

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Comparación de los contenidos de compuestos fenólicos totales y taninos
en la corteza de tres variedades de plátano (*Musa Cavendish*, *Musa
acuminata* y *Musa cavandanaish*)**

ALFREDO ESPINOSA BORRERO

STALIN SANTACRUZ, Ph.D., Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Ingeniero en Alimentos

Quito, marzo de 2013

Universidad San Francisco de Quito.

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Comparación de los contenidos de compuestos fenólicos totales y taninos
en la corteza de tres variedades de plátano (*Musa Cavendish*, *Musa
acuminata* y *Musa cavandanaish*)**

Alfredo Espinosa Borrero

Stalin Santacruz, Ph.D.
Director de tesis

Javier Garrido, MSc.
Coordinador de Ing. en Alimentos

Lucía Ramírez Cárdenas, Ph.D.
Miembro del comité de tesis

Ximena Córdoba, Ph.D.
Decana del Colegio de Ciencias e Ingeniería

Quito, marzo de 2013

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: _____

Nombre: Alfredo Espinosa Borrero

C. I.: 1712511623

Fecha: Quito, marzo de 2013

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que ayudaron para que esta investigación se realice en especial a mis padres por su apoyo incondicional y a mi tutor Stalin Santacruz que me guió durante este tiempo. También quiero agradecer a mis profesores: Javier Garrido, Lucía Ramirez, Francisco Carvajal y Mike Koziol. Finalmente agradezco a Dios por la vida y las oportunidades que nos regala todos los días.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar cuantitativamente el contenido de polifenoles totales y taninos en la cáscara de *Musa cavendish*, *Musa acuminata* y *Musa cavandanaish* durante el proceso de maduración. Mediante una extracción con etanol se investigó la presencia de polifenoles totales expresados como equivalentes de ácido gálico (GAE) y taninos expresados como equivalentes de ácido tánico (TAE). Los resultados mostraron que el contenido más alto de polifenoles totales (GAE) fue de 6,411g/100g de muestra (b.s.) correspondiente a la cáscara de *Musa cavendish* luego de 2 días del corte. Para el contenido de taninos (TAE), los resultados mostraron que el valor más alto fue de 1,056g/100g de muestra (b.s.) correspondiente a la cáscara de *Musa cavendish* luego de 2 días del corte. A lo largo del estudio se encontró que mientras los días de corte aumentan el contenido de polifenoles totales (GAE) y taninos (TAE) disminuye.

ABSTRACT

The objective of the present study was to determine the content of polyphenolic compounds and tannins in the crust from *Musa cavendish*, *Musa acuminata* and *Musa cavandanaish* through the process of ripening. The content of polyphenolic compounds was expressed in equivalents of gallic acid (GAE) and tannins expressed in equivalents of tannic acid (TAE). The results show that *Musa cavendish* was the variety with the highest content of polyphenolic compounds, 6,411g (GAE) /100g of crust, after two days of ripening. *Musa cavendish* was the variety with the highest content of tannins, 1,056g (TAE)/100 g of crust, after two days of ripening. Throughout the study it was found that as the process of ripening continues the content of polyphenolic compounds (GAE) and tannins (TAE) decreases.

Tabla de Contenido:

1	Introducción:	9
	1.1 Antecedentes:	9
	1.2 Justificación:	12
2	Objetivos:	14
	2.1 Objetivo general:	14
	2.2 Objetivos específicos:.....	14
3	Hipótesis:	14
4	Metodología:	14
	4.1 Materiales y Reactivos:	14
	4.1.1 Materia prima:	14
	4.1.2 Reactivos:	14
	4.1.3 Estudio de maduración:	15
	4.2 Métodos analíticos:	15
	4.2.1 Determinación de sólidos totales (Dadzie, et.at. 1997):	15
	4.2.2 Preparación y extracción de polifenoles (Mahmood, et al., 2011):.....	15
	4.2.3 Det. de compuestos fenólicos totales (Mahmood, et al., 2011):	15
	4.2.4 Determinación del contenido de taninos: (Mahmood et al., 2011):	16
5	Diseño experimental:	16
	5.1 Método estadístico:	17
6	Resultados y Discusión:	18
7	Conclusiones:	27
8	Recomendaciones:	28
9	Bibliografía:	29
10	Anexos:	32
	10.1 Anexo 1: Maduración del Plátano:	32
	10.2 Anexo 2: Contenido de Sólidos Solubles Totales:	34
	10.3 Anexo 3: Contenido de Polifenoles totales (GAE):	36
	10.4 Anexo 4: Contenido de taninos totales (TAE):	40

Lista de Tablas y Figuras:

Tabla 1.1. Composición proximal del banano entero:	12
Tabla 5.1.1 Tratamientos entre variedad de banano y estado de maduración:	17
Tabla 6.1.1 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de sólidos solubles totales en los tratamientos:	19
Tabla 6.1.2. Medias de los diferentes tratamientos en el contenido sólidos solubles totales de los tratamientos:	20
Tabla 6.2.1. Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de polifenoles totales (GAE) en los tratamientos:	22
Tabla 6.2.2. Medias de los diferentes tratamientos en el contenido polifenoles totales (GAE) de los tratamientos:	23
Tabla 6.3.1 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de taninos totales (TAE) en los tratamientos:	25
Tabla 6.3.2. Medias de los diferentes tratamientos en el contenido taninos totales (TAE) de los tratamientos:	26
Figura 1.1. Cadena de comercialización del banano:	10
Figura 6.1.1. Contenido de °Brix durante los diferentes días luego luego del corte:	18
Figura 6.2.1. Contenido de GAE g/100g de Corteza (b.s.):	21
Figura 6.3.1. Promedios de g TAE/100g de corteza (b.s.):	24

1 Introducción:

1.1 Antecedentes:

El banano es el segundo producto de exportación luego del petróleo dentro del Ecuador y es fundamental para la economía del país: “Ecuador es el mayor exportador de banano del mundo y su presencia en el comercio mundial va en aumento. Las exportaciones crecieron de un millón de toneladas en 1985 a 3,6 millones de toneladas en 2000” (FAO 2002). La producción del banano se enfoca principalmente en la región costa del país. “Para el año 2009 las provincias de: Los Ríos, El Oro y Guayas aportaron con el 72.12% de la superficie cosechada a nivel nacional” (INEC 2009). En otro estudio realizado por la Industria Bananera Ecuatoriana en el año 2010, se menciona que el área de cosecha del banano en el Ecuador es de 170.897 hectáreas las cuales están inscritas oficialmente en el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador.

En el estudio realizado por Ledesma en el año 2010, La Industria Bananera Ecuatoriana exportó a diciembre del mismo año 265 millones 587 mil 828 cajas, lo que representa el 32% del comercio mundial del banano, el 3.84 del PIB total y el 20% de las exportaciones privadas del país. Esto generó un ingreso aproximado de \$ 1.900 millones de dólares por concepto de divisas y alrededor de \$90 millones de dólares por concepto de impuestos para el estado. Las inversiones en el área de producción alcanzan los \$ 4.000 millones de dólares lo que incluye plantaciones cultivadas de banano, infraestructura, empacadoras y puertos. A esto también se debe tomar en cuenta las industrias colaterales que dependen en más de un 60% del sector bananero: Transporte, cartoneras, navieras, verificadoras, plástico, agroquímicas, certificadoras, fertilizantes y abonos y fumigación. Se estima que la inversión de las industrias colaterales a la producción de banano es de \$800,000 millones de dólares. El impacto que tiene la producción de banano en la economía del Ecuador es muy grande, las inversiones tanto en el área de producción como en las industrias colaterales generan trabajo para más de un millón de familias ecuatorianas.

Los reportes de los embarques señalan que por destino declarado a diciembre del 2010, los principales mercados para el banano ecuatoriano son: Unión Europea con el 42%, EEUU 21%, Rusia 20 % y el Cono Sur 6% siendo el 89% de las exportaciones de banano que se destinan a estas regiones. El 11% restante de las exportaciones están distribuidas entre Medio Oriente, Norte de África y Asia (PRO ECUADOR, 2011). Los principales puertos de exportación de acuerdo con el volumen de exportación son: Pto. Guayaquil con el 66.50%, Pto. Bolívar con el 33.32%, y el Pto. Manta con el 0.17%.

Es importante entender y conocer la cadena de comercialización del banano desde que se produce hasta que llega al consumidor final. A continuación se presenta una figura que detalla esta cadena de comercialización:

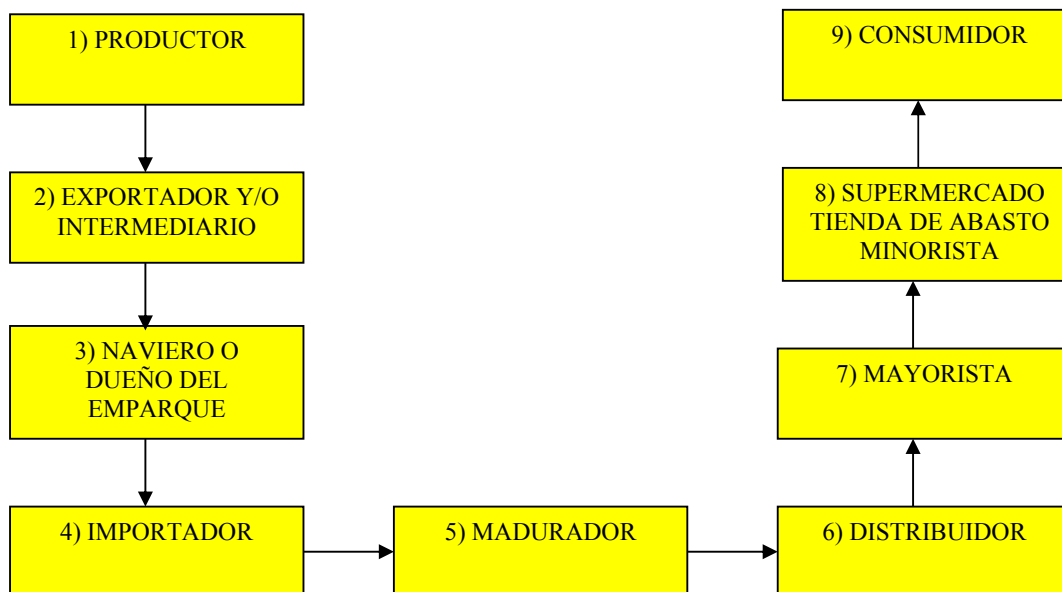


Figura1.1. Cadena de comercialización del banano.

El banano es reconocido a nivel mundial por sus propiedades benéficas para el ser humano. El banano es una fruta rica en carbohidratos y fibra, especialmente fructo-oligosacáridos (FOS), el cual no es digerible por el tracto intestinal y ayuda al crecimiento de bifidobacterias en el colon las cuales ayudan a estimular el sistema inmunológico y disminuyendo los riesgos de cáncer de colon. Dentro de los micronutrientes que más se encuentran en esta fruta está el potasio 370mg/100g de pulpa) por lo que es ideal para personas deficientes en este mineral y personas que sufren de hipertensión arterial y enfermedades del corazón (Ministeriodesalud.go.cr). Son éstas las razones por la cual el banano es una de las frutas de mayor consumo mundialmente. En la publicación hecha por PRO ECUADOR en el año 2011 menciona que la tendencia de consumo de esta fruta va en aumento, las exportaciones mundiales registran una tasa de crecimiento promedio del 9.46%. En este mismo informe menciona el consumo promedio per cápita de los principales mercados del banano ecuatoriano. Se puede resaltar que el consumo más alto per cápita es de Estados Unidos con 11.5 kg, seguido por la Union Europea con 10.5 kg, Japón con 7kg y Rusia con 6kg. Teniendo un consumo mundial tan alto del banano, industrias a nivel mundial se han enfocado en desarrollar nuevos productos en base de banano que proporcionen nuevas ideas y formas de consumir este alimento. Entre algunos elaborados en base al banano están: Banano en almíbar, rodajas deshidratadas, banano congelado, banano liofilizado, bebidas alcohólicas y etanol a base de banano, harina y polvo de banano, jaleas, mermeladas, compotas, vinagre de banano, entre otras.

Existen algunos problemas con la producción de banano en el Ecuador. Uno de los grandes problemas y desventajas que tienen los productores ecuatorianos frente a sus competidores en Colombia, Costa Rica, Filipinas y Guatemala es la baja productividad que se tiene. El Ecuador tiene una productividad de 1700 cajas por hectárea por año, a comparación de Colombia 2200 cajas por hectárea por año, Costa Rica 2500 cajas por hectárea por año y Guatemala y Las Filipinas cada una con 3000 cajas por hectárea por año (Ledesma, 2010). La principal razón de esta baja productividad es que para los otros países exportadores de banano el 100% de la fruta producida es comercializada. Esto con la ayuda de contratos a largo plazo entre productores, exportadores y comercializadores, brindando al productor una estabilidad en cuanto a precios justos adicionalmente dando seguridad jurídica. Esto permite a los productores invertir en insumos, capacitación, tecnología, créditos, etc. Con esto se logran obtener rendimientos sumamente altos, disminuyendo a su vez los costos de producción. En el Ecuador solamente el 75% de la fruta producida es contratada, el 25% restante se vende en spot, es decir al momento y sin contrato lo que permite al exportador conseguir precios más bajos.

Al tener una producción tan grande de banano en el Ecuador, existen problemas con el rechazo y los desperdicios que se generan. Un estudio realizado (Arteaga, 2000) muestra que entre los años 1983 y 1995 la cantidad de desperdicios osciló entre 85231 toneladas y 695 286 toneladas métricas. En otro estudio realizado por Paredes en el año 2010 menciona que el Ecuador produce más de 8 millones de toneladas de residuos de banano tales como: hojas, pseudotallo, raquis y aproximadamente 240,000 toneladas de fruta que se originan en las plantas empacadoras y no se exportan. Estos desechos no son manejados adecuadamente y generan un grave problema para el medio ambiente por su alta carga orgánica. “Por mucho tiempo estos desechos han sido lanzados a las vías, ríos o laderas” (Intriago y Paz, 2000). En el aire estos desechos provocan una grave contaminación por la alta generación de gas metano (Álvarez et. al., 2003). Las principales razones por la cual se desecha esta fruta es por daños producidos en el campo, durante la cosecha, el transporte o por defectos naturales. Una forma importante de utilizar estos desechos ha sido como alimento para animales, en especial para el ganado bovino. Sin embargo existe un problema relacionado con el rechazo de banano como suplemento animal, el cual es su alto contenido de polifenoles en especial taninos. Numerosos estudios han confirmado el efecto negativo de los taninos en las dietas para animales ya que estos forman complejos insolubles con las proteínas y otras macromoléculas (...) lo que es considerado responsable de bajo nivel de crecimiento, baja digestibilidad de proteína y disminución de amino ácidos” (Calderón y Latorre, 1998).

1.2 Justificación:

El banano pertenece a la familia de las Musáceas, es una fruta tropical procedente de una planta de gran tamaño que carece de un tronco. En su lugar posee vainas foliares que forman estructuras verticales que llegan a los 7 m de altura. A continuación (Tabla 1) se presenta la composición proximal del banano: Tabla 1.1: Composición proximal del banano entero.

Nutrientes	Banano Entero	
	Verde %	Maduro %
Humedad	79.1	80.38
Proteína Cruda	3.9	2.6
Almidón	20.1	1.2
Celulosa	7.54	0.92
Azúcares (Sacarosa, glucosa, fructosa)	1.6	20.6
Cenizas	1.06	1.08

(Lusty y Sharrock, 2000)

La cáscara del banano es fuente de compuestos antioxidantes tales como vitamina C, vitamina E y beta carotenos (Someya, et. al 2002). Sin embargo también existen otros compuestos altamente antioxidantes que están presentes en la cáscara los cuales presentan grandes beneficios para el consumidor (Intriago y Paz, Diciembre 2000). Entre los compuestos bio activos de mayor interés y estudio dentro de las plantas musáceas están los alcaloides, flavonoides, taninos y compuestos fenólicos. Hoy en día científicos se focalizan en investigar metabolitos secundarios presentes en distintas variedades de plantas con el fin de encontrar nuevas medicinas que ayuden a combatir ciertas enfermedades muy comunes en los seres humanos. En varias culturas se han usado las plantas y hojas del género musáceo para combatir y aliviar disentería, diabetes, diarrea, problemas del corazón y problemas de estómago (Mahmood, et. al., 2001).

Estudios hechos anteriormente (Kähkönen et al. 2001) muestran el efecto benéfico de los compuestos fenólicos en la salud humana, como por ejemplo su poder antimutagénico, anticancerígeno, antienvjecimiento, molusquicidas, antihelmínticas, antihepatotóxicas, antiinflamatorias, antidiarreicas, antiúlceras, antivirales, antialérgicas y vasodilatadoras. Evidencia epidemiológica ha demostrado que el consumo regular de frutas y verduras aporta al ser humano estos compuestos que protegen especialmente al sistema inmunológico. “Se ha probado, tanto

epidemiológica, así como experimentalmente, la relación existente entre una ingesta aumentada de antioxidantes en la dieta, así como de vitaminas C y E, y β caroteno con la prevención de la enfermedad coronaria” (Paladino, 2011). Así también el consumo de flavonoides y otros polifenoles provenientes de la dieta reducen el riesgo de padecer ciertos tipos de cáncer y enfermedades coronarias (ECV). Este tipo de estudios epidemiológicos, acerca de los antioxidantes ha sido realizado principalmente con uvas, donde se ha probado que inhiben la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL). Sin embargo existe una variedad muy amplia de frutas que brindan este tipo de componentes benéficos, solo por mencionar algunas: arándanos, frambuesas, frutillas, cacao, banano, cítricos, entre muchas otras.

Los fenoles son compuestos que están asociados al color, características sensoriales (sabor, astringencia, dureza), y propiedades antioxidantes de los alimentos de origen vegetal. El poder antioxidante de los compuestos fenólicos se debe a la reactividad del grupo fenol. Dentro de la naturaleza existen aproximadamente 8000 compuestos fenólicos.

Los distintos compuestos fenólicos se dividen según el número de sub-unidades fenólicas que poseen. Así por ejemplo los flavonoides son polifenoles que contienen al menos 2 sub-unidades, mientras que los taninos son polifenoles que al menos contienen 3 o más sub-unidades fenólicas. “Los taninos son sustancias fenólicas, resultado de la combinación de una molécula de azúcar, generalmente glucosa, con un número variable de moléculas de ácidos fenólicos, ácido gálico o su dímero y que tienen la habilidad de formar complejos con proteínas, polisacáridos, ácidos nucleicos y esteroides” (Velásquez, 2004). La actividad antioxidante de los distintos grupos presentes en los polifenoles depende de su estructura individual, del número de oxidrilos y del peso molecular. Los taninos al ser polifenoles poliméricos tienen una mayor actividad antioxidante que los fenoles monoméricos (Paladino, 2011).

El comparar las distintas variedades de banano en cuanto a su contenido de compuestos fenólicos totales y taninos, presentes en la cáscara, puede servir como punto de partida para la utilización de corteza de banano en el desarrollo de productos funcionales que protejan al consumidor de enfermedades coronarias y otras anteriormente mencionadas. Si bien existen estudios que identifican los polifenoles presentes en la variedad *Musa Cavendish* (Mahmood, et al., 2011), no existe un estudio sobre el contenido de polifenoles en otras variedades de plátano así como tampoco hay comparaciones del tipo de polifenoles presentes en plátano. El objetivo del presente estudio es comparar el contenido de polifenoles totales en equivalentes de ácido gálico y taninos de tres variedades de plátano dentro del género de las musáceas durante el proceso de maduración de la fruta.

2 **Objetivos:**

2.1 Objetivo general:

- Comparar el contenido de compuestos fenólicos totales y taninos presentes en tres variedades de plátano (*Musa cavendish*, *Musa acuminata* y *Musa cavandanaish*) a lo largo de su proceso de maduración.

2.2 Objetivos específicos:

- Cuantificar la presencia de compuestos fenólicos totales expresados como equivalentes de ácido gálico presentes en la corteza de tres variedades de plátano (*Musa Cavendish*, *Musa acuminata* y *Musa cavandanaish*).
- Cuantificar la presencia de taninos expresados como equivalentes de ácido tánico presentes en la corteza de tres variedades de plátano (*Musa Cavendish*, *Musa acuminata* y *Musa cavandanaish*).
- Comparar la cantidad de equivalentes de ácido gálico y equivalentes de ácido tánico entre las tres variedades.
- Ver el efecto de la maduración de la fruta en los contenidos de compuestos fenólicos y taninos.
- Familiarizarse con una metodología nueva que podría ser utilizada en el laboratorio de alimentos de la Universidad San Francisco de Quito.

3 **Hipótesis:**

Existe diferencia en el contenido de equivalentes de ácido gálico y de equivalentes de ácido tánico en las tres variedades de plátano estudiadas a lo largo de su proceso de maduración.

4 **Metodología:**

4.1 Materiales y reactivos:

4.1.1 Materia prima:

- El plátano verde (*Musa cavendish*), plátano orito (*Musa acuminata*) y plátano maqueño (*Musa cavandaneish*) fueron obtenidos en Sto. Domingo, Ecuador.

4.1.2 Reactivos:

- Los estándares de ácido gálico y ácido tánico fueron de grados analíticos y obtenidos de la compañía Merck.
- El etanol fue del 95% de pureza.
- Reactivo de Folin-Ciocalteu también fue obtenido de la compañía Merck.

4.1.3 Estudio de maduración:

Para definir los días de corte de las variedades de plátano, se almacenó un racimo de la variedad *Musa cavendish* en una cámara de estudio a 35°C. Se midió los °Brix todos los días para así formar la curva de maduración y elegir los días indicados para realizar el estudio. Los °Brix se midieron hasta que empezaron a descender en su contenido.

4.2 Métodos Analíticos:

4.2.1 Determinación de sólidos totales:

La determinación se la realizó basada en el método de Dadzie et al. (1997). Se licuó 30g de pulpa de la muestra de plátano en 90mL de agua destilada durante 2 minutos y se filtró. Se tomó una gota del filtrado la misma que se examinó con el refractómetro ABBE (Fisher Scientific, modelo 334620, Estados Unidos) para la lectura de los °Brix. El valor obtenido fue multiplicado por 3 debido a la dilución inicial de la muestra.

4.2.2 Preparación de la corteza y extracción de polifenoles:

Fue realizó de acuerdo el método propuesto por Mahmood et al. (2011). Se separó la corteza de la fruta cortándose en pequeños pedazos para su posterior secado en una estufa (Precision, modelo 45EG, Estados Unidos) a 40°C durante 2 días (humedad constante de aproximadamente el 3%). Luego del secado, las muestras fueron molidas usando un molino (Toastermaster, modelo 119, China) hasta obtener un polvo fino de aproximadamente 170µm.

Se tomaron 15 g de la corteza en polvo y fueron disueltas en 150mL de etanol (95%), la mezcla quedó en maceración durante 24 horas a temperatura ambiente y con agitación constante. El filtrado obtenido fue evaporado en un rota vapor (BUCHI, modelo R-200, Suiza) hasta obtener un residuo seco.

4.2.3 Determinación de compuestos fenólicos totales:

Fue realizado de acuerdo al método de Folin-Ciocalteu propuesto por Mahmood et al. (2011). Se tomaron 0.1 g de la corteza en polvo previamente aislada la cual se mezcló con 5 mL de etanol (95%) y se aforó a 100 mL con agua destilada. Con esto se obtuvo una solución stock

con una concentración de 1 mg/mL de muestra. Se tomaron 0.4 mL de la solución stock y se añadieron 2 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu, y se dejó reposar 5 minutos. A la mezcla se adicionaron 4 mL de carbonato de sodio al 5%, y se aforó hasta 25mL con agua destilada y se dejó en la oscuridad durante 1 hora. La absorbancia de la solución resultante se midió a 725 nm en el espectrofotómetro (ThermoSpectronic, modelo Genesys 10uv, Estados Unidos). Para la cuantificación de compuestos fenólicos totales se empleó una curva de calibración obtenida con ácido gálico como estándar desde una concentración de 0 mg/mL hasta 0.401 mg/mL. Todos los experimentos fueron realizados por triplicado y los resultados obtenidos se expresaron en mgGAE (equivalentes de ácido gálico)/100g de corteza (b.s).

4.2.4 Determinación del contenido de taninos:

Fue realizado de acuerdo al método propuesto por Mahmood et al (2011). La solución estándar de ácido tánico se preparó disolviendo 10 mg de ácido tánico en 100 mL de agua destilada. Paralelamente se preparó una curva de calibración mediante el uso de estándares de ácido tánico en el rango de 0-2.5 mL. A dichas soluciones se les añadió 1.25 mL del reactivo de Folin Ciocalteu y 2.5 mL de carbonato de sodio al 5%. Se aforó a 25 mL con agua destilada y el color se midió luego de 30 minutos a 760 nm.

Las muestras se prepararon añadiendo 1g del polvo de corteza, previamente preparados en 80 mL de agua destilada, mezcla que se llevó a ebullición durante 30 minutos. La mezcla se enfrió y se aforó hasta 100 mL. Posteriormente se filtró utilizando papel filtro (Macherey Nagel, Modelo MN 617, Alemania) y se tomó una alícuota de 1 mL del filtrado y procedió de manera análoga como se trabajó con las soluciones estándar de ácido tánico. Los resultados obtenidos se expresaron en g de ácido tánico (TAE) por 100g de corteza (b.s). Todos los experimentos fueron realizados por triplicado.

5 **Diseño experimental:**

El experimento se realizó mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 3^2 correspondiente a la combinación de 2 factores con 3 niveles cada uno.

Los factores fueron:

- Factor A: Variedades de plátano
 - Variedad 1: *Musa cavendish* (banano)
 - Variedad 2: *Musa acuminata* (orito)
 - Variedad 3: *Musa cavandanaish* (maqueño)

- Factor B: Estado de Maduración

Maduración 1: 2 días luego del corte a 35°C.

Maduración 2: 6 días luego del corte a 35°C.

Maduración 3: 10 días luego del corte a 35°C.

Las variables de respuesta fueron:

- Variable 1: los sólidos solubles totales expresados en porcentaje de °Brix.
- Variable 2: el contenido de compuestos fenólicos totales, expresados en g de GAE/100g de corteza (b.s.).
- Variable 3: el contenido de taninos, expresados en g de TAE/100g de corteza (b.s.).

Tabla 5.1.1 Tratamientos entre variedad de banano y estado de maduración.

Tratamiento	Simbología
<i>Musa cavendish</i> , 2 días luego del corte	a1b1
<i>Musa cavendish</i> , 6 días luego del corte	a1b2
<i>Musa cavendish</i> , 10 días luego del corte	a1b3
<i>Musa acuminata</i> , 2 días luego del corte	a2b1
<i>Musa acuminata</i> , 6 días luego del corte	a2b2
<i>Musa acuminata</i> , 10 días luego del corte	a2b3
<i>Musa cavandanaish</i> , 2 días luego del corte	a3b1
<i>Musa cavandanaish</i> , 6 días luego del corte	a3b2
<i>Musa cavandanaish</i> , 10 días luego del corte	a3b3

5.1 Método estadístico:

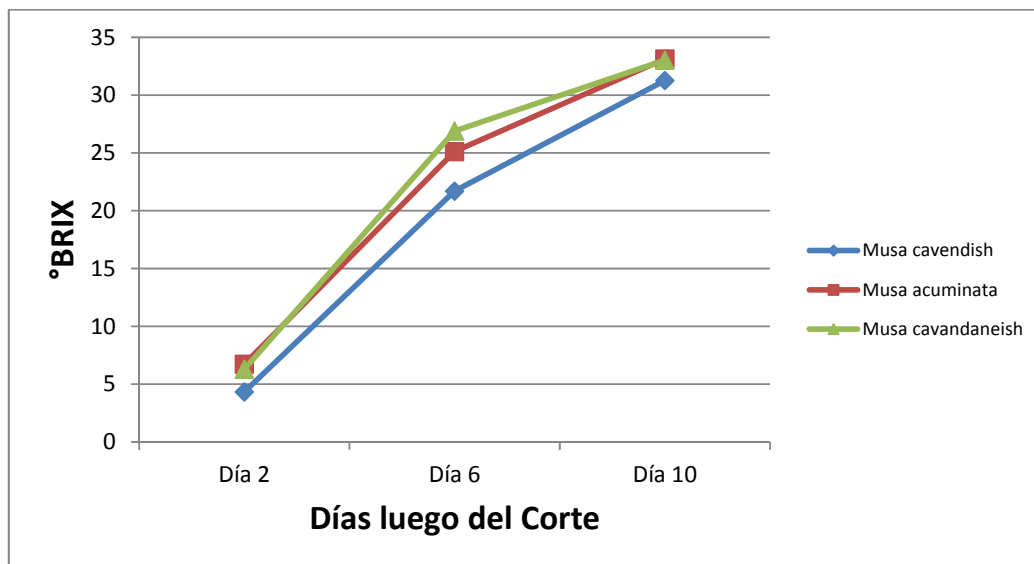
Los datos fueron analizados mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) y la prueba de separación de medias TUKEY.

6 Resultados y Discusión:

6.1.1 Porcentaje de Sólidos Solubles Totales (°Brix):

Como se presenta la figura 6.1.1 para las tres variedades de plátano existió un incremento en su contenido de azúcares desde el día 2 hasta el día 10, siendo la variedad *Musa acuminata* la que presentó las medias más altas para las 3 etapas de maduración. La figura 6.1.1 muestra que el mayor incremento en la producción de azúcares ocurrió entre el día 2 y el día 6.

Figura 6.1.1. Contenido de °Brix durante los diferentes días luego del corte



Según Arcila et al., (2002) el valor de °Brix en la variedad de plátano Dominico-Hartón oscila entre 6,2 y 32,2. Se puede ver que los valores están muy similares con los encontrados en el presente estudio. Otro estudio realizado por Buitrago y Escobar (2009) muestra que el contenido de sólidos solubles totales (°Brix) va desde 17% en el día 0 hasta 27% en el día 20 a 20°C. En este caso si hay diferencia en el contenido de azúcares con los encontrados en el presente estudio, especialmente en los primeros días de la maduración. En cuanto a la diferencia del valor máximo reportado por Buitrago y Escobar con el encontrado en el presente estudio, puede deberse a la variedad y los días de maduración.

Tabla 6.1.1 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de sólidos solubles totales en los tratamientos.

Fuentes	GL	SC	CM	F cal.	F esp. (0,05)
TOTAL	26	3449,21			
(TRATAM.)	8	3441,57	430,20	1014,62*	2,51
Variedad (A)	2	46,87	23,44	55,28*	3,55
Estado de maduración (B)	2	3383,19	1691,60	3989,62*	3,55
Interacción AxB	4	11,51	2,88	6,80*	2,93
ERROR EXP.	18	7,64	0,424		

* Significación al 5% de probabilidad por la prueba F

Los datos de ANOVA muestran que si existió un efecto en el contenido de sólidos solubles totales debido a la variedad de plátano, al estado de maduración y la interacción de los mismos, usando un nivel de confianza del 95%. Existió diferencia estadística entre los tratamientos. Los datos tienen un CV del 3,11% lo cual es muy bueno ya que el estudio fue realizado en el laboratorio bajo condiciones controladas, tomando en cuenta que hasta el 7% se maneja en condiciones similares (DANE, 2005). Según Arcila et al., menciona que la razón por la cual los valores de sólidos solubles totales son tan bajos durante el periodo de crecimiento de los frutos es debido a que la síntesis de almidón es intensa y progresiva hasta alcanzar el fruto su madurez fisiológica. Durante la maduración de la fruta hay una degradación rápida del almidón acumulándose azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa. “El metabolismo de carbohidratos puede ser alterado bajo ciertas condiciones ambientales como la exposición a la temperatura” Linaza (1976).

En la tabla 6.1.2 se presenta las medias de los diferentes tratamientos en el contenido sólidos solubles totales de los tratamientos.

Tratamiento	Contenido de Sólidos Solubles (%)
a2b3	33,13 a
a3b3	33,03 a
a1b3	31,27 a
a3b2	26,90 b
a2b2	25,13 b
a1b2	21,70 c
a2b1	6,73 d
a3b1	6,30 d
a1b1	4,33 e

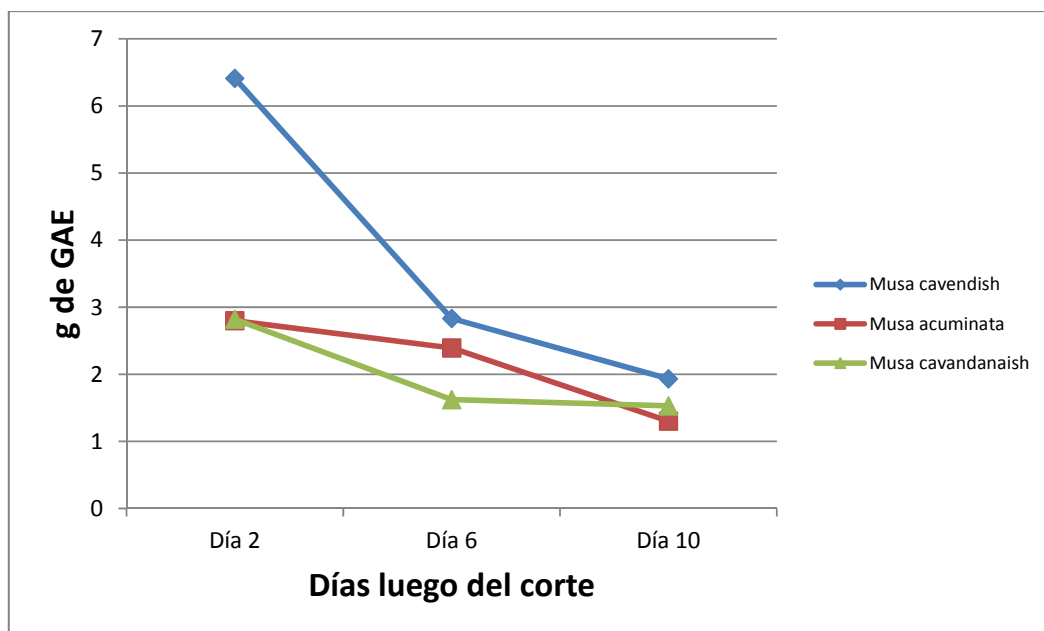
Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5 % de probabilidad por la prueba de TUKEY. $T=1,88$.

Como se observa en la tabla 6.1.2 no existió diferencia estadística entre las medias de los tratamientos a1b3, a3b3 y a2b3 los cuales corresponden a *Musa cavendish*, *Musa cavandaneish* y *Musa acuminata* respectivamente en el décimo día de maduración. Los tratamientos a2b2 y a3b2 (*Musa cavandaneish* y *Musa acuminata*, sexto día) fueron estadísticamente iguales. El tratamiento a1b2 que es de *Musa cavendish* si fue diferente estadísticamente a las dos anteriores. Los tratamientos a3b1 y a2b1 (*Musa cavandaneish* y *Musa acuminatal* respectivamente del segundo día) fueron estadísticamente iguales. Finalmente el tratamiento a1b1 (*Musa cavendish* en el segundo día de maduración) fue estadísticamente diferente del resto.

6.2.1 Contenido de compuestos fenólicos totales expresado en equivalentes de ácido gálico (GAE):

En la figura 6.2.1 se muestra el efecto de la maduración en el contenido de GAE de las tres variedades de plátano. En el caso de *Musa cavendish* se puede ver que el mayor descenso en el contenido de GAE ocurrió entre el segundo y el sexto día. En el caso de las variedades *Musa acuminata* y *Musa cavandanaish* las diferencias entre el segundo y sexto día fueron menores. Para la variedad de *Musa acuminata*, la figura muestra, que el mayor descenso ocurrió entre el sexto y el décimo día. Por el otro lado, la figura 6.2.1 muestra que la variedad de *Musa cavandaneish* al igual que la variedad *Musa cavendish*, el mayor descenso ocurrió entre el día 2 y el día 6, pero luego el contenido de GAE permaneció constante.

Figura 6.2.1. Contenido de GAE g/100g de Corteza (b.s.).



Según Canales (2009) en el proceso de maduración de las frutas ocurre una oxidación de los compuestos fenólicos hacia la formación de quinonas, catalizada por las enzimas polifenol oxidasa, lo que produce un pardeamiento en los frutos y una ruptura en la estructura de estos compuestos.

Tabla 6.2.1 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de polifenoles totales (GAE) en los tratamientos.

Fuentes	GL	SC	CM	F cal.	F esp. (0,05)
TOTAL	26	58,396			
(TRATAM.)	8	56,798	7,099	79,764*	2,51
Variedad (A)	2	16,421	8,210	92,247*	3,55
Estado de maduración (B)	2	27,997	13,998	157,28*	3,55
Interacción AxB	4	12,380	3,095	34,774*	2,93
ERROR EXP.	18	1,598	0,089		

* Significación al 5% de probabilidad por la prueba F

Los datos de ANOVA muestran que existió diferencia estadística para los diferentes tratamientos usando un nivel de confianza del 95%. Con estos resultados se puede decir que si existió un efecto en el contenido de polifenoles totales (GAE) entre las diferentes variedades de plátano y en los distintos estados de maduración. Los datos tienen un CV del 11,36%. Este valor es un poco elevado para ser un estudio de investigación realizado en el laboratorio bajo condiciones controladas, sin embargo esto se debe a que los valores del tratamiento a1b1 tienen una media que es significativamente más alta que el resto de tratamientos.

Mahmood et al. (2011), reporta un contenido promedio de GAE de 5,83g/100g de muestra en la planta de *Musa paradisiaca*. Este valor es similar con el promedio obtenido el día 2 en la variedad *Musa cavendish*, sin embargo hay que tomar en cuenta que el estudio realizado por Mahmood et al., fue hecho sobre la planta de *Musa paradisiaca* mas no en la corteza del banano. En otro estudio realizado por Fariza, et. al. (2011), se reporta un contenido máximo de GAE de 7,64g/100g de muestra (b.s.) en la corteza de banano (*Musa spp.*), lo que es similar a los valores máximos encontrados en el presente estudio. En el mismo estudio de Fariza, et al., se menciona que los compuestos fenólicos se encuentran a nivel celular en las vacuolas separados de enzimas oxidativas, y que el proceso de secado hace que colapse esta estructura y sea más fácil la cuantificación de los compuestos fenólicos. Sin embargo el proceso de secado no puede ser realizado a temperaturas mayores a 60°C ya que puede haber una desnaturalización y un

rompimiento a compuestos de menor tamaño, con lo que dificultaría la cuantificación de compuestos fenólicos totales y taninos (Oboh, 2005).

En la tabla 6.2.2 se presenta las medias de los diferentes tratamientos en el contenido polifenoles totales (GAE) de los tratamientos.

Tratamiento	Contenido de polifenoles totales (g GAE/100 g corteza b.s.)
a1b1	6,411 a
a1b2	2,832 b
a3b1	2,821 b
a2b1	2,799 b
a2b2	2,393 cb
a1b3	1,934 dc
a3b2	1,623 dc
a3b3	1,531 dc
a2b3	1,302 d

Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5 % de probabilidad por la prueba de TUKEY. T=0,853.

Como se observa en la tabla 6.2.2 el tratamiento a1b1 el cual corresponde a *Musa cavendish* en el segundo día de maduración es estadísticamente diferente al resto de tratamientos y la mayor de todos. Los tratamientos a1b2, a3b1 y a2b1 los cuales corresponden a *Musa cavendish* día 6, *Musa cavandanaish* día 2 y *Musa acuminata* día 2 no presentaron diferencia estadística en el contenido de polifenoles. Los tratamientos a2b2, a1b3, a3b2 y a3b2 correspondientes a *Musa acuminata* día 6, *Musa cavendish* día 2, *Musa cavandaneish* día seis y diez son estadísticamente iguales. Finalmente el tratamiento a2b3 correspondiente a *Musa acuminata* en el día diez de maduración, presentó un contenido de polifenoles menor y diferente al resto de tratamientos.

La corteza de *Musa cavendish* es fuente de polifenoles, por ende se podría utilizar como materia prima para la extracción y posterior utilización en diferentes industrias tales como alimentos, cosméticos y fármacos. Para la obtención de mayores cantidades de polifenoles es preciso realizar la extracción mientras la fruta no empieza su maduración organoléptica.

6.3.1 Contenido de taninos totales expresados como equivalentes de ácido tánico (TAE):

La figura 6.3.1 muestra el efecto de la maduración en el contenido de TAE de las tres variedades de plátano. La tendencia que siguen las tres variedades de plátano es muy similar. El descenso en el contenido de TAE fue prácticamente lineal durante las tres etapas de maduración. La figura muestra que la variedad *Musa acuminata* fue la que presentó los menores contenidos de TAE en las tres etapas de maduración de la fruta.

Figura 6.3.1. Promedios de g TAE/100g de corteza (b.s.).

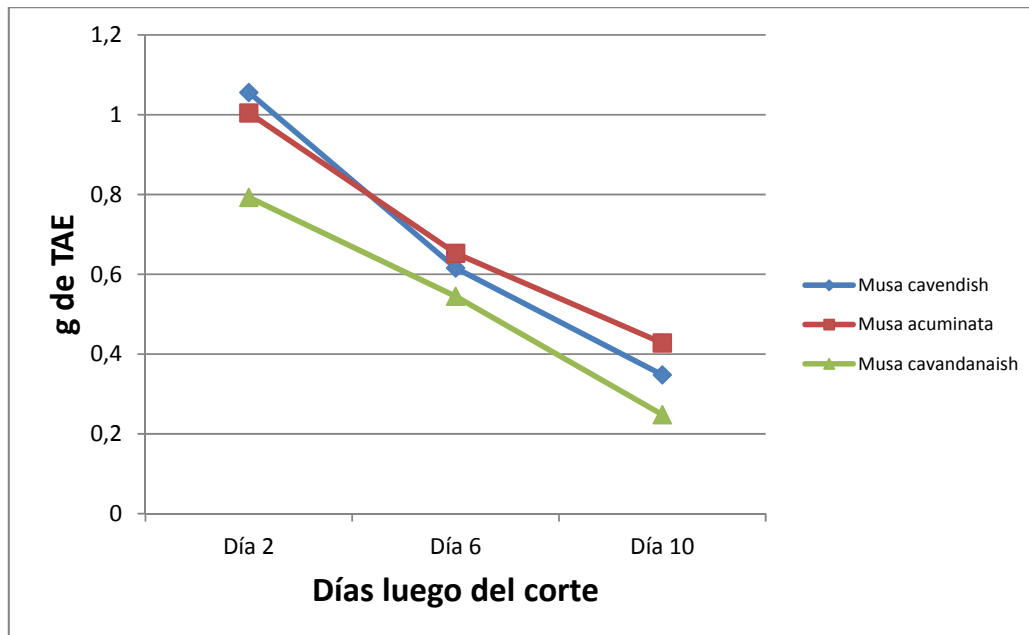


Tabla 6.3.1 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de taninos totales (TAE) en los tratamientos.

Fuentes	GL	SC	CM	F cal.	F esp. (0,05)
TOTAL	26	1,890			
(TRATAM.)	8	1,867	0,233	179,231*	2,51
Variedad (A)	2	0,147	0,074	56,923*	3,55
Estado de maduración (B)	2	1,683	0,842	647,692*	3,55
Interacción AxB	4	0,037	0,009	6,923*	2,93
ERROR EXP.	18	0,023	0,0013		

* Significación al 5% de probabilidad por la prueba F

Los datos de ANOVA muestran que si existió diferencia estadística para los diferentes tratamientos y la interacción entre ellos usando un nivel de confianza del 95%. Con estos resultados se puede decir que si existe un efecto en el contenido de taninos (TAE) entre las diferentes variedades de plátano y en los distintos estados de maduración. El C.V. del los datos es de 5,705% lo cual es ideal, ya que la investigación fue realizada en el laboratorio bajo condiciones controladas (DANE, 2005).

En el estudio realizado por Mahmood et al. (2011), reporta un contenido promedio de TAE de 88,31mg/100g de corteza (b.s.) en la planta de *Musa paradisiaca*. Este valor es mucho menor que los valores encontrados en el presente estudio los cuales oscilan entre 0,248 y 1,055g TAE/100g de corteza (b.s.) entre las tres variedades de plátano. El estudio realizado por Mahmood et al., se enfocó en la planta de *Musa paradisiaca*, mientras que el presente estudio fue focalizado en la corteza de las distintas variedades. En otro estudio realizado Vipa y Chidchom (1991), reportan el contenido de taninos en extractos de la corteza de *Musa paradisiaca* en distintas etapas de maduración. En su etapa de maduración 1 el contenido de taninos es de 3,5g TAE/100g de corteza (b.s.), mientras que en la etapa de maduración 6 el contenido de taninos es de 1,1 g TAE/100g de corteza (b.s.). Los resultados obtenidos en el presente estudio son menores comparados con la referencia. En el estudio de Vipa y Chidchom (1991) su contenido más bajo de TAE obtenido en el estado de maduración 6 (1,1g TAE/100g de corteza b.s.) es similar con el mayor contenido encontrado en el presente estudio. Esta diferencia en los contenidos de taninos

puede deberse a que son dos variedades diferentes de fruta y las condiciones y estados de maduración son distintos con los del presente estudio.

En la tabla 6.3.2 se presenta las medias de los diferentes tratamientos en el contenido taninos totales (TAE) de los tratamientos.

Tratamiento	Contenido de taninos totales (g TAE/100g corteza b.s.)
a1b1	1,056 a
a2b1	1,005 a
a3b1	0,793 b
a2b2	0,653 c
a1b2	0,616 dc
a3b2	0,545 d
a2b3	0,428 e
a1b3	0,348 fe
a3b3	0,248 f

Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5 % de probabilidad por la prueba de TUKEY. T=0,104.

Como se observa en la tabla 6.3.2 los tratamientos a1b1 y a2b1 correspondientes a *Musa cavendish* y *Musa acuminata* en el segundo día de maduración son estadísticamente iguales y los que mayor contenido de taninos tuvieron.

La corteza de *Musa cavendish*, *Musa acuminata* y *Musa cavandanaish* son fuente de taninos, por lo que se podría utilizar estas frutas como materia prima para extraer estos compuestos. Se debe tomar en cuenta que para obtener mejores rendimientos en la extracción de taninos es proceso debe ser realizado antes de que la fruta alcance su madurez organoléptica. Siendo que estas frutas son comúnmente utilizadas como fuente de alimento para animales especialmente para vacunos, se debe tomar en cuenta los taninos forman complejos insolubles con las proteínas lo que resulta un bajo nivel de crecimiento, baja digestibilidad de proteína y disminución de amino ácidos

(Calderón y Latorre, 1998). Si se utiliza estas frutas como fuente de alimentación animal se debe dejar madurar la fruta, para que haya un aumento de azúcares y una disminución en el contenido de taninos.

7. Conclusiones:

- Se logró comparar el contenido de compuestos fenólicos totales (GAE) y taninos (TAE) en la cáscara de tres variedades de plátano (*Musa Cavendish*, *Musa acuminata* y *Musa cavandanaish*).
- Existió diferencia en el contenido de compuestos fenólicos totales (GAE) y taninos (TAE) entre las tres variedades de plátano en los distintos estados de maduración.
- La variedad *Musa cavendish* fue la que presentó el mayor contenido de polifenoles totales (GAE) en la corteza.
- La variedad *Musa cavendish* fue la que presentó el mayor contenido de taninos totales (TAE) en la corteza, sin embargo no hubo diferencia estadística con el contenido de taninos presentes en la variedad *Musa acuminata*.
- Conforme aumentó el tiempo de maduración aumentó el contenido de sólidos solubles totales en la pulpa de las tres variedades de plátano y, simultáneamente el contenido de compuestos fenólicos totales (GAE) y taninos totales (TAE) fue disminuyendo.
- La corteza de *Musa cavendish* es fuente de compuestos fenólicos totales (GAE), cuando está en sus primeros estados de madurez organoléptica.
- Se puede adoptar los métodos descritos en este trabajo, para realizar estudios de contenidos de compuestos fenólicos totales (GAE) y taninos totales (TAE) en el laboratorio de análisis de los alimentos.

8. Recomendaciones:

- Identificar por medio de HPLC la estructura química de los taninos presentes en la corteza de *Musa cavendish*, *Musa acuminata* y *Musa cavandanaish* para poder comparar con los taninos presentes en otras frutas.
- Realizar un estudio de factibilidad y ver si es rentable la extracción, purificación y futura comercialización de los compuestos antioxidantes presentes en la corteza del plátano.
- Realizar pruebas para ver los efectos de los compuestos fenólicos presentes en la corteza del banano en diferentes productos de industrias alimenticias, cosméticas y farmacéuticas.
- Informar, por medio de publicaciones, a los ganaderos que el uso el banano como suplemento alimenticio para ganado bovino genera problemas en el crecimiento del animal.
- Implementar la metodología descrita para la cuantificación de compuestos fenólicos totales y taninos en el laboratorio de análisis de alimentos de la Universidad San Francisco de Quito.

9 Bibliografía:

- 1 Alvarez, et. al., *Enriquecimiento Protéico del Banano de Rechazo por fermentación Sólida para Alimento Animal*". Public Asesores. Quito- Ecuador.
- 2 Arteaga, María. *Análisis Estadístico de la producción bananera en el Ecuador*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Instituto de ciencias Matemáticas. En <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4102/1/6630.pdf> 2000
- 3 Arcila, et.al., *Cambios físicos y químicos durante la maduración del plátano dominico-hartón (Musa AAB Simmonds) en la región cafetera central colombiana*. Asosación de Bananeros de Colombia AUGURA. Cartagena. 2002. En http://www.musalit.org/pdf/IN030078_es.pdf. Consultado el 14 de septiembre de 2012
- 4 Buitrago Jonathan, Escobar Angélica. *Aplicación de levadura Candida spp. Como una alternativa viable para la retardación en la pudrición del banano (musa acuminata)*. En <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis211.pdf> consultado el 10 de octubre de 2012.
- 5 Calderón, Cesar Augusto y Latorre Sergio José. *Evaluación fisiológica y nutricional del efecto de los taninos en los principales sorgos graníferos cultivados en Colombia*. Corpoica. Bucaramanga. 1998.
- 6 Canales, Martín. *Determinación de la concentración de polifenoles totales en frutos de ají (Capsicum annum)*. Universidad Católica de Temuco. Temuco. 2009.
- 7 Dato estadísticos agropecuarios. Resumen Ejecutivo. *Sistema estadístico agropecuario nacional SEAN*. INEC. <http://www.inec.gob.ec/estadisticas/> consultado el 15 de octubre de 2011.
- 8 Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). *Estimación e Interpretación del coeficiente de variación de la encuesta censal*. En http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/est_interp_coefvariacion.pdf consultado el 24 de enero de 2013.

- 9 Fariza S., et al., *Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian bananas (Musa sp.)*. Journal of Food composition and Analysis. Vol 24. pp. 1-10. 2011.
- 10 Intriago, Frank y Paz, Sergio. *Ensilaje de cáscara de banano maduro con microorganismos eficaces como alternativa de suplemento para ganado bovino*. Universidad Earth. Costa Rica. 2000
- 11 Kähkönen, Marja; Anu I. Copia and Marina Heinonen. *Berry fenolics and their Antioxidant activity*. J. Agric. Food Chem. Vol. 49, 4076 – 4082. 2001
- 12 *La economía mundial del banano 1985-2002*. En <http://www.fao.org/docrep/007/y5102s/y5102s05.htm> . versión pdf. consultado el 17 de octubre 2011.
- 13 Ledesma, Eduardo. *La Industria Bananera Ecuatoriana Año 2010*. Guayaquil. 2010.
- 14 Linaza, A., Quantitative evolution of sugars in bananas fruit ripening at normal to elevated temperatures. *Acta Horticulturae* 57. pp163-173. 1976.
- 15 Lusty,C., Sharrock, S., *Nutritive value of banana*. INIBAP. Montpellier, 2000. Pp. 28-31.
- 16 Mahmood A., et al., *Phytochemicals constituent and antioxidant activities in musa x paradisiaca flower*. *European journal of scientific journal research*. Vol. 66. Pp. 331-318. 2011
- 17 Oboh, G. *Effect of blanching on the antioxidant properties of some tropical green leafy vegetables*. *Journal of Food Science and Technology*. 2005.
- 18 Sinichi Someya, Yumiko Yoshiki, Kazuyoshi Okubo. *Antioxidant Compounds from Bananas (Musa Cavendish)*. *Food Chemistry* 79 (351-354). 2002.
- 19 Padilla, Manuel. *Utilización del banano de rechazo en la alimentación de cerdos*. En <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00139.PDF>. Consultado el 5 de septiembre de 2012.

- 20 Paredes, Anabel. *Obtención de enzimas celulasas a partir de hongos (Pleurotus ostreatus, Pleurotus pulmonarius y Lentinula edodes) Utilizando como sustratos los residuos del cultivo del banano (Musa cavendish)*. Universidad Técnica de Ambato. Ambato. 2010.
- 21 Paladino, Silvia Cristina. *Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos contenidos en las semillas de la vid (Vitis vinifera L.)*. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias
- 22 PRO ECUADOR. Instituto de Promoción de Exportación e Inversiones. *Análisis sectorial del Banano 2011*. Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio e Integración. 2011.
- 23 Velásquez, Ángela María. *Extracción de taninos presentes en el banano verde*. Revista Lasallista. Antioquia. 2004. en <http://www.nshtvn.org/ebook/molbio/Current%20Protocols/CPFAC/fai0101.pdf>. Consultado el 10 de julio de 2012.
23. Vipa S., y Chidchom H., *Extraction of tannin from banana peel*. Institute of food research and product development. Kasetsart University. Bangkok. en http://kasetsartjournal.ku.ac.th/kuj_files/2008/A0805111732508125.pdf consultado el 14 de3 octubre de 2012.

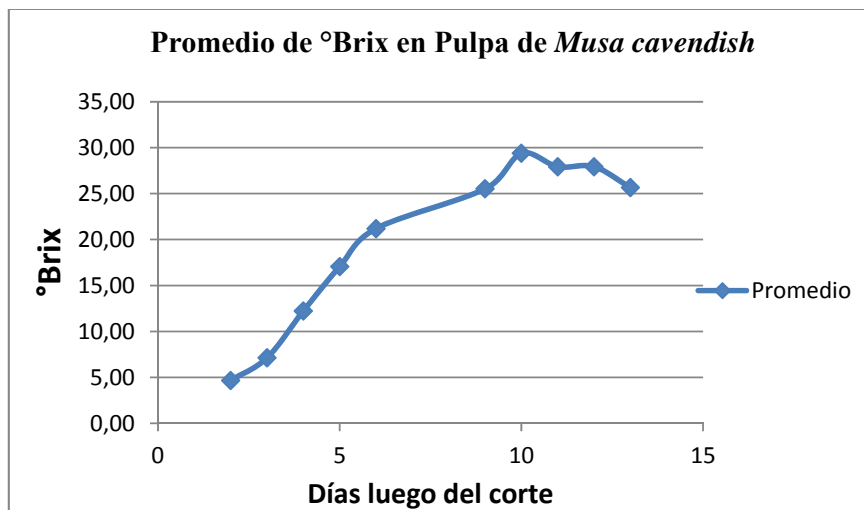
10. ANEXOS:

10.1 ANEXO 1: Maduración del Plátano

Tabla 10.1.1 Medición de °Brix en la pulpa de *Musa cavendish*.

Días luego del corte	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
2	4,8	4,3	4,9	4,67
3	6,9	7,2	7,3	7,13
4	12,6	12,0	12,1	12,23
5	16,6	17,5	17,1	17,07
6	20,6	21,8	21,2	21,20
9	26,6	24,8	25,2	25,53
10	28,9	30,1	29,2	29,40
11	28,2	27,6	28,0	27,93
12	27,5	28,6	27,7	27,93
13	25,3	25,7	26,0	25,67

Figura 10.1.1



Fotografía 10.1.1 *Musa cavendish* luego de 2 días de corte



Fotografía 10.1.2 *Musa acuminata* luego de 3 días de corte.



Fotografía 10.1.3 *Musa cavandanaish* luego de 2 días de corte



Fotografía 10.1.4 *Musa cavendish* luego de 6 días de corte



Fotografía 10.1.5 *Musa acuminata* luego de 6 días de corte



Fotografía 10.1.6 *Musa cavandanaish* luego de 6 días de corte



Fotografía 10.1.7 *Musa cavendish* luego de 10 días de corte

1	4,1	21,2	29,8	7,1	25,3	32,4	6,4	26,4	32,5	
2	4,7	22,3	32,3	6,7	25,8	33,6	6,1	26,9	33,6	
3	4,2	21,6	31,7	6,4	24,3	33,4	6,4	27,4	33	
Totales	13	65,1	93,8	20,2	75,4	99,4	18,9	80,7	99,1	565,6
Promedios	4,33	21,70	31,27	6,73	25,13	33,13	6,30	26,90	33,03	20,95

Tabla 10.2.3 Tabla auxiliar para totales de niveles A y B:

		B			ΣA	- A
		b1	b2	b3		
A	a1	13,00	65,10	93,80	171,90	19,10
	a2	20,2	75,4	99,4	195,00	21,67
	a3	18,9	80,7	99,1	198,70	22,08
ΣB		52,10	221,20	292,30	565,6	
- B		5,79	24,58	32,48		20,95

Tabla 10.2.4 Promedios de sólidos solubles en las tres variedades de plátano

Variedad Plátano	Promedios Sólidos Solubles (%°Brix)		
	Día 2*	Día 6*	Día 10*
<i>Musa cavendish</i>	4,33	21,7	31,27
<i>Musa acuminata</i>	6,73	25,13	33,13
<i>Musa cavandaneish</i>	6,3	26,9	33,03

* Días luego del corte

Cálculos Básicos:

- $FC = 565,6^2/27 = 11848,27$
- $SC_{Tot} = 15297,48 - FC = 3449,21$
- $SC_{TRAT} = (45869,52/3) - FC = 3441,57$
 - $SC_A = (107056,3/9) - FC = 46,87$
 - $SC_B = (137083,14/9) - FC = 3383,19$
 - $SC_{AB} = SC_{TRAT} - SC_A - SC_B = 11,51$
- $SC_{EE} = SC_{TOT} - SC_{TRAT} = 7,64$
- $Sy = \sqrt{\frac{0,424}{3}} = 0,38$
- $Sd = \sqrt{\frac{2(0,424)}{3}} = 0,53$
- $T = Qp \times Sy$

8. $T = 4,96 \times 0,38 = 1,88$

9. $CV = \frac{\sqrt{0,424}}{20,95} \times 100 = 3,11\%$

10.3 Anexo 3: Contenido de polifenoles totales (GAE)

Contenido de equivalentes de ácido gálico:

Tabla 10.3.1 Curva de calibración ácido gálico medida a 725nm:

Concentración (mg/ml)	Absorbancia (nm)
0,01	0,020
0,05	0,189
0,101	0,389
0,201	0,806
0,301	1,175
0,401	1,590

Figura 10.3.1

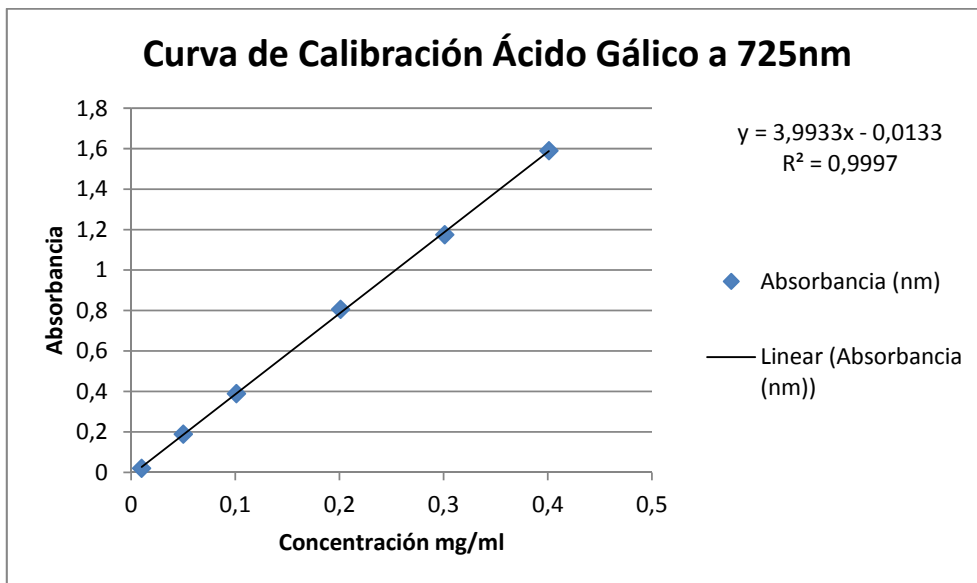


Tabla 10.3.2 Pesos de muestra seca

		Peso muestras (g)		
		Día 2	Día 6	Día 10
<i>Musa cavendish</i>	Muestra 1	0,104	0,102	0,102
	Muestra 2	0,103	0,104	0,103
	Muestra 3	0,101	0,103	0,105
<i>Musa acuminata</i>	Muestra 1	0,106	0,100	0,101
	Muestra 2	0,105	0,102	0,104
	Muestra 3	0,102	0,101	0,102
<i>Musa cavandanaish</i>	Muestra 1	0,101	0,101	0,100
	Muestra 2	0,106	0,105	0,107
	Muestra 3	0,103	0,102	0,103

Tabla 10.3.3 Concentración de GAE en base a la curva de calibración a 725nm:

		Absorbancia (nm)		
		Día 2	Día 6	Día 10
<i>Musa cavendish</i>	Muestra 1	0,092	0,035	0,016
	Muestra 2	0,098	0,036	0,017
	Muestra 3	0,088	0,032	0,021
	Promedio	0,093	0,034	0,018
<i>Musa acuminata</i>	Muestra 1	0,022	0,023	0,009
	Muestra 2	0,045	0,022	0,011
	Muestra 3	0,035	0,030	0,009
	Promedio	0,034	0,025	0,010
<i>Musa cavandanaish</i>	Muestra 1	0,035	0,012	0,012
	Muestra 2	0,039	0,014	0,015
	Muestra 3	0,026	0,014	0,01
	Promedio	0,033	0,013	0,012

Tabla 10.3.4 Concentración de mg GAE/ml de muestra (b.s.)

		Concentración mg GAE/ml muestra (b.s.)		
		Día 2	Día 6	Día 10
<i>Musa cavendish</i>	Muestra 1	0,026	0,012	0,007
	Muestra 2	0,028	0,012	0,008
	Muestra 3	0,025	0,011	0,009
<i>Musa acuminata</i>	Muestra 1	0,009	0,009	0,005
	Muestra 2	0,014	0,009	0,006
	Muestra 3	0,012	0,011	0,005
<i>Musa cavandanaish</i>	Muestra 1	0,012	0,006	0,006
	Muestra 2	0,013	0,007	0,007
	Muestra 3	0,010	0,007	0,006

Tabla 10.3.5 Concentración de g GAE/100g de muestra (b.s.)

		Concentración g GAE/100g de muestra (b.s.)		
		Día 2	Día 6	Día 10
<i>Musa cavendish</i>	Muestra 1	6,250	2,941	1,716
	Muestra 2	6,796	2,885	1,942
	Muestra 3	6,188	2,669	2,143
<i>Musa acuminata</i>	Muestra 1	2,123	2,250	1,238
	Muestra 2	3,333	2,206	1,442
	Muestra 3	2,941	2,723	1,225
<i>Musa cavandanaish</i>	Muestra 1	2,970	1,485	1,500
	Muestra 2	3,066	1,716	1,636
	Muestra 3	2,427	1,667	1,456

Tabla 10.3.6 Tabla de los distintos tratamientos en la cuantificación de g GAE/100 g (b.s.):

Réplicas	Tratamientos								
	a1b1	a1b2	a1b3	a2b1	a2b2	a2b3	a3b1	a3b2	a3b3
1	6,250	2,941	1,716	2,123	2,250	1,238	2,970	1,485	1,500
2	6,796	2,885	1,942	3,333	2,206	1,442	3,066	1,716	1,636

3	6,188	2,669	2,143	2,941	2,723	1,225	2,427	1,667	1,456	
Totales	19,234	8,495	5,801	8,397	7,179	3,905	8,463	4,868	4,592	70,934
Promedios	6,411	2,832	1,934	2,799	2,393	1,302	2,821	1,623	1,531	2,627

Tabla 10.3.7 Tabla auxiliar para totales de niveles A y B:

		B			Σ A	- A
		b1	b2	b3		
A	a1	19,234	8,495	5,801	33,53	3,725
	a2	8,397	7,179	3,905	19,481	2,165
	a3	8,463	4,868	4,592	17,923	1,991
Σ B		36,094	20,542	14,298	70,934	
- B		4,010	2,282	1,588		2,627

Tabla 10.3.8 Promedios del contenido de compuestos fenólicos totales (GAE) en las tres variedades de plátano

Variedad Plátano	Promedios Contenido g GAE/100g de muestra (b.s.)		
	Día 2*	Día 6*	Día 10*
<i>Musa cavendish</i>	6,411	2,832	1,934
<i>Musa acuminata</i>	2,799	2,393	1,302
<i>Musa cavandanaish</i>	2,821	1,622	1,530

* Días luego del corte.

Cálculos Básicos:

- $FC = 70,934^2/27 = 186,357$
- $SC_{Tot} = 244,753 - FC = 58,396$
- $SC_{TRAT} = (729,466/3) - FC = 56,798$
 - $SC_A = (1825,004/9) - FC = 16,421$
 - $SC_B = (1929,183/9) - FC = 27,997$
 - $SC_{AB} = SC_{Trat} - SC_A - SC_B = 12,380$
- $SC_{EE} = SC_{TOT} - SC_{TRAT} = 1,598$
- $Sy = \sqrt{\frac{0,089}{3}} = 0,172$
- $Sd = \sqrt{\frac{2(0,089)}{3}} = 0,244$
- $T = Qp \times Sy$
- $T = 4,96 \times 0,172 = \mathbf{0,853}$

$$9. \text{ CV} = \frac{\sqrt{0,089}}{2,627} \times 100 = 11,36\%$$

10.4 Anexo 4: Contenido de taninos totales (TAE)

Contenido de equivalentes de ácido tánico:

Tabla 10.4.1 Curva de calibración ácido tánico medida a 760nm:

Concentración (mg/ml)	Absorbancia (nm)
0	0
0,04	0,116
0,08	0,157
0,12	0,271
0,16	0,437
0,20	0,525
0,24	0,620

Figura 10.4.1

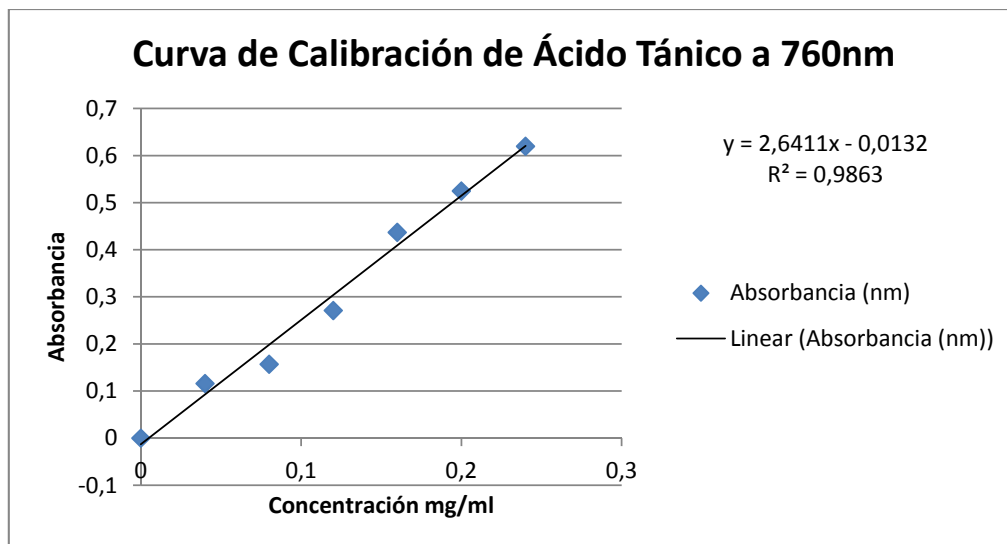


Tabla 10.4.2 Pesos de muestras seca

		Peso muestras (g)		
		Día 2	Día 6	Día 10
<i>Musa cavendish</i>	Muestra 1	1,03	1,04	1,00
	Muestra 2	1,02	1,05	1,00
	Muestra 3	1,01	1,01	1,02
<i>Musa acuminata</i>	Muestra 1	1,05	1,00	1,04
	Muestra 2	1,02	1,02	1,01
	Muestra 3	1,02	1,00	1,00
<i>Musa cavandanaish</i>	Muestra 1	1,03	1,02	1,05
	Muestra 2	1,04	1,04	1,02
	Muestra 3	1,03	1,04	1,03

Tabla 10.4.3 Concentración de TAE en base a la curva de calibración a 760nm:

		Absorbancia (nm)		
		Día 2	Día 6	Día 10
<i>Musa cavendish</i>	Muestra 1	0,253	0,152	0,082
	Muestra 2	0,275	0,151	0,081
	Muestra 3	0,286	0,162	0,075
	Promedio	0,271	0,155	0,079
<i>Musa acuminata</i>	Muestra 1	0,261	0,158	0,097
	Muestra 2	0,254	0,161	0,102
	Muestra 3	0,266	0,163	0,107
	Promedio	0,260	0,161	0,102
<i>Musa cavandanaish</i>	Muestra 1	0,210	0,136	0,041
	Muestra 2	0,201	0,133	0,062
	Muestra 3	0,199	0,138	0,061
	Promedio	0,203	0,136	0,055

Tabla 10.4.4 Concentración de mg TAE/ml muestra (b.s.)

		Concentración mg TAE/ml muestra (b.s.)		
		Día 2	Día 6	Día 10
<i>Musa cavendish</i>	Muestra 1	0,101	0,062	0,036
	Muestra 2	0,109	0,062	0,036
	Muestra 3	0,113	0,066	0,033
<i>Musa acuminata</i>	Muestra 1	0,104	0,065	0,042
	Muestra 2	0,101	0,066	0,044
	Muestra 3	0,106	0,067	0,045
<i>Musa cavandanaish</i>	Muestra 1	0,084	0,056	0,020
	Muestra 2	0,081	0,055	0,028
	Muestra 3	0,080	0,057	0,028

Tabla 10.4.5 Concentración g TAE/100g de muestra (b.s.)

		Concentración g TAE/100g de muestra (b.s.)		
		Día 2	Día 6	Día 10
<i>Musa cavendish</i>	Muestra 1	0,978	0,601	0,360
	Muestra 2	1,069	0,591	0,356
	Muestra 3	1,121	0,656	0,327
<i>Musa acuminata</i>	Muestra 1	0,988	0,647	0,400
	Muestra 2	0,991	0,646	0,431
	Muestra 3	1,036	0,666	0,454
<i>Musa cavandanaish</i>	Muestra 1	0,820	0,553	0,195
	Muestra 2	0,779	0,532	0,278
	Muestra 3	0,779	0,550	0,272

Tabla 10.4.6 Tabla de los distintos tratamientos en la cuantificación de g TAE/100 g (b.s.):

Réplicas	Tratamientos								
	a1b1	a1b2	a1b3	a2b1	a2b2	a2b3	a3b1	a3b2	a3b3
1	0,978	0,601	0,36	0,988	0,647	0,400	0,820	0,553	0,195
2	1,069	0,591	0,356	0,991	0,646	0,431	0,779	0,532	0,278

3	1,121	0,656	0,327	1,036	0,666	0,454	0,779	0,550	0,272	
Totales	3,168	1,848	1,043	3,015	1,959	1,285	2,378	1,635	0,745	17,076
Promedios	1,056	0,616	0,348	1,005	0,653	0,428	0,793	0,545	0,248	0,632

Tabla 10.4.7 Tabla auxiliar para totales de niveles A y B:

		B			Σ A	\bar{A}
		b1	b2	b3		
A	a1	3,168	1,848	1,043	6,059	0,673
	a2	3,015	1,959	1,285	6,259	0,695
	a3	2,378	1,635	0,745	4,758	0,529
Σ B		8,561	5,442	3,073	17,076	
\bar{B}		0,951	0,605	0,341		0,632

Tabla 10.4.8 Promedios del contenido de taninos totales (TAE) en las tres variedades de plátano.

Variedad Plátano	Promedios Contenido g de TAE/100g de muestra (b.s)		
	Día 2*	Día 6*	Día 10*
<i>Musa cavendish</i>	1,056	0,616	0,348
<i>Musa acuminata</i>	1,005	0,653	0,428
<i>Musa cavandanaish</i>	0,793	0,545	0,248

* Días luego del corte

Cálculos Básicos:

- $FC = 17,076^2/27 = 10,800$
- $SC_{Tot} = 12,690 - FC = 1,890$
- $SC_{TRAT} = (38,001/3) - FC = 1,867$
 - $SC_A = (98,525/9) - FC = 0,147$
 - $SC_B = (112,349/9) - FC = 1,683$
 - $SC_{AB} = SC_{Trat} - SC_A - SC_B = 0,037$
- $SC_{EE} = SC_{TOT} - SC_{TRAT} = 0,023$
- $Sy = \sqrt{\frac{0,0013}{3}} = 0,021$
- $Sd = \sqrt{\frac{2(0,0013)}{3}} = 0,029$
- $T = Qp \times Sy$
- $T = 4,96 \times 0,021 = 0,104$
- $CV = \frac{\sqrt{0,0013}}{0,632} \times 100 = 5,705\%$

