



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

FECHA DE PRESENTACIÓN: Mayo - 2012

ESTACIÓN EXPERIMENTAL: Santa Catalina

DEPARTAMENTO: Nutrición y Calidad

PROGRAMA: Línea de financiamiento para investigaciones del INIAP (SENESCYT)

ACTIVIDAD: Estudio de las características de calidad pre y poscosecha en dos variedades de aguacate (*Persea americana* Mill) provenientes de dos localidades de la provincia de Pichincha

UBICACIÓN: Provincia: Pichincha
Cantón: Quito
Parroquias: Tumbaco y San José de Minas

AUTOR: Egda. Gladys Macas

COAUTORES: Ing. Beatriz Brito, Dr. Wilson Vásquez

COLABORADORES: Programa Fruticultura–Granja Tumbaco
Productores de aguacate del Sector Ascilla, parroquia San José de Minas
Ing. Agustín Guananga, MAGAP - San José de Minas

FECHA DE INICIO: Mayo 2012

FECHA DE TERMINACIÓN: Abril 2013

PRESUPUESTO: USD 12.341,70

FUENTES DE FINANCIAMIENTO: SENESCYT: 90 %
CORPOINIAP: 10 %

1. ANTECEDENTES

El aguacate (*Persea americana* Mill) es una planta originaria de América Central y del sur de México, en la actualidad se establece este cultivo desde Chile hasta los Estados Unidos de América. Pertenece a la familia de las Lauráceas es de tipo perenne, se lo puede cultivar desde el nivel del mar hasta los 3.000 m de altitud, en un amplio rango de climas y de tipos de suelos. Puede alcanzar alturas de hasta 10 metros, con un follaje siempre verde, una floración especial de tipo dicogámica y el fruto es una baya que se caracteriza por tener la piel o pericarpio delgado, la semilla es grande y ovalada y el mesocarpo es carnoso y oleaginoso en su madurez comestible (Cerdas *et al.*, 2006).

En el Ecuador el aguacate es un fruto que tiene gran potencial de mercado, puesto que existe producción durante todo el año, con picos de cosecha plenamente definidos (febrero-marzo, agosto-septiembre), mientras que en otros países solo se produce durante 4 a 5 meses en el año. Se estima que en el país en el año 2011 existían 6.500 ha de la variedad Fuerte o Guatemalteco y 500 ha de la variedad Hass, dichas variedades son muy apetecidas por el mercado nacional e internacional; estas plantaciones se encuentran en los valles interandinos ubicados en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua y Azuay, ya que tienen las condiciones climáticas y edáficas ideales para su desarrollo y producción (Vásquez, 2008; INIAP, 2011).

Existen tres tipos de razas de aguacate en el mundo, la Mexicana, Guatemalteca y Antillana, éstas se polinizan de forma natural entomófagamente, por lo cual, se ha llegado a una gran variedad genética que ha permitido se establezca como un cultivo altamente comercial. La variedad Hass (Hibrido por selección de Guatemalteco), se caracteriza por el cambio de coloración de la piel de verde a purpura opaca en la etapa de maduración, la floración es de tipo tardío (300 - 360 días), la forma del fruto es oval, el peso se encuentra entre 140 - 400 g y el contenido de aceite es de 20 a 23 %. La variedad Fuerte (Hibrido natural Mexicano x Guatemalteco), se identifica por mantener su coloración verde tanto en la cosecha como en la época de consumo, diferenciándose en la pérdida de brillo y llegando a una tonalidad opaca en la madurez de consumo, la floración es calificada de tipo temprana (180 - 240 días), la forma del fruto es de tipo pera, su peso oscila entre 170 - 500 g, la cantidad de aceite es de 18 a 22 % (Bernal y Díaz., 2005; Amórtegui, 2001).

En el Ecuador en el año 2009 se emitió la primera edición de la Norma Técnica Ecuatoriana N. 1755 con los requisitos que debe cumplir el aguacate destinado para consumo en estado fresco, después de su madurez fisiológica, en las variedades Hass y Fuerte (INEN, 2009).

El aguacate es una fruta climatérica, donde el proceso de madurez es iniciado de acuerdo a los cambios en la composición hormonal, razón por la cual se cosecha en su estado de madurez fisiológica alcanzando posteriormente la madurez de consumo. Este fenómeno se explica por la presencia de una sustancia que actúa como regulador de la maduración y que se trasloca desde el pedúnculo una vez que se independiza el fruto del árbol. La madurez del fruto de aguacate, también se basa en el metabolismo de los lípidos, con una rápida acumulación de aceite y materia seca; el mayor incremento es del ácido insaturado oleico. Los cambios bioquímicos ocurren con el ablandamiento del fruto, que es a nivel celular y se inicia con el reconocimiento de las hormonas de la maduración (celulasa) y empiezan los cambios en la composición de la pared celular. Las pectinas son removidas hasta la lámina media, la celulasa degrada las micro fibrillas de celulosa que propicia la solubilización de la pared celular con la obtención de pectatos y otros polímeros por la acción de las pectinasas y

poligalacturonasas. Así, la primera fase de maduración se debe a la celulasa, que están sujetas a un fuerte control del gas etileno, conocido como la hormona de la maduración; en tanto que las poligalacturonasas son las responsables de la fase final del proceso. Lo expuesto se sustenta en lo señalado por Liu *et al.*, 1999; Lewis, 1978; Kikuta y Erickson, 1968; Bower y Cutting, 1988; Platt-Aloia *et al.*, 1980.

Es necesario cosechar los frutos con los mejores índices de calidad, los principales parámetros son el contenido de grasa, que en lugares como California el valor mínimo es del 8 % y materia seca con valores promedio entre 24 a 28 %. Estos parámetros determinan la aceptabilidad que exige principalmente la industria y el consumidor. En el caso de la planta extractora de aceite de marca Mira ubicada en la provincia de Imbabura, que es una de las siete plantas de aceite extra virgen que existen en el mundo (INIAP, 2011), Entre otros índices se menciona una acidez promedio de 1,07 mg KOH/g, una baja en la concentración de azúcares. La composición de aceite de aguacate es similar al aceite de olivo tiene un alto contenido de vitamina A y cantidades significativas de vitamina B y C, proteínas 1 y 5 % (Morales y Urquizo, 2008; Feramuz y Topuz, 2003; Pérez *et al.*, 2005; Jiménez *et al.*, 2001).

Durante las etapas de crecimiento la influencia de los agentes ambientales influye en la calidad del cultivo y posteriormente del fruto, así se observa una mejor adaptabilidad del cultivo a una altitud de 2.000 m, las temperaturas menores a 13 °C, provocan una baja producción de las bayas, mientras que las superiores a los 40 °C provoca el aborto floral masivo; la humedad relativa no debe exceder el 70 % para evitar daños, flores, frutos pequeños y grandes, brotes tiernos, hojas y ramas. A través de controles sistemáticos en el proceso fenológico a partir de la fructificación visible del fruto, con mediciones de índices de cosecha o de madurez, tales como el peso, diámetro y longitud, firmeza del fruto, color externo e interno, acidez titulable, pardeamiento de la pulpa, contenido de grasa y materia seca, se puede determinar una adecuada época de cosecha, lo que repercutirá en la producción y calidad del aguacate (Bisonó y Hernández, 2008; Rodríguez, 1982).

La calidad y el valor nutritivo de los frutos también están influenciados por los cambios que ocurren en la etapa de conservación, sobre todo en los frutos climatéricos como es el caso del aguacate, que presenta un rápido aumento en la respiración y el desprendimiento de etileno después de la cosecha. El principal sustrato que actúa en la respiración son azúcares C₇ (manoheptulosa y perseitol), provenientes del almidón degradado por las enzimas α - y β -amilasa. La maduración de consumo se alcanza entre 1 y 4 días después del clímax respiratorio, razón por la cual este fruto es cosechado en su madurez fisiológica, para ser conservado en ambientes naturales y controlados (5 - 7 °C, 90 % humedad relativa), es importante señalar que las temperaturas menores a los 4 °C provocan fisiopatías como la maduración irregular del fruto, el oscurecimiento interno de la pulpa, los cuales son perceptibles en la madurez de consumo, cuando el fruto ha alcanzado las características organolépticas apetecidas por el consumidor (Maldonado, 2006; Tokar, 2008; Blanke, 1991).

2. JUSTIFICACIÓN

Las variedades de aguacate Hass y Fuerte corresponden a la raza Guatemalteca, que se desarrollan en una altitud entre los 1.500 y 2.500 m, siendo importante estudiar el comportamiento fenológico del fruto en las condiciones medio ambientales del Ecuador, ya que lo reportado por la literatura en relación a las características de calidad corresponden a otros países productores.

Una de las principales causas de las pérdidas poscosecha en el aguacate se debe a que no se tienen establecidas las condiciones adecuadas y el momento ideal de la cosecha de este fruto en las condiciones medio ambientales de los valles del Ecuador, que repercute en la calidad final del fruto. Para lo cual se requiere desarrollar alternativas tecnológicas, al conocer el momento adecuado de la cosecha del fruto con las mejores características de calidad de acuerdo a los diferentes mercados, la conservación bajo condiciones controladas de frío y humedad, y la vida de anaquel del fruto conservado. Esta información ayudará a los agricultores a disminuir las limitaciones durante el manejo agronómico de este cultivo y obtener frutos que satisfagan las demandas del mercado, de forma sencilla y económica.

Por lo expuesto, el Departamento de Nutrición y Calidad y el Programa de Fruticultura de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, con el fin de mejorar la competitividad de este cultivo, estudiará la fenología de las variedades comerciales Fuerte y Hass, relacionando el crecimiento del fruto con el tiempo, los índices de madurez subjetivos y objetivos adecuados para la cosecha, así como la conservación al ambiente y en condiciones controladas. Se establecerá la vida de anaquel del fruto, garantizando su calidad final, para que alcance las condiciones organolépticas adecuadas durante la comercialización, lo que permitirá acceder con mayor facilidad a los mercados nacionales e internacionales.

3. OBJETIVOS

GENERAL

- Estudiar las características de calidad pre y poscosecha en dos variedades de aguacate (*Persea americana* Mill) provenientes de dos localidades de la provincia de Pichincha.

ESPECÍFICOS

- Estudiar los estados fenológicos desde la fructificación visible hasta la madurez fisiológica de las variedades Fuerte y Hass, relacionando las características físicas y químicas con las condiciones medioambientales de dos localidades.
- Evaluar el comportamiento de la calidad del fruto durante la conservación al ambiente de las dos variedades, cosechado en tres estados de madurez hasta llegar a la condición óptima de consumo.
- Determinar el comportamiento de la calidad del fruto durante la conservación en condiciones controladas de las dos variedades, cosechadas en tres estados de madurez, estableciendo el tiempo requerido para alcanzar la condición óptima de consumo, posterior a cada periodo de frigoconservación.

4. HIPÓTESIS

H₀: No existen diferencias en el comportamiento y las características de calidad de las variedades de aguacate Hass y Fuerte, durante la pre y poscosecha.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

Materia prima: Representan los frutos de aguacate correspondiente a las variedades Hass y Fuerte.

5.1.1. Equipos de laboratorio

- Agitador magnético
- Balanza
- Calibrador digital
- Centrifuga
- Cronómetros
- Cuarto de conservación
- Equipo extracción soxhlet
- Estación meteorológica
- Estufas de calor inducido y directo
- Licuadora
- Medidor de color
- Penetrómetro manual
- pHmetro
- Refrigerador

5.1.2. Materiales de laboratorio

- Algodón hidrófilo
- Balones de 200 ml
- Cajas Petri pequeñas
- Bureta de 50 ml
- Dedales de celulosa
- Gavetas plásticas
- Guantes quirúrgicos no estériles
- Latas de aluminio
- Material de limpieza y aseo
- Papeles adsorbentes, aluminio, film
- Pipetas volumétricas
- Vasos nalgene de 50, 100, 250, 500 y 1000 ml
- Vasos de precipitación de 50 ml.

5.1.3. Reactivos

- Agua destilada
- Buffer pH 4 y 7
- Ftalato ácido de potasio p.a.
- Éter p.a.
- Hexano p.a.
- Hidróxido de sodio p.a

5.2 Metodología

Para cumplir con los objetivos establecidos, la investigación se realizará en dos fases:

Fase de campo: Estudio fenológico desde la etapa de fructificación (fruto visible) hasta la madurez fisiológica, relacionando con las características físicas y químicas de las variedades de aguacate Fuerte y Hass, en las huertas ubicadas en dos localidades de la provincia de Pichincha.

Fase de conservación: Análisis del comportamiento físico-químico de las variedades de aguacate Fuerte y Hass, en dos condiciones de conservación (ambiente natural y controlado).

5.2.1 Características del sitio experimental

5.2.1.1. Características agroclimáticas, Granja Experimental Tumbaco–INIAP (Cañadas, L. 1993; INAMHI, 2006)

- Temperatura promedio anual: 17,2 °C
- Humedad relativa: 75,23 %
- Zona ecológica: bosque seco Montano Bajo (bsMB)
- Topografía: Plana
- Textura: Franco – arenoso
- Materia orgánica: 1,1 %
- pH: 6,5

5.2.1.2. Características agroclimáticas de San José de Minas (Cañadas, L. 1993; INAMHI, 2006)

- Temperatura promedio anual: 18 °C
- Humedad relativa: 87 %
- Zona ecológica: bosque seco Montano Bajo (bsMB)
- Topografía: Irregular
- Textura: Franco – arenoso
- pH: 6

Cuadro 1. Ubicación de los sitios experimentales

	Sitio 1 Control de calidad y almacenamiento en condiciones controladas	Sitio 2 Huerta experimental y almacenamiento en ambiente natural	Sitio 3 Huerta experimental
Provincia	Pichincha	Pichincha	Pichincha
Cantón	Quito	Quito	Quito
Parroquia	Cutuglagua	Tumbaco	San José de Minas
Sitio	E. E. Santa Catalina	Granja Exp. Tumbaco	Sector Arcilla
Altitud	3.050 m	2.348 m	1.850 m
Latitud	00° 22' 00" S	00° 13' 00" S	00° 06' 20" N
Longitud	78° 33' 00" O	78° 24' 00" O	78° 25' 26" O

Fuente Bibliográfica: INAMHI. 2006. Boletín meteorológico. Quito

5.2.2. Fase de campo: Estudio fenológico desde la fase de fructificación (fruto visible) hasta la madurez fisiológica relacionando con las características físicas y químicas de las variedades de aguacate Fuerte y Hass, en las huertas ubicadas en dos localidades de la provincia de Pichincha.

a. Factores de estudio

1. Variedades: Dos y se presentan en el cuadro 2

Cuadro 2. Variedades de aguacate (*Persea americana* Mill)

Código	Variedades
F	Fuerte (MxG)
H	Hass (G)

2. Localidades: Dos y se presentan en el cuadro 3

Cuadro 3. Localidades en la Provincia de Pichincha

Código	Localidades
L ₁	Tumbaco (2.348 m)
L ₂	San José de Minas (1.850 m)

3. Tiempos de muestreos: Doce y se presentan en el cuadro 4

Cuadro 4. Tiempos de muestreos durante la precosecha (Empezarán cuando la fructificación sea visible)

Código	Días
t ₁	0
t ₂	15
t ₃	30
t ₄	45
t ₅	60
t ₆	75
t ₇	90
t ₈	105
t ₉	120
t ₁₀	135
t ₁₁	150
t ₁₂	165

b. Tratamientos

En el cuadro 5 se presentan los 48 tratamientos

Cuadro 5. Descripción de los Tratamientos, Fase de campo

Tratamientos	Código	Descripción
T ₁	FL ₁ t ₁	Fuerte, Tumbaco, Muestreo 1
T ₂	FL ₁ t ₂	Fuerte, Tumbaco, Muestreo 2
T ₃	FL ₁ t ₃	Fuerte, Tumbaco, Muestreo 3
T ₄	FL ₁ t ₄	Fuerte, Tumbaco, Muestreo 4
T ₅	FL ₁ t ₅	Fuerte, Tumbaco, Muestreo 5
T ₆	FL ₁ t ₆	Fuerte, Tumbaco, Muestreo 6
T ₇	FL ₁ t ₇	Fuerte, Tumbaco, Muestreo 7
T ₈	FL ₁ t ₈	Fuerte, Tumbaco, Muestreo 8
T ₉	FL ₁ t ₉	Fuerte, Tumbaco, Muestreo 9
T ₁₀	FL ₁ t ₁₀	Fuerte, Tumbaco, Muestreo 10
T ₁₁	FL ₁ t ₁₁	Fuerte, Tumbaco, Muestreo 11
T ₁₂	FL ₁ t ₁₂	Fuerte, Tumbaco, Muestreo 12
T ₁₃	FL ₂ t ₁	Fuerte, San José de Minas, Muestreo 1
T ₁₄	FL ₂ t ₂	Fuerte, San José de Minas, Muestreo 2
T ₁₅	FL ₂ t ₃	Fuerte, San José de Minas, Muestreo 3
T ₁₆	FL ₂ t ₄	Fuerte, San José de Minas, Muestreo 4
T ₁₇	FL ₂ t ₅	Fuerte, San José de Minas, Muestreo 5

T ₁₈	FL _{2t₆}	Fuerte, San José de Minas, Muestreo 6
T ₁₉	FL _{2t₇}	Fuerte, San José de Minas, Muestreo 7
T ₂₀	FL _{2t₈}	Fuerte, San José de Minas, Muestreo 8
T ₂₁	FL _{2t₉}	Fuerte, San José de Minas, Muestreo 9
T ₂₂	FL _{2t₁₀}	Fuerte, San José de Minas, Muestreo 10
T ₂₃	FL _{2t₁₁}	Fuerte, San José de Minas, Muestreo 11
T ₂₄	FL _{2t₁₂}	Fuerte, San José de Minas, Muestreo 12
T ₂₅	HL _{1t₁}	Hass, Tumbaco, Muestreo 1
T ₂₆	HL _{1t₂}	Hass, Tumbaco, Muestreo 2
T ₂₇	HL _{1t₃}	Hass, Tumbaco, Muestreo 3
T ₂₈	HL _{1t₄}	Hass, Tumbaco, Muestreo 4
T ₂₉	HL _{1t₅}	Hass, Tumbaco, Muestreo 5
T ₃₀	HL _{1t₆}	Hass, Tumbaco, Muestreo 6
T ₃₁	HL _{1t₇}	Hass, Tumbaco, Muestreo 7
T ₃₂	HL _{1t₈}	Hass, Tumbaco, Muestreo 8
T ₃₃	HL _{1t₉}	Hass, Tumbaco, Muestreo 9
T ₃₄	HL _{1t₁₀}	Hass, Tumbaco, Muestreo 10
T ₃₅	HL _{1t₁₁}	Hass, Tumbaco, Muestreo 11
T ₃₆	HL _{1t₁₂}	Hass, Tumbaco, Muestreo 12
T ₃₇	HL _{2t₁}	Hass, San José de Minas, Muestreo 1
T ₃₈	HL _{2t₂}	Hass, San José de Minas, Muestreo 2
T ₃₉	HL _{2t₃}	Hass, San José de Minas, Muestreo 3
T ₄₀	HL _{2t₄}	Hass, San José de Minas, Muestreo 4
T ₄₁	HL _{2t₅}	Hass, San José de Minas, Muestreo 5
T ₄₂	HL _{2t₆}	Hass, San José de Minas, Muestreo 6
T ₄₃	HL _{2t₇}	Hass, San José de Minas, Muestreo 7
T ₄₄	HL _{2t₈}	Hass, San José de Minas, Muestreo 8
T ₄₅	HL _{2t₉}	Hass, San José de Minas, Muestreo 9
T ₄₆	HL _{2t₁₀}	Hass, San José de Minas, Muestreo 10
T ₄₇	HL _{2t₁₁}	Hass, San José de Minas, Muestreo 11
T ₄₈	HL _{2t₁₂}	Hass, San José de Minas, Muestreo 12

c. Procedimiento

1. Diseño experimental

- Tipo de diseño: Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) en arreglo factorial: $2 \times 2 \times 12 = 48$ (2 variedades, 2 localidades, 12 tiempos de muestreos).
- Número de repeticiones: 3
- Unidad experimental: Estará constituida por 1 árbol de aguacate de cada variedad.

2. Análisis estadístico

- Esquema del Análisis de Varianza

Cuadro 6. Análisis de Varianza Fase de campo, fenología

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Total	143
Repeticiones	2
Variedades (V)	(1)
Localidades (L)	(1)
Tiempos de muestreo (t)	(11)
Interacción	
V x L	1
V x t	11
L x t	11
V x L x t	11
Error Experimental	94

- b. Análisis funcional: Prueba de significación DMS y Tukey al 5 %, en las fuentes de variación que resulten significativas, se calculará el Coeficiente de Variación (%).

3. Variables y métodos de evaluación

- **Factores ambientales:** Se tomarán medidas directa de temperatura (°C), humedad relativa (%) y precipitación (mm) con una estación meteorológica fija en la Estación Experimental Tumbaco y otra portátil en San José de Minas.
- **Diámetro y longitud del fruto (cm):** Se medirá el diámetro ecuatorial y la longitud con un calibrador digital cada 15 días, se elaborará las curvas de crecimiento del fruto respecto al tiempo.
- **Peso del fruto (g):** Se pesará en una balanza analítica cada 15 días, se elaborará las curvas de crecimiento del fruto respecto al tiempo.
- **Rendimiento de mesocarpo (pulpa), exocarpo (cáscara) y semilla (%):** En una balanza analítica se pesará el fruto entero en gramos, luego se separará la pulpa y la semilla tomándose el peso de cada fracción, la cáscara y la semilla por separado.
- **pH (adimensional):** En la pulpa del fruto de medirá con un pHmetro cada 15 días, con estos datos se elaborará las curvas de evolución del fruto respecto al tiempo.
- **Acidez titulable (% ácido tartárico):** Se determinará la acidez cada 15 días, en un peso conocido de un fruto, partiendo de un peso, se titulará con NaOH 0,1 N estandarizado, hasta un pH 8,2, utilizando un pHmetro.
- **Materia seca (%):** Se analizará en un peso conocido de la pulpa y se establecerá la diferencia de la humedad de la muestra, que se pierde por volatilización a causa del calor, en una estufa a 105 °C por ocho horas (A.O.A.C., 2007).

- **Grasa (%):** El solvente (hexano o éter) utilizado se condensa continuamente, extrayendo los materiales solubles al pasar a través de la muestra (pulpa de aguacate). El extracto se recoge en un balón que al completar el proceso se destila y se recoge en otro recipiente. El extracto que queda en el balón se seca en una estufa a 65 °C y se pesa (A.O.A.C. 2007).
- **Calibre:** Se determinará de acuerdo al peso de los frutos cosechados a partir del contenido de grasa del 9 %, con la siguiente escala:

Cuadro 7. Calibres de dos variedades de aguacate (*Persea americana* Mill)

Calibre	Masa Unitaria (g)	
	Variedad Hass	Variedad Fuerte
A (Grande)	> 250	> 350
B (Mediano)	180 – 250	225 – 350
C (Pequeño)	< 180	< 225

Fuente Bibliográfica: INEN. 2009. Normativa Técnica 1755 Frutas Frescas, Aguacate, Requisitos. Quito

- **Índice e madurez subjetivos:** Se observará el viraje de color del exocarpo cada 15 días, y se registrará el cambio que ocurre en el brillo que presenta el exocarpo y el pedúnculo del fruto durante la maduración, se realizará cada 15 días.

4. Métodos específicos de manejo del experimento

Para esta fase de la investigación se utilizará como mínimo 108 frutos por variedad y por zona, puesto que se tomarán 3 frutos por unidad experimental (un árbol), el cual estará dividido en tres niveles: sección baja, media y alta y en cada una de ellas se dividirá en cuatro partes, en cada segmento se señalará 3 frutos, dando al final 36 frutos por unidad experimental, luego se tomará datos por 12 ocasiones (tiempos de muestreo), lo que al final del proceso serán un total de 432 frutos (como mínimo) para las dos variedades y dos localidades.

Se seleccionará e identificará el material desde el momento que ha empezado su fase de fructificación, éstos serán analizados física y químicamente cada 15 días para determinar los índices de madurez en cada uno de estos periodos, se dejará de tomar estas mediciones en el momento en el que los estándares de calidad se establezcan considerando el contenido de grasa. El tiempo de muestreo será de aproximadamente 5 meses.

Las mediciones físicas que corresponden al largo y diámetro, se realizarán en los mismos frutos, los cuales serán identificados en los árboles de cada variedad y en cada localidad, con el fin de medir los cambios que ocurren en ellos durante el todo el proceso fenológico.

Al finalizar esta fase de la investigación se relacionará los índices de madurez de las dos variedades con el tiempo y las condiciones ambientales de las dos localidades.

a. Variedades y procedencia

Se utilizará las variedades de aguacate Fuerte y Hass cosechadas en dos localidades, en la parroquia Tumbaco y San José de Minas de la Provincia de Pichincha. Se tomará en cada localidad los factores ambientales.

b. Lugar y pruebas del ensayo

En los frutos de aguacate, se realizará la caracterización física, química. Se realizará en los laboratorios del Programa de Fruticultura en la Granja Experimental Tumbaco y en el Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina. Se procederá a realizar los siguientes análisis que se describen a continuación:

- **Determinaciones físicas: fruta entera**
 - Peso (g)
 - Dimensión: longitud y diámetro (cm)
 - Rendimientos de fruta a: mesocarpio, exocarpio y semilla (%)
 - Calibre
- **Determinaciones físicas y químicas: pulpa de la fruta**
 - pH
 - Acidez titulable (% ácido tartárico)
 - Materia seca (%)
 - Grasa (%)
- **Índices de madurez subjetivos**
 - Con el fin de obtener un estado apropiado para su comercialización, se determinará en cada variedad los siguientes índices de cosecha: viraje del color y brillo de la cáscara y el pedúnculo.

5.2.3 Fase de conservación: Estudio del comportamiento físico-químico de las variedades de aguacate Fuerte y Hass, en dos condiciones de conservación.

Este estudio comprende dos investigaciones: en ambiente natural bajo cubierta y controlado

1. Ambiente natural bajo cubierta

a. Factores en estudio

1. Variedades en estudio: Dos y se presentan en el cuadro 8

Cuadro 8. Variedades de aguacate (*Persea americana* Mill)

Código	Variedades
F	Fuerte (M x G)
H	Hass (G)

2. Estados de Madurez: Tres y se presentan en el cuadro 9

Cuadro 9. Estados de madurez

Código	Días
EM ₁	Determinados en la fase de campo
EM ₂	
EM ₃	

3. Periodos de almacenamiento: Cuatro y se presentan en el cuadro 10

Cuadro 10. Tiempo de almacenamiento al ambiente

Código	Días
ta ₁	0
ta ₂	5
ta ₃	10
ta ₄	15

a. Tratamientos

Los tratamientos constituyen la combinación de los factores en estudio, serán: 2 x 3 x 4= 24 tratamientos

Cuadro 11. Descripción de los tratamientos, conservación ambiente natural

Tratamientos	Código	Descripción
T ₁	FEM ₁ ta ₁	Fuerte, Estado de madurez 1, almacenamiento 1
T ₂	FEM ₁ ta ₂	Fuerte, Estado de madurez 1, almacenamiento 2
T ₃	FEM ₁ ta ₃	Fuerte, Estado de madurez 1, almacenamiento 3
T ₄	FEM ₁ ta ₄	Fuerte, Estado de madurez 1, almacenamiento 4
T ₅	FEM ₂ ta ₁	Fuerte, Estado de madurez 2, almacenamiento 1
T ₆	FEM ₂ ta ₂	Fuerte, Estado de madurez 2, almacenamiento 2
T ₇	FEM ₂ ta ₃	Fuerte, Estado de madurez 2, almacenamiento 3
T ₈	FEM ₂ ta ₄	Fuerte, Estado de madurez 2, almacenamiento 4
T ₉	FEM ₃ ta ₁	Fuerte, Estado de madurez 3, almacenamiento 1
T ₁₀	FEM ₃ ta ₂	Fuerte, Estado de madurez 3, almacenamiento 2
T ₁₁	FEM ₃ ta ₃	Fuerte, Estado de madurez 3, almacenamiento 3
T ₁₂	FEM ₃ ta ₄	Fuerte, Estado de madurez 3, almacenamiento 4
T ₁₃	HEM ₁ ta ₁	Hass, Estado de madurez 1, almacenamiento 1
T ₁₄	HEM ₁ ta ₂	Hass, Estado de madurez 1, almacenamiento 2
T ₁₅	HEM ₁ ta ₃	Hass, Estado de madurez 1, almacenamiento 3
T ₁₆	HEM ₁ ta ₄	Hass, Estado de madurez 1, almacenamiento 4
T ₁₇	HEM ₂ ta ₁	Hass, Estado de madurez 2, almacenamiento 1
T ₁₈	HEM ₂ ta ₂	Hass, Estado de madurez 2, almacenamiento 2
T ₁₉	HEM ₂ ta ₃	Hass, Estado de madurez 2, almacenamiento 3
T ₂₀	HEM ₂ ta ₄	Hass, Estado de madurez 2, almacenamiento 4
T ₂₁	HEM ₃ ta ₁	Hass, Estado de madurez 3, almacenamiento 1
T ₂₂	HEM ₃ ta ₂	Hass, Estado de madurez 3, almacenamiento 2
T ₂₃	HEM ₃ ta ₃	Hass, Estado de madurez 3, almacenamiento 3
T ₂₄	HEM ₃ ta ₄	Hass, Estado de madurez 3, almacenamiento 4

b. Procedimiento

1. Diseño experimental

- a. Tipo de diseño: Diseño Bloques Completamente al Azar (DBCA) en arreglo factorial: 2x3x4 (2 Variedades, 3 estados de madurez, 4 periodo de conservación).
- b. Número de repeticiones: 3
- c. Unidad experimental: Estará constituida por 2 frutos de aguacate de cada variedad.

2. Análisis estadístico

- a. Esquema del análisis de varianza para conservación al ambiente.

Cuadro 12. Análisis de Varianza, conservación ambiente natural

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	71
Repeticiones	2
Variedades (V)	(1)
Estados de madurez (EM)	(2)
Períodos de almacenamiento (ta)	(3)
Interacción	
V x EM	2
V x ta	3
EM x ta	6
V x EM x ta	6
Error Experimental	46

- b. Análisis funcional: Prueba de significación de Tukey al 5 %, para tratamientos y formas de conservación.

2. Ambiente controlado (7° C, 90 % H.R.)

a. Factores en estudio

1. Variedades en estudio: Dos y se presentan el cuadro 13

Cuadro 13. Variedades de aguacate (*Persea americana* Mill)

Código	Variedades
F	Fuerte (M x G)
H	Hass (G)

2. Estados de Madurez: Tres y se presentan en el cuadro 14

Cuadro 14. Estados de madurez

Código	Días
EM ₁	Determinados en la fase de campo (9 % grasa)
EM ₂	
EM ₃	

3. Periodos de almacenamiento: Cuatro y se presentan en el cuadro 15

Cuadro 15. Tiempo de almacenamiento en ambiente controlado

Código	Días
tf ₁	0
tf ₂	7
tf ₃	14
tf ₄	21
Tf ₅	28

b. Tratamientos

Los tratamientos constituyen la combinación de los factores en estudio, serán: $2 \times 3 \times 5 = 30$ tratamientos.

Cuadro 16. Descripción de los tratamientos, conservación ambiente controlado

Tratamientos	Código	Descripción
T ₁	FEM ₁ tf ₁	Fuerte, Estado de madurez 1, almacenamiento 1.
T ₂	FEM ₁ tf ₂	Fuerte, Estado de madurez 1, almacenamiento 2.
T ₃	FEM ₁ tf ₃	Fuerte, Estado de madurez 1, almacenamiento 3.
T ₄	FEM ₁ tf ₄	Fuerte, Estado de madurez 1, almacenamiento 4.
T ₅	FEM ₁ tf ₅	Fuerte, Estado de madurez 1, almacenamiento 5.
T ₆	FEM ₂ tf ₁	Fuerte, Estado de madurez 2, almacenamiento 1.
T ₇	FEM ₂ tf ₂	Fuerte, Estado de madurez 2, almacenamiento 2.
T ₈	FEM ₂ tf ₃	Fuerte, Estado de madurez 2, almacenamiento 3.
T ₉	FEM ₂ tf ₄	Fuerte, Estado de madurez 2, almacenamiento 4.
T ₁₀	FEM ₂ tf ₅	Fuerte, Estado de madurez 2, almacenamiento 5.
T ₁₁	FEM ₃ tf ₁	Fuerte, Estado de madurez 3, almacenamiento 1.
T ₁₂	FEM ₃ tf ₂	Fuerte, Estado de madurez 3, almacenamiento 2.
T ₁₃	FEM ₃ tf ₃	Fuerte, Estado de madurez 3, almacenamiento 3.
T ₁₄	FEM ₃ tf ₄	Fuerte, Estado de madurez 3, almacenamiento 4.
T ₁₅	FEM ₃ tf ₅	Fuerte, Estado de madurez 3, almacenamiento 5.
T ₁₆	HEM ₁ tf ₁	Hass, Estado de madurez 1, almacenamiento 1.
T ₁₇	HEM ₁ tf ₂	Hass, Estado de madurez 1, almacenamiento 2.
T ₁₈	HEM ₁ tf ₃	Hass, Estado de madurez 1, almacenamiento 3.
T ₁₉	HEM ₁ tf ₄	Hass, Estado de madurez 1, almacenamiento 4.
T ₂₀	HEM ₁ tf ₅	Hass, Estado de madurez 1, almacenamiento 5.
T ₂₁	HEM ₂ tf ₁	Hass, Estado de madurez 2, almacenamiento 1.
T ₂₂	HEM ₂ tf ₂	Hass, Estado de madurez 2, almacenamiento 2.
T ₂₃	HEM ₂ tf ₃	Hass, Estado de madurez 2, almacenamiento 3.
T ₂₄	HEM ₂ tf ₄	Hass, Estado de madurez 2, almacenamiento 4.
T ₂₅	HEM ₂ tf ₅	Hass, Estado de madurez 2, almacenamiento 5.
T ₂₆	HEM ₃ tf ₁	Hass, Estado de madurez 3, almacenamiento 1.
T ₂₇	HEM ₃ tf ₂	Hass, Estado de madurez 3, almacenamiento 2.
T ₂₈	HEM ₃ tf ₃	Hass, Estado de madurez 3, almacenamiento 3.
T ₂₉	HEM ₃ tf ₄	Hass, Estado de madurez 3, almacenamiento 4.
T ₃₀	HEM ₃ tf ₅	Hass, Estado de madurez 3, almacenamiento 5.

c. Procedimiento.

1. Diseño experimental

- Tipo de diseño: Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo factorial: $2 \times 3 \times 5$ (2 variedades, 3 estados de madurez, 5 periodos de conservación).
- Número de observaciones: 3
- Unidad experimental: Estará constituida por 4 frutos de aguacate de cada variedad

2. Análisis estadístico

- Esquema del análisis de la varianza para ambiente controlado

Cuadro 17. Análisis de Varianza, Fase conservación ambiente controlado

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	89
Variedades (V)	(1)
Estados de madurez (EM)	(2)
Períodos de almacenamiento (tf)	(4)
Interacción	
V x EM	2
V x tf	4
EM x tf	8
V x EM x tf	8
Error Experimental	60

- b. Análisis funcional: Prueba de significación de Tukey al 5 %, para tratamientos y formas de conservación.

3. Variables y métodos de evaluación en ambiente natural bajo cubierta y controlado

En la conservación al ambiente y en condiciones controladas se tomarán los datos descritos en la fase de campo con excepción del peso y las dimensiones, y además los detallados a continuación:

- **Tiempo (días):** Para establecer la vida de anaquel del fruto conservado en condiciones controladas, se medirá el tiempo requerido luego de cada período de almacenamiento para alcanzar la madurez de consumo.
- **Pérdida de peso (%):** Se tomarán el peso en gramos de los frutos en una balanza semianalítica, antes y después de cada periodo de conservación y se calculara la pérdida de peso.
- **Firmeza del fruto (Newton):** Se medirá la fuerza de penetración sobre la cáscara (exocarpo) del aguacate utilizando un penetrómetro manual con la escala de 0 a 13 kgf, se utilizará una punta de 8 mm y medidas se realizarán cada lado del eje ecuatorial, se reportará el valor medio. Los resultados se reportarán en Newton, 1 N = 0,102 kgf.
- **Color externo e interno:** Se medirá en la cáscara (exocarpo) y la pulpa (mesocarpo) en un equipo ColorTec-PCMTM. El color se reportará en L (luminosidad), a (rojo+, verde -) y b (amarillo+, azul -). La escala de parámetros a y b se usará para calcular en ángulo Hue (H) y la Cromaticidad (C). (Alvarado y Aguilera, 2001; Manual de ColorTec PCM/PSMTM, 2002).
- **Descripción visual de daños:** deshidratación, pudrición, físicos, mediante la siguiente escala:

Cuadro 18. Escala de daños

Descripción	Puntuación
Sano	0
Leve	1
Moderado	2
Severo	3

Escala propuesta por: Brito y Ochoa, 1997

4. **Métodos específicos de manejo del experimento en ambiente natural bajo cubierta y controlado**

- **Variedades y procedencia**

La investigación se llevará a cabo con las variedades de aguacate Hass y Fuerte, cosechados en las huertas de la Granja Experimental Tumbaco.

- **Lugar del ensayo**

La conservación al ambiente se realizará en el Laboratorio Poscosecha del Programa de Fruticultura en Tumbaco y la conservación en condiciones controladas en el Departamento de Nutrición y Calidad en la EESC.

- **Duración del ensayo**

La investigación comenzará en mayo del 2012 y terminará con el último análisis de laboratorio.

- **Condiciones de los almacenamientos**

Se realizará la cosecha del aguacate en tres estados de madurez determinados en la fase de campo, tomándose como referencia un contenido mínimo de 9 % de grasa¹. Una vez que el fruto de las variedades Hass y Fuerte se cosechen, se realizará un baño con un fungicida natural, se escurrirá el agua y se almacenarán en gavetas plásticas.

El almacenamiento al ambiente bajo cubierta, será a la temperatura y humedad relativa propias de la Granja Experimental Tumbaco y serán monitoreadas con un higrotermógrafo digital. El muestreo se realizará cada 5 días hasta completar 15 días. Se necesitara como mínimo 72 frutos por variedad, con un total de 144.

El almacenamiento en condiciones controladas se realizará en el Departamento de Nutrición y Calidad, en un cuarto frío a una temperatura de $7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 90 % de humedad relativa. El muestreo se realizará cada 7 días hasta completar 28 días, en cada muestreo se tomará 4 frutos, de los cuales dos se destinarán para controlar la calidad y los dos frutos restantes se almacenarán a las condiciones ambientales de la Granja Experimental Tumbaco, para establecer el tiempo de vida de anaquel, después de cada periodo de frigoconservación. Para este análisis se necesitará como mínimo 180 frutos de cada variedad, con un total de 360 frutos.

Después de cada periodo de almacenamiento se realizará la evaluación de la calidad física y química de la fruta, en los laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

¹ (Cerdas *et al.*, 2006) Se ha usado al porcentaje de grasa, para definir el índice de madurez mínimo, así tenemos que en California es del 8 %, en Australia el 6 %, Israel 10 %, tomados como estándar legal, sin embargo, se ha determinado que este contenido es bajo para algunos cultivares y que no funciona completamente como un índice de madurez, puesto que no cumple con los requerimientos sensoriales del mercado. Es por esto, que para cumplir con los requerimientos sensoriales del 19 a 21 %, se está recomendando que el contenido mínimo sea de 9 %.

6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	Meses											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1. Revisión bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2. Preparación y aprobación anteproyecto	■	■	■									
3. Adquisiciones de insumos		■	■									
4. Fase 1. Fenología del aguacate			■	■	■	■	■					
5. Fase 2.1. Conservación en ambiente natural bajo cubierta							■	■	■			
6. Fase 2.2. Conservación en condiciones controladas, vida de anaquel							■	■	■	■		
7. Análisis estadístico y económico, evaluación de resultados				■	■	■	■	■	■	■	■	
8. Informe final											■	■
9. Escritura y revisión de la tesis								■	■	■	■	■

7. PRESUPUESTO

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT. US \$	P. TOTAL US \$
REC. HUMANO (SENECYT)				
Becario	mes	12	400,00	4800,00
REACTIVOS (SENECYT)				
Solución buffer pH 4	litro	2	80,00	160,00
Solución buffer pH 7	litro	2	80,00	160,00
Solución conservadora	litro	2	90,00	180,00
Solución para limpieza de electrodo	litro	2	80,00	160,00
Hexano p.a.	litro	50	25,00	1.250,00
Ftalato ácido de Potasio p.a.	gramos	500	50,00	50,00
Hidróxido de Sodio p.a.	kg	1	100,00	100,00
MATERIALES (SENECYT)				
Gavetas plásticas 14 kg	Unidad	24	6	144,00
Cartuchos de celulosa	Caja 25u	3	176	528,00
Algodón hidrófilo	Rollo500g	6	7,00	42,00
Papel filtro cualitativo	pliegos	50	1,00	50,00
Cinta masking	Unidad	12	2	24,00
Cinta de embalaje	Unidad	12	3	36,00
Etiquetas plásticas plegables	Unidad	0,05	2.000	100,00
Papel toalla	Unidad	24	2	48,00
Papel tipo kleenex	Unidad	48	2	96,00
Paños adsorbentes grandes	Unidad	24	3	72,00
Detergente líquido	litro	12	3,00	36,00
Detergente en polvo	kg	6	3	18,00
Cloro líquido	litro	6	2	12,00
Trapeadores	Unidad	4	5	20,00
Escobas	Unidad	4	5	20,00
Fundas plásticas industriales	Unidad	100	0,5	50,00
Abonos y Fertilizantes	varias			2.000,00
MOVILIZACIÓN(CORPOINIAP)				
Combustible	Galones	300	2	600,00
Peajes	Unidad	80	1	80,00
MATERIA PRIMA (SENECYT)				
Fruta	kg	400	1,00	400,00
MAT. OFICINA (CORPOINIAP)				
Marcadores permanentes	Unidad	12	3,00	36,00
CD Rw	Unidad	24	1	24,00
Papel bond	Resmas	10	4	40,00
Cinta scotch	Unidad	6	1	6,00
Clip	Caja	10	2,00	20,00
Esferográficos	Unidad	12	0,50	6,00
Archivadores de oficina	Unidad	6	2,00	12,00
Tóner de impresora	Unidad	1	140	140,00
Copias, empastado tesis	Unidad	9	30	270,00
SUBTOTAL				11.754,00
IMPREVISTOS (5%)				587,70
TOTAL				12.341,70
FUENTES DE FINANCIAMIENTO		Porcentaje aporte (%)		
CORPOINIAP			%	10
SENECYT-PASES			%	90
TOTAL			100%	100,00

8. BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. 2007. Association of Official Analytical Chemistry. Manual on policies and procedures. Edición 18. Arlington. USA.
- Alvarado, J.; Aguilera, J. 2001. Métodos para medir las propiedades físicas e industriales de los alimentos. Editorial Acribia. ES. p. 157, 329.
- Amórtegui, I. 2001. El cultivo del Aguacate. Módulo Educativo para el Desarrollo Tecnológico de la Comunidad Rural. Editorial El Poir. Ibagué, PE. p. 7, 14,15.
- Bernal, E.; Díaz, D. 2005. Tecnología para el Cultivo de aguacate, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rio Negro. Antioquia, CO. Manual Técnico 5. ISBN: 978-958-8311-74. 241 p.
- Bisonó, S.; Hernández, J. 2008. Guía tecnológica sobre el cultivo del aguacate. Santo Domingo, S.D. p. 47-48.
- Blanke, M. 1991. Respiration of apple and avocado fruits. Posth. News. Inf. 2. p. 429-436.
- Bower, J., Cutting, J. 1988. Avocado fruit development and ripening physiology. Hort. Rev. 10. p. 229-271.
- Brito, B.; Ochoa, J. 1997. Escala propuesta para la actividad de Evaluación de Índices de Madurez para conservación de durazno (*Prunus persica* L.). EC.
- Cañadas, L. 1993. El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. MAG-PRONAREG. Quito, EC. 23 p.
- Cerdas, M.; Montero, M.; Díaz, E. 2006. Manual de manejo de pre y poscosecha de aguacate. Ministerio de Agricultura. San José, C.R. 48 p.
- Feramuz, O.; Topuz, A. 2003. Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. Departament Food Engineering. University of Akdeniz. Antalya, TU. p. 1-2.
- INAMHI. 2006. Boletín meteorológico. Quito, EC. Consultado: Enero 2012. <http://www.inamhi.gob.ec/html/inicio.htm>
- INEN, 2009. Norma Técnica Ecuatoriana 1755. Frutas frescas, aguacate, requisitos. Quito, EC. 8 p.
- INIAP, 2011. Revista informativa en: Aguacate Hass con gran potencial exportador. Cuarta Edición. Quito, EC. p. 30-32.
- Jiménez, M.; Zambrano, M.; Dorantes, L.; Aguilar, M. 2001. Efecto del tratamiento térmico por microondas del puré de aguacate sobre la extracción del aceite de aguacate. Información Tecnológica. p. 115-118.
- Kikuta, Y.; Erickson, L. 1968. Seasonal changes of avocado lipids during fruit development and storage. California Avocado Society Yearb. p. 52, 102-108.
- Lewis, C. 1978. The maturity of avocados – A general review. J. Sci. Food Agr. p. 29, 857-866.

- Liu, X.; Robinson, P.; Madore, M.; Witney, G.; Arpaia, M. 1999. "Hass" avocado carbohydrate fluctuations. II. Fruit growth and ripening. J. Amer. Soc. Hort. Sci. p. 124, 676-681.
- Maldonado, R. 2006. Cultivo y producción de la palta, Editorial Ripalme. Lima, PE. p. 100-101.
- Manual de ColorTec PCM/PSM™, 2002. Basic instrument user manual. U.S., p 68.
- Morales, E; Urquiza, C. 2008. Cadena productiva de palta, Curso: Gestión Empresarial para el Desarrollo Rural. Arequipa, PE. 58 p.
- Pérez, R.; Villanueva, S.; Cosio, R. 2005. El aceite de aguacate y sus propiedades nutricionales Universidad de Guadalajara. Guadalajara, ME. p. 2-11.
- Platt-Aloia, K.; Thompson, W.; Young, R. 1980. Ultrastructural changes in the walls of ripening avocados: Transmission, scanning and freeze fracture microscopy. Bot. Gaz. 14, p. 366-373.
- Rodriguez, F.1982. El Cultivo de Aguacate. Primera edición, México DF, ME. 72 p.
- Tokar, M. 2008. Variedades de aguacate. Primer Seminario Taller Internacional de Aguacate Hass. Ibarra, EC. 5 p.
- Vásquez, W. 2008. Situación del cultivo del aguacate en el Ecuador. Primer Seminario Taller Internacional de Aguacate Hass. Ibarra, EC. p. 1-2.