, como por ejemplo el calcio debido a que el huevo de gallina entero presenta por cada 100 gramos 56,2 mg (Cabo, T. *et al.* 2008).

Según Gil, A (2010) las consecuencias en la disminución en el consumo de potasio causa problemas cardiacas, musculares y renales, en donde nuestra bebida puede ayudar a suplir la falta de este mineral. En el caso del Calcio y Sodio comparado con una bebida normal difiere significativamente su contenido.

El presente estudio de investigación genera bases para la innovación y desarrollo de producto a base de esta pulpa. Es necesario tener en cuenta el proceso tecnológico escogido para el desarrollo del mismo, así como las pérdidas de vitamina C; además de la innovación se puede generar nuevas técnicas de procesamiento para que los sustratos del mismo no se vean afectados.

CONCLUSIONES

El desarrollo de la presente investigación permite establecer las siguientes conclusiones:

1. El análisis de parámetros bromatológicos permite establecer que las accesiones colectadas en Paute, Azogues y Cochapata, presentan niveles apreciables de vitamina C, los cuales se pierden mediante el proceso, es por esto que el agave no aporta esta vitamina a cualquier tipo de alimento procesado.
2. Las accesiones de Azogues y Cochapata presenta niveles significativos de minerales, esto significaría que en estas accesiones se pueden llegar a cultivar mayoritariamente esta especie, para su posterior industrialización
3. En el contenido de minerales en el producto de panificación no existe diferencias significativas en comparación con el panecillo común, es decir la pulpa de *Agave americana* L. se puede utilizar como materia prima para la elaboración de este producto
4. En el caso de la bebida de Agave si existen diferencias significativas en comparación con una bebida común de mora (*Rubus glaucus*), en donde el contenido de Calcio y Sodio es mayor en esta bebida.
5. El contenido de Potasio en la bebida de Agave es superior a una bebida normal de mora, cabe señalar que la pulpa de esta especie de Agave ya contenía niveles altos de este mineral, dándole al producto un valor agregado, y siendo

un producto que puedan consumir personas que sufren de enfermedades cardíacas o musculares por falta de este mineral

6. Se recomienda el desarrollo de productos con tecnologías que impliquen menor exposición de la materia prima a temperaturas elevadas, con el fin de preservar su composición y características nutricionales, especialmente el contenido de vitamina C.

ANEXOS

1. Estudio Bromatológico del *Agave americana* L según sus accesiones

Paute

	pH (g%)	Sólidos Totales(g%)	Cenizas(g%)	Acidez Total (g%)	Azúcares (g/%glucosa)	Vitamina C (mg/100g)	Carbohidratos (g%)
Muestra 1	4,28	5,145	1,16	2,560	25,238	5,410	93,696
Muesetra 2	4,81	10,25	1,76	2,560	44,167	6,320	87,987
Muestra 3	5,32	14,13	1,54	2,098	31,176	32,140	84,328
Muestra 4	5,15	10,85	0,56	3,104	48,182	24,200	88,587
Muestra 5	5,23	9,93	0,86	4,288	176,667	51,140	89,206

Azogues

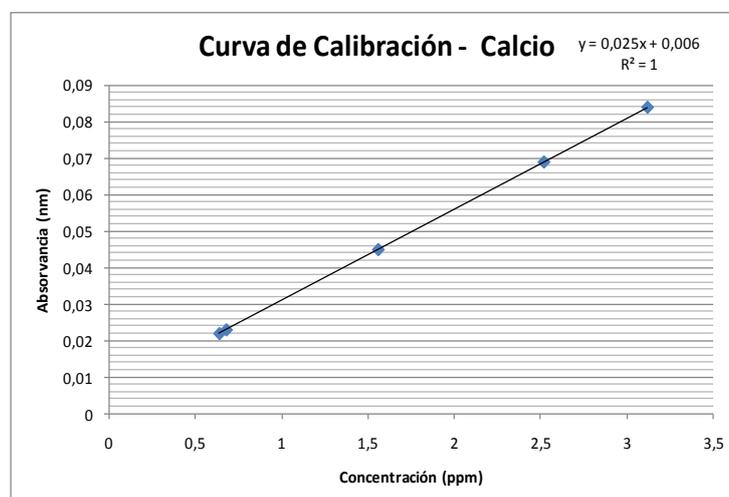
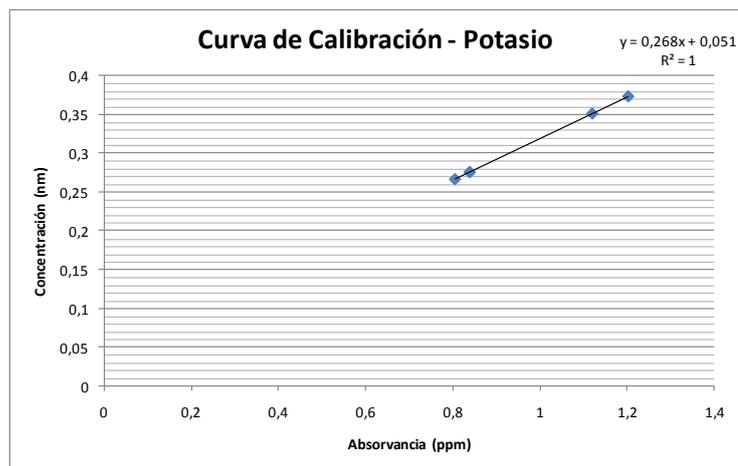
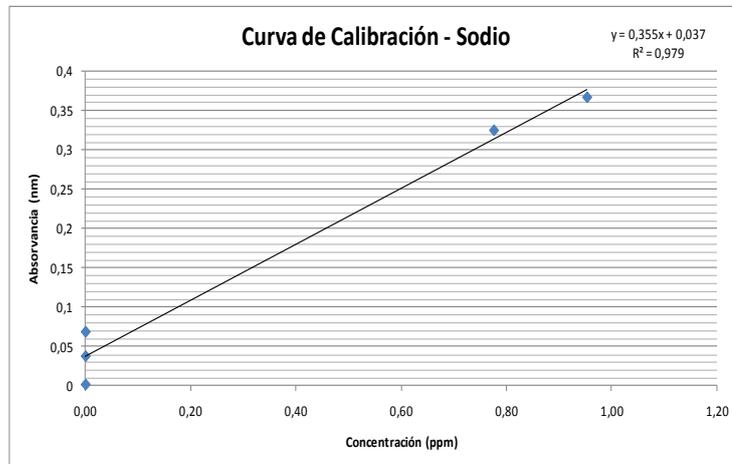
	pH (g%)	Sólidos Totales (g%)	Cenizas (g%)	Acidez Total (g%)	Azúcares (g/%glucosa)	Vitamina C (mg/100g)	Carbohidratos (g%)
Muestra 1	6,16	6,241	0,55	1,792	53	9,390	93,209
Muesetra 2	6,87	16,49	2,89	1,536	44,17	7,740	77,620
Muestra 3	5,77	7,83	2,64	1,664	106,00	47,990	89,980
Muestra 4	6,4	7,84	1,79	1,12	19,63	45,890	90,370
Muestra 5	5,84	0,99	0,99	2,208	53,00	57,070	98,020

Cochapata

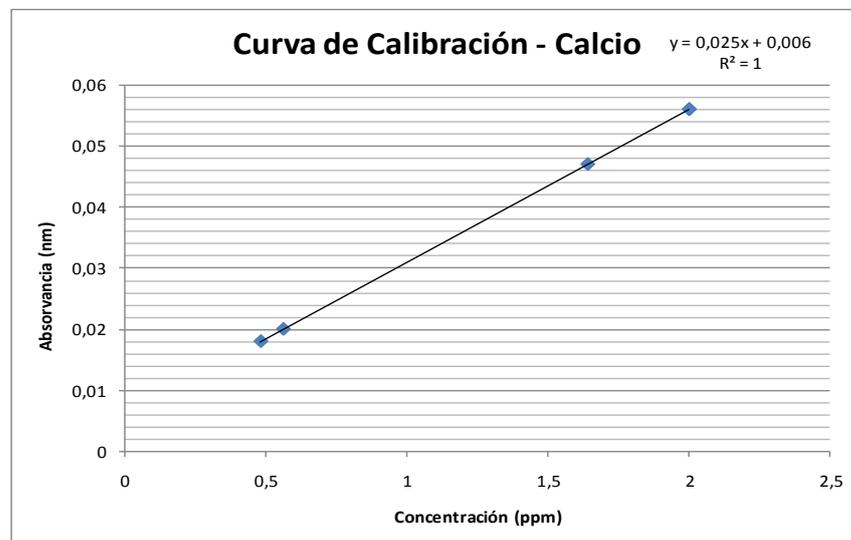
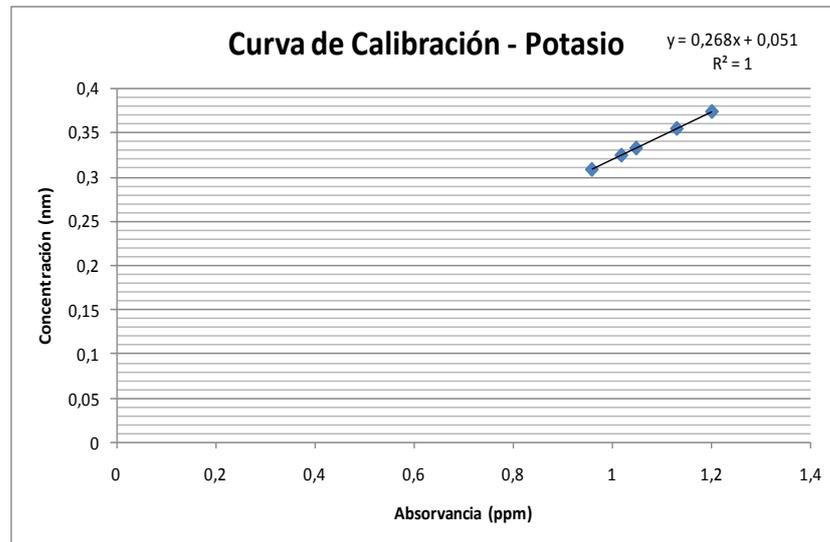
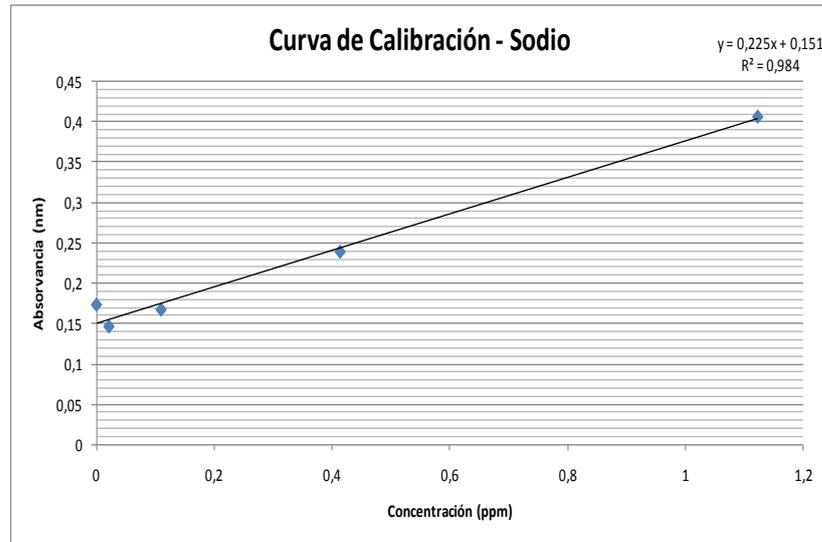
	pH (g%)	Sólidos Totales (g%)	Cenizas (g%)	Acidez Total (g%)	Azúcares (g/%glucosa)	Vitamina C (mg/100g)	Carbohidratos (g%)
Muestra 1	6,38	14,839	1,05	2,912	29,44	8,480	86,214
Muesetra 2	4,63	13,05	0,52	2,976	8,03	35,780	87,475
Muestra 3	4,78	12,21	2,23	3,613	10,19	28,067	90,021
Muestra 4	4,62	25,45	0,64	3,04	23,04	40,240	75,194
Muestra 5	5	8,52	3,32	2,144	21,20	34,190	94,802

2. Contenido de minerales del aguamiel del *Agave americana* L

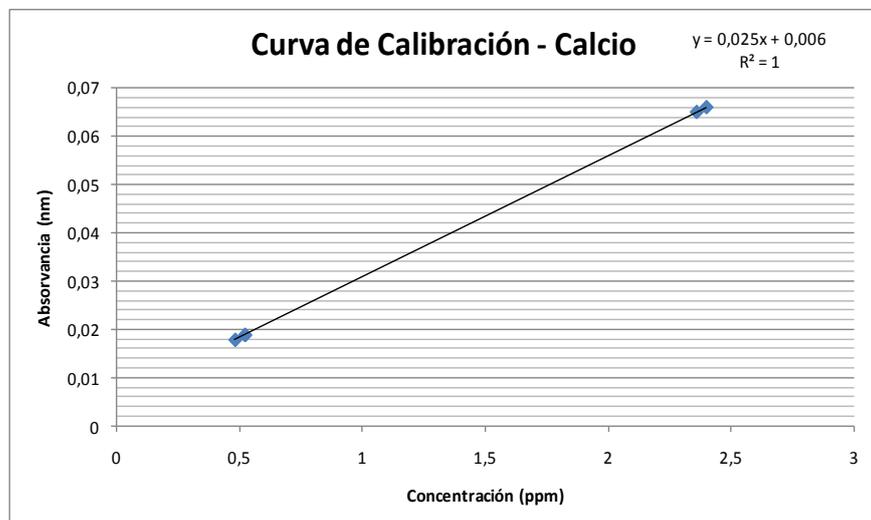
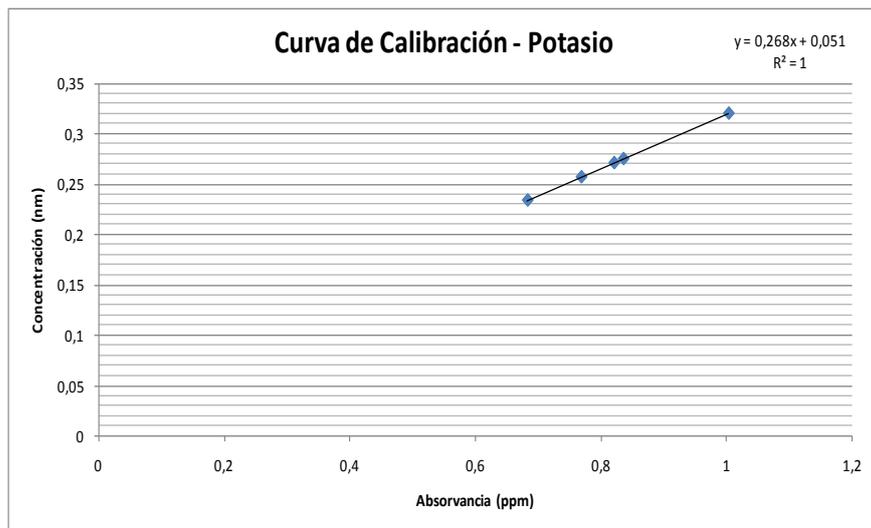
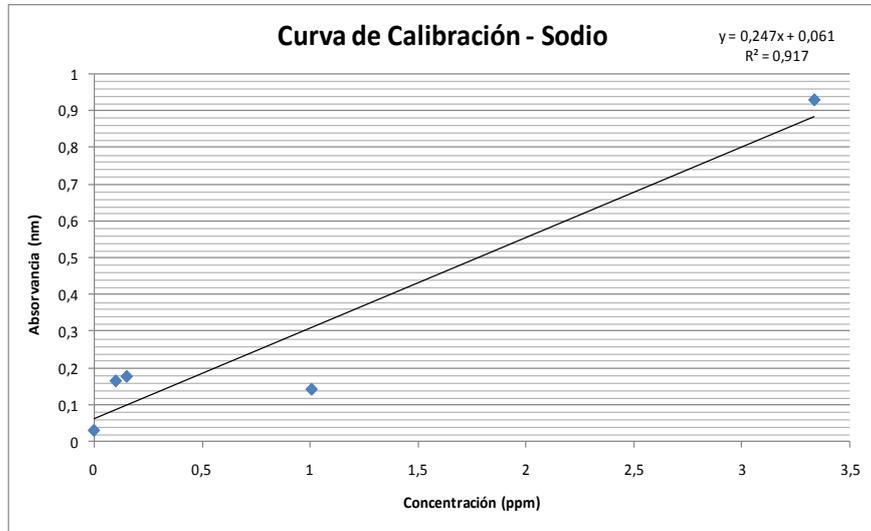
Paute



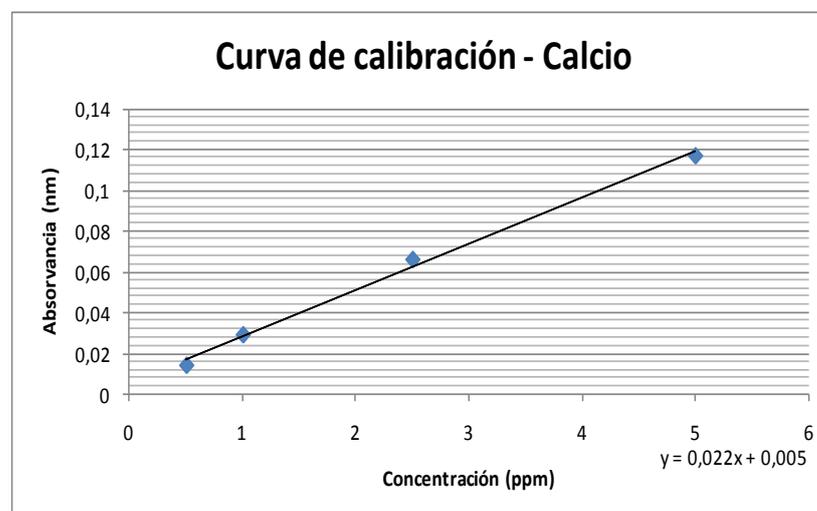
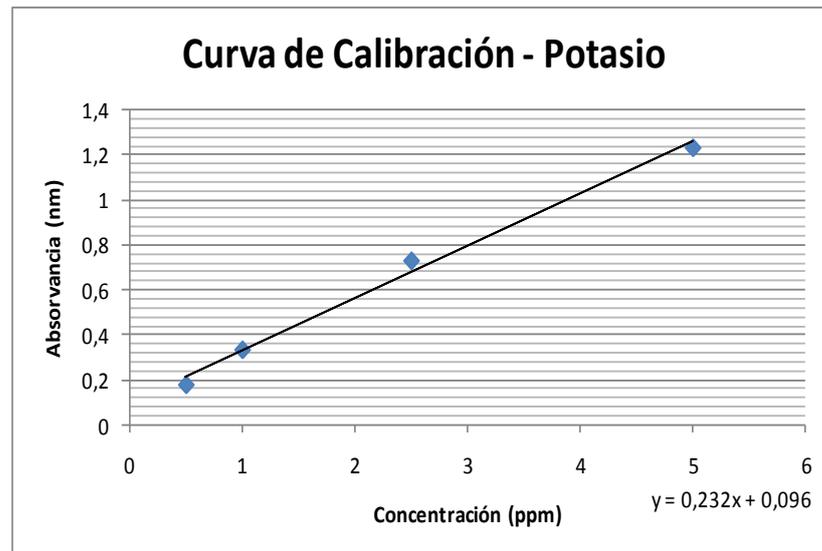
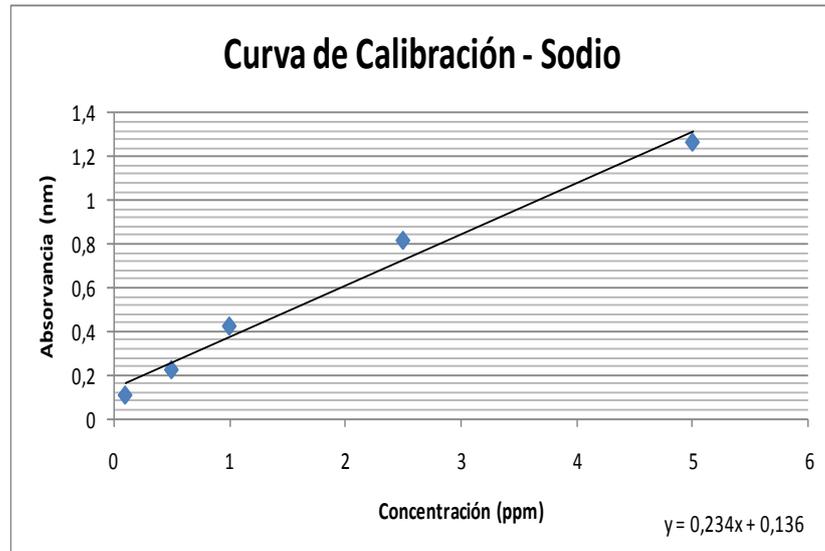
Azogue



Cochapata



3. Contenido de minerales de la mora (*Rubus glaucus*)



4. Análisis de Varianza a un factor de las accesiones estudiadas

Contenido de Azúcares

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	6053,91064	2	3026,95532	1,79686578	0,207676404	3,885293835
Dentro de los grupos	20214,901	12	1684,57508			
Total	26268,8116	14				

Vitamina C

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	240,1189625	2	120,0594813	0,33936598	0,718840526	3,885293835
Dentro de los grupos	4245,309979	12	353,7758316			
Total	4485,428942	14				

Carbohidratos

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	486,560016	2	243,280008	11,4314103	0,001663077	3,885293835
Dentro de los grupos	255,380571	12	21,2817143			
Total	741,940587	14				

Sodio

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,44049521	2	0,2202476	0,25698597	0,777528678	3,885293835
Dentro de los grupos	10,2844964	12	0,85704136			
Total	10,7249916	14				

Potasio

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,13713944	2	0,06856972	4,63793381	0,041270552	4,256494729
Dentro de los grupos	0,13306086	9	0,01478454			
Total	0,27020029	11				

Calcio

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,01029556	2	0,00514778	0,16746047	0,847752839	3,885293835
Dentro de los grupos	0,36888322	12	0,030740269			
Total	0,37917878	14				

5. Análisis estadístico para la comparación de minerales en las muestras

Comparación de muestras de pan

CALCIO	N	Media	Desv. Est.	Error	Valor P
Pan sinAgave	4	751	492	246	0,678
Pan con Agave	4	894	435	217	

SODIO	N	Media	Desv. Est.	Error	Valor P
Pan sinAgave	4	3962	4144	2072	0,866
Pan con Agave	4	4462	3877	1939	

POTASIO	N	Media	Desv. Est.	Error	Valor P
Pan sinAgave	4	1018	446	223	0,7
Pan con Agave	4	906	325	163	

Comparación de muestras de jugo de mora

CALCIO	N	Media	Desv. Est.	Error	Valor P
Jugo sinAgave	4	0,2464	0,0128	0,0064	0,046
Jugo con Agave	4	0,1831	0,0487	0,024	

SODIO	N	Media	Desv. Est.	Error	Valor P
Jugo sinAgave	4	0,33592	0,00236	0,0012	0
Jugo con Agave	4	0,0057	0,00342	0,0017	

POTASIO	N	Media	Desv. Est.	Error	Valor P
Jugo sinAgave	4	1,336	1,02	0,51	0
Jugo con Agave	4	8,33	1,51	0,76	

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía:

- Badui, S. (2006). Química de los Alimentos. *Pearson Education*. Cuarta edición. pp: 395-398
- Ben Hamissa, A., Seffen, M., Aliakbarian, B., Casazza, A., Perego, P., Converti, A. (2012). Phenolics extraction from *Agave americana* (L.) leaves using high-temperature, high-pressure reactor. *Food and Bioproducts Processing* **90**, 17-21
- Boguslavsky, A, Barkhuysen, F, Timme, E y la Matsane, RN. (2007). El establecimiento de de Agave industria de Americana en África del Sur. *Quinto Conferencia Internacional sobre Nuevas Crops*. Capítulo III.
- Borrero, A. (1989). Paisaje Rural en el Azuay. *Banco Central del Ecuador*. pp: 19-38
- Cabo, T. Alentado, N. Dalmau, J. (2008). Nuevas recomendaciones diarias de ingesta de calcio y vitamina D: prevención del raquitismo nutricional. *Acta Pediatra Española*. **66**(5): 233-236
- Casas, A. Otero-Arnaiz, A. Pérez-Negrón, E. y Valiente-Benuet, A. (2007). *In situ* Management and Domestication of Plants in Mesoamerica. *Oxford Journals*. **100**:1101-1115.
- Challen, J. Brown, L. (2010). Vitamins and minerals essential for health. Editor. Nowtilus S.L. pp. 50-58
- Chapman, A. R. O. (1975). Inheritance of mucilage canals in *Laminaria* (section *Simplices*) in eastern Canada. *British phycological journal*, **10**(3), 219-223.
- Colunga – García Marín, P. May – Pat, F. (1993). Agave studies in Yucatán, México. I. Past and present germplasm diversity and uses. *Economic Botany*. **43**(3): 312-327.

Colunga-GarcíaMarín, P. (2003). The domestication of henequén (*Agave fourcroydes* Lem.). *The Lowland Maya Area. Three Millennia at the Human–Wildland Interface*, 439-446

COVEIN. (1979). Norma Venezolana 1315. Alimentos. Determinación de pH (acidez iónica). Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. pp: 1-3

Cruz, N. (2006). Estudio químico-bromatológico y elaboración de néctar de aguamiel de *Agave americana* L. (maguey) procedente de Ayacucho. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. pp.

De la Torre, L. Muriel, P. Balslev, H (2006). Etnobotánica de los Andes del Ecuador. *Revista Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, 246-267

De la Torre - Macía. (2008). La etnobotánica del Ecuador. *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*. Herbario QCA. **1**:13-27

De la Torre, L. Navarrete, H. Muriel, P. Macía, M. Balslev. H. (2008). *Enciclopedia de la Plantas Útiles del Ecuador*. Herbario QCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. **1**:150-151

García – Mendoza, A. (2007). Los agaves de México. *Revista del Jardín Botánico*. Universidad Nacional Autónoma de México. **87**: 14-23

García, D. Flores, M. Moreno, M. Camacho, B. Medina, C. Ojeda, C. & Padrón, C. (2009). Chemical, biochemical, and fatty acids composition of sedes of *Opuntia boldinghii* Britton *et* Rose[£]. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. **11**:45-52

Hai Liu, R. (2003). Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals¹⁻⁴. *The American Journal of Clinical Nutrition*. **78**:517S-520S

Hernandez, A. (2010). Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. I Volumen. Ed. Médica Panamericana. Madrid., pp. 483-500

Hernandez, A. (2010). Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. II Edición. Ed. Médica Panamericana. Madrid., pp. 532-544

Hervas. P. (2011). Estudio de la influencia de los grados brix del chaguar mishque para la obtención de una bebida carbonatada tipo champagne. Universidad Técnica de Ambato. *Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos*.

Lastra, O. (2010). Sodio en Plantas C4, en: C4 y CAM. Características generales y uso en programas de desarrollo de tierras áridas y semiáridas. González-Cebollar, J y Chueca, A. Editores. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Fundación Ramón Areces, España., pp. 151 – 154

León, G. (1998). Cañar: Provincia Emérita. *Casa de la Cultura Ecuatoriana núcleo del Cañar*.

León Vázquez, N. I., Campos Ángeles, G. V., Enríquez-del Valle, J. R., Velasco Velasco, V. A., Marini Zúñiga, F., & Rodríguez Ortiz, G. (2013). Diversidad de especies de agave en San Miguel Ttilquiapam, Ocotlán, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1185-1195.

Nobel, P. S. (1989). A nutrient index quantifying productivity of agaves and cacti. *Journal of Applied Ecology*, 635-645.

Pardo, O. (2005). El agave americano (*Agave americana* L). Uso alimenticio en el Perú. *Revista chilena de flora y vegetación*. **8**(2).

Pinkie, E. Masarirambi, M. Magagula, N. Dlamini, A & Bhebhe, E. (2011). Exploitation of *Agave americana* L plant for food security in Swaziland. *American journal of food and Nutrition*. **1**(2): 82-88

Romero, A. (2010). Utilización del Agave como edulcorante natural en la elaboración de una bebida hidratante a partir del suero. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. pp. 28-32

Smith, N. Mori, S. Henderson, A. Steverson, D. Meald, S. (2004). Flowering Plants of the Neotropics. *Princeton University*.

Torregrosa, F. (2006). Determinación de vitamina C y carotenoides en zumos de frutas y hortalizas frescos, tratados por calor o por pulsos eléctricos de alta intensidad

(PEAI). *Departamento de Medicina preventiva y salud pública, bromatología, toxicología y medicina legal*. Universidad de Valencia.

Uribe, G.J, Saldivar, S.S., 2009. Agave syrup extract having anticancer activity. US Patent AA61K31353FI.

Veintimilla, S. (2010). Desarrollo de una bebida isotónica a partir del líquido obtenido del cabuyo negro. Universidad Técnica de Ambato. *Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos*.

Walpole, R., Myers, R., Myers, S., Ye, K. (2003). Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. Pearson Educación. México. Isbn 978-970-26-0936-0

Zulueta, A., Esteves, M., Frasquet, I., Frígola, A. (2007). Vitamin C, vitamin A, phenolic compounds and total antioxidant capacity of new fruit juice and skim milk mixture beverages marketed in Spain. *Food Chemistry*, **103**: 1365 – 1374