

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA Y CIENCIAS
SOCIALES**



TESIS DOCTORAL

**APLICACIÓN Y COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS
MULTICRITERIO (AHP Y FUZZY LOGIC) EN LA
SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA POSTCOSECHA PARA
PEQUEÑOS PRODUCTORES DE CACAO.**

Lenin Vera Montenegro

Directores:

**Dr. D. José María García Álvarez-Coque y Dr. Dña.
María Amparo Baviera Puig**

Valencia, julio 2014

AGRADECIMIENTOS

“Y dijo al hombre: He aquí, el temor del Señor es sabiduría, y apartarse del mal, inteligencia.” (Job 28:18). Gracias Dios por haber guiado mis pasos todo este tiempo y poder llegar al final de la meta.

Agradezco la fortaleza y apoyo de mi esposa Denisse, sus oraciones, dedicación, tiempo y su lucha a la distancia hicieron posible este logro. La inspiración que me dieron mis hijos Matías, Anahí y Martín, quienes se esforzaron al máximo para asimilar mi ausencia cuando fue necesaria; así como también a mis padres y familiares que dieron su ayuda en todo momento.

Un agradecimiento profundo a mis directores José María García Álvarez-Coque y Amparo Baviera Puig, quienes con paciencia, consejos y sobre todo apoyo desinteresado; me mostraron no solo ser guías académicos sino también mi familia en un país extraño.

Al personal administrativo de la Universidad Politécnica de Valencia, quienes me han brindado apoyo logístico en diferentes temas. Además un agradecimiento especial a Javier Orozco Messana por toda la ayuda brindada desde el inicio de este proceso.

A las autoridades y personal Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” por el apoyo logístico y financiero para la realización de esta investigación, así como también del Sr. Juan Marcos Suazo por su arduo trabajo a lo largo de esta investigación.

Gracias por el apoyo del proyecto “Formas de organización de la innovación del sistema agroalimentario. Efecto sobre los resultados empresariales” (AGL. 2012-39793-C03-02) del MINECO.

A cada uno, muchas gracias.

RESUMEN

Ecuador suministra el 70% de la demanda especializada en cacao (*Theobroma cacao*) del tipo “fino y de aroma” a nivel mundial, empleado en la elaboración de chocolates de alta calidad. En esta tesis, se define un modelo de decisión de tecnología post cosecha adaptada a los pequeños productores (59% de la producción ecuatoriana), aplicando dos tipos de modelos multicriterio que incluyen como criterios: calidad, costo de transformación y capacidad de adopción tecnológica.

Para llegar a este resultado, se realizó de manera preliminar una evaluación de las tecnologías aplicadas en post cosecha considerando exclusivamente el criterio de calidad, evaluándolo por medios estadísticos. Luego se aplicaron las metodologías Análisis Jerárquico de Procesos (AHP por sus siglas en inglés) y Lógica Difusa, considerando todos los criterios citados anteriormente.

Aplicando los tres criterios, se determinó que la tecnología post cosecha que mejores resultados obtiene, por ambas metodologías multicriterio aplicadas, es la de fermentación en montón y secado en tendal. Se destaca finalmente que la metodología multicriterio permite alcanzar soluciones que se aproximan a la realidad en la forma en que los pequeños productores de cacao toman decisiones.

Palabras claves: Cacao, Post cosecha, Análisis Jerárquico de Procesos, Lógica Difusa

ABSTRACT

Ecuador supplies 70% of the “fine and flavor” cacao demand (*Theobroma cacao*) worldwide, used for the manufacture of high quality chocolate. This thesis defines a post-harvest decision model for the best technology adapted to small producers (59% of the Ecuadorian production), using two types of multi-criteria models including the following criteria: quality, cost of first processing and capacity for technology adoption.

A preliminary assessment of post-harvest technologies was needed considering only the quality criterion, which was evaluated by statistical methods. Methodologies based on Hierarchical Analysis Process (AHP for short) and fuzzy logic were then applied considering all mentioned criteria.

Applying three criteria, the post-harvest technology with best results by both multi-criteria methodologies was the “heap” for fermentation and “concrete floors” for drying. The multi-criteria methodology achieves solutions that approximate to reality in the way that small cocoa farmers make decisions.

Keywords: Cocoa, Post-harvest Hierarchy Process Analysis, Fuzzy Logic

RESUM

Equador suministra el 70% de la demanda especialitzada en cacau (*Theobroma cacao*) del tipus "fi i d'aroma" a nivell mundial, emprat en l'elaboració de xocolates d'alta qualitat. En aquesta tesi, es defineix un model de decisió de tecnologia post-collita adaptada als xicotets productors (59% de la producció equatoriana), aplicant dos tipus de models multicriteri que inclouen com a criteris: qualitat, cost de transformació i capacitat d'adopció tecnològica.

Per arribar a aquest resultat, es va realitzar de manera preliminar una evaluació de les tecnologies aplicades en post-collita considerant exclusivament el criteri de qualitat, evaluant-ho per mitjans estadístics. Després es van aplicar les metodologies Anàlisi Jeràrquic de Processos (AHP per les sigles en anglès) i Lògica Difusa, considerant tots els criteris esmentats anteriorment.

Aplicant els tres criteris, es va determinar que la tecnologia post-collita que millors resultats obté, per ambdues metodologies multicriteri aplicades, és la de fermentació en muntó i assecat en tendal. Es destaca finalment que la metodologia multicriteri, permet aconseguir solucions que s'aproximen a la realitat en la forma en què els xicotets productors de cacau prenen decisions.

Paraules clau: Cacau, Post-collita, Anàlisi Jeràrquic de Processos, Lògica Difusa.

Índice

Índice General

1. Introducción.....	11
1.1 Introducción general.	13
1.2 Antecedentes y justificación.....	14
1.2.1. Antecedentes generales.	14
1.2.2. Cifras productivas del cacao en Ecuador.	19
1.2.3. Antecedentes y justificación.....	24
1.3. Descripción de la problemática.	26
1.4. Objetivos.....	28
1.5. Estructura.	29
2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao	31
2.1. Criterios considerados en la investigación.	33
2.1.1. Calidad del cacao en Ecuador.	33
2.1.2. Adopción de tecnologías.	39
2.1.3. Costos de transformación.....	41
2.2. Descripción de los procesos realizados en la post cosecha del cacao.	42
2.2.1. Fermentación.....	43
2.2.2. Secado del cacao.	46
2.3. Preguntas de investigación.....	48
2.4. Estudio de campo realizado.....	48
2.4.1. Fase de la experimentación: análisis de Campo.....	48
2.4.2. Análisis estadístico.....	49
2.4.3. Manejo del experimento.	51
2.4.4. Resultados.	54
2.5 Conclusiones de las técnicas de postcosecha, empleado análisis estadístico.	64

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP	67
3.1. Metodología AHP.....	69
3.1.1. Generalidades de la metodología AHP.....	69
3.1.2. Descripción de la metodología AHP.	70
3.1.3. Utilización AHP en elección de tecnologías agropecuarias.	74
3.2. Desarrollo del estudio de Campo.	78
3.3. Valoración de los distintos tratamientos post cosecha.....	81
3.4. Conclusiones de los resultados obtenidos con la metodología AHP.....	94
4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy.....	97
4.1. Metodología fuzzy.	99
4.1.1. Generalidades de la metodología fuzzy.....	99
4.1.2. Conjuntos difusos.	100
4.1.3. Variables de entrada.....	102
4.1.4. Funciones de pertenencia.	103
4.1.5. Reglas de evaluación.	104
4.1.6. Inferencia borrosa.	104
4.3. Desarrollo del estudio de campo realizado.	109
4.3.1. Análisis previo.....	109
4.3.2. Aplicación de fuzzy.	111
4.3.3. Conjuntos difusos.	111
4.3.4. Fusificación.	112
4.3.5. Defusificación.	115
4.4. Resultados.	115
4.4.1. Fusificación.	115
4.4.2. Sistema experto.....	118
4.4.3. Defusificación.	119
4.5. Conclusiones de los resultados utilizando metodología fuzzy.	125

5. Comparación de metodologías.....	127
5.1. Introducción.....	129
5.2. Resumen de resultados.	130
5.3. Comparación de metodologías.....	131
6. Conclusiones.....	133
7. Bibliografía.....	139
8. Anexos	159
Anexo #1.....	161
Anexo #2.....	166
Anexo #3.....	179
Anexo #4.....	181
Anexo #5.....	183

Índice de Tablas

Tabla 1: Porcentaje de incidencia del PIB 2011 de las exportaciones ecuatorianas por sector.	14
Tabla 2: Exportaciones de cacao en grano por calidades y semielaborados.	18
Tabla 3: Distribución de cultivos de cacao por tipo y cantidad de hectáreas.	20
Tabla 4: Volúmenes comercializados a través de las organizaciones o asociaciones de productores y precios cancelados.	23
Tabla 5: Valores de los principales productos exportados en Ecuador (\$USD).....	24
Tabla 6: Normas de calidad para evaluar el cacao en grano beneficiado.	38
Tabla 7: Combinaciones de tratamientos en estudio.....	50
Tabla 8: Análisis de calidad física de los tratamientos post cosecha analizados en el período de época seca (noviembre-diciembre, 2012).....	54
Tabla 9: Análisis de varianza de Duncan al 5%, para los factores intervinientes en el experimento para época seca.	55
Tabla 10: Análisis de varianza de Duncan al 5%, para los tratamientos intervinientes en el experimento para la época seca.....	56
Tabla 11: Análisis de calidad física de los tratamientos post cosecha analizados en el período de época húmeda (febrero-marzo, 2013).....	57
Tabla 12: Análisis de varianza de Duncan al 5%, para los factores intervinientes en el experimento para época húmeda.	58
Tabla 13: Análisis de varianza de Duncan al 5%, para los tratamientos intervinientes en el experimento para época húmeda.	58
Tabla 14: Análisis sensorial durante la época seca.....	62
Tabla 15: Análisis sensorial durante la época húmeda.	63
Tabla 16: Formato de toma de criterio para los expertos.....	111
Tabla 18: Rangos de las variables de entrada y salida.....	116
Tabla 19: Datos obtenidos en los cuestionarios realizados a los expertos.	123

Tabla 20: Resultados de la valoración de tecnología posterior a la aplicación de fuzzy. 125

Tabla 21: Resultados comparativos de los resultados obtenidos en cada método.130

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Distribución porcentual del tipo de cacao sembrado en las áreas de producción.	21
Gráfico 2: Clasificación de las unidades de producción en base a su hectáreaje.....	22
Gráfico 3: Diferencias de medias significativas entre la época seca y húmeda para la variable cacao bueno.....	59
Gráfico 4: Análisis de las diferencias medias significativas a nivel de fermentación, por época del año.	60
Gráfico 5: Análisis de las diferencias medias significativas a nivel de porcentaje de fermentación, por época del año.	61
Gráfico 6: Análisis de las diferencias medias significativas a nivel de cotiledón, por época del año.	61
Gráfico 7: Estructura de criterios y alternativas para AHP.	79
Gráfico 8: Medias geométricas de las evaluaciones por pares de los criterios.....	82
Gráfico 9: Medias Geométricas de los resultados obtenidos en el clúster de “cajas”, en combinación con tres técnicas de secado.	83
Gráfico 11: Medias geométricas de los resultados obtenidos en el clúster de “sacos”, en combinación con tres técnicas de secado.	87
Gráfico 12: Medias geométricas de los resultados obtenidos de los mejores tratamientos, considerando el criterio calidad.	89
Gráfico 13: Medias geométricas de los resultados obtenidos de los mejores tratamientos, considerando el criterio costo.	90
Gráfico 14: Medias geométricas de los resultados obtenidos de los mejores tratamientos, considerando el criterio capacidad de adopción tecnológica.	92
Gráfico 15: Medias geométricas de los resultados obtenidos de los mejores tratamientos, considerando el criterio promedios globales.	93
Gráfico 16: Entradas y salida de los datos del proyecto, bajo la metodología fuzzy mediante Matlab.	113

Tabla 17: Reglas del proyecto.....	114
Gráfico 17: Ilustración de la implicación difusa de Mamdani.	115
Gráfico 18: Variable de entrada para calidad.....	116
Gráfico 19: Variable de entrada costo de transformación.	117
Gráfico 20: Variable de entrada capacidad de adopción tecnológica.....	117
Gráfico 21: Variable de salida valoración de tecnología.	118
Gráfico 22: gráfico del sistema experto.....	119
Gráfico 23: Comparación de calidad en relación a costos, en relación a la salida valoración de tecnología.	120
Gráfico 24: Comparación de calidad en relación a capacidad de adopción tecnológica, en relación a la salida evaluación de tecnología.	121
Gráfico 25: Comparación de costo de transformación y capacidad de adopción tecnológica, en relación a la salida valoración de tecnología.	122

1. Introducción

1.1 Introducción general.

El presente trabajo aborda una temática de alta importancia para la cadena de valor del cacao, como es la tecnología post cosecha del grano. La investigación se centra en pequeños productores ya que suponen el mayor porcentaje de producción.

El primer objetivo del trabajo consiste en realizar un análisis de los parámetros de calidad física y organoléptica del cacao, tal como indica la metodología clásica para este tipo de estudios a nivel nacional y mundial. Se compararon diferentes variables de respuesta, teniendo en cuenta la fermentación y el secado que comúnmente se realizan en campo. Finalmente, mediante un análisis de varianza estadístico, se obtuvo la mejor tecnología post cosecha en cacao según el criterio de “calidad”.

Los otros dos objetivos de este trabajo se han enfocado en complementar los análisis de calidad física y organoléptica clásicos al añadir los criterios “costo de transformación” y “capacidad de adopción tecnológica”. Habitualmente, estos criterios no han sido abordados por las investigaciones clásicas por lo complejo de su valoración numérica. Sin embargo, los pequeños productores, así como los técnicos agrícolas, los utilizan en el momento de tomar sus propias decisiones sobre la tecnología a implementar en sus unidades de producción.

Para poder evaluar simultáneamente estos tres criterios (“calidad”, “costo de transformación” y “capacidad de adopción tecnológica”), se ha recurrido a metodologías de análisis multicriterio, aplicándose así el Análisis Jerárquico de Procesos (*Analysis Hierarchy Process, AHP*) y la Lógica Difusa (*Fuzzy Logic*). Para finalizar, se realizó una comparación entre las diferentes metodologías empleadas: la evaluación clásica de calidad, y la realizada a través de los métodos multicriterio. Los resultados muestran que el uso de metodologías multicriterio permite tomar decisiones más aproximadas a las de la mente humana, que normalmente no puede ser analizada por otros métodos de cuantificación.

1.2 Antecedentes y justificación.

1.2.1. Antecedentes generales.

El cacao tiene una historia notable en la economía de Ecuador. De hecho, su exportación se remonta al siglo XVI, siendo en la actualidad el proveedor del 3% de la demanda mundial y el 70% en la demanda especializada en cacao fino y de aroma. Su participación en el Producto Interno Bruto (PIB) es del 1,5 %, e incide en el PIB agropecuario con un 12%, de manera que el 4% del total de la Población Económicamente Activa (PEA) depende directamente de su producción.

Representó, además, el 8% del total de divisas para el país, habiéndose vendido en el año 2011 cerca de 185.000 t, teniendo como principal destino países de la Unión Europea (Motato, 2010). La tabla 1, refleja para el año 2011 un incremento del 1,6% de la incidencia del cacao en grano en el PIB nacional y del 0,3% de incremento en la producción de elaborados a base de cacao.

Tabla 1: Porcentaje de incidencia del PIB 2011 de las exportaciones ecuatorianas por sector.

Total de las exportaciones	100%
Primarios	75,9 %
Petróleo crudo	52,1 %
Banano y Plátano	10,6 %
Camarón	4,2 %
Flores naturales	3,4 %
Otros	1,9 %
Cacao	1,6 %
Pescado	0,8 %
Madera	0,6 %
Atún	0,5 %
Café	0,2 %
Abacá	0,1 %
Industrializados	24,1 %
Otros	6,6 %
Derivados de petróleo	5,8 %
Otros elaborados productos del mar	4,7 %
Manufactura de metales	4,2 %
Manufactura de textiles	0,8 %
Químicos y fármacos	0,8 %
Café elaborado	0,6 %
Harina de pescado	0,4 %
Elaborados de cacao	0,3 %
Sombrero	0%

Fuente: Elaboración propia a partir de Estadísticas del Banco Central del Ecuador 2011.

Solórzano y Mendoza (2010) sostienen que el cacao es una planta de la familia *Sterculiaceae*, género *Theobroma* (Enríquez & Soria, 1981; Vera, 1987; Bartley, 2005; Loor, 2007; Amores, 2009a). A nivel mundial, según Watson y Dallwitz (1992), la familia Sterculiaceae está integrada por aproximadamente 68 géneros y unas 700 especies, en su mayoría originarias de las regiones tropicales en ambos hemisferios. Solórzano y Mendoza (2010) estiman que en Ecuador la familia está compuesta por 10 géneros y 30 especies, para el caso del género *Theobroma* está compuesto por cinco especies.

Según Hardy (1961) hay tres grandes grupos genéticos de cacao: Criollos, Forasteros y Trinitarios. Sin embargo, estudios contemporáneos de genética molecular confirman la amplia diversidad genética de la especie, colocando a la variedad de cacao Nacional como un grupo separado de los otros tres (Crouzillat et al., 2000). Estudios más recientes (Motamayor et al., 2008), sugieren inclusive la existencia de 10 grupos genéticos, como base para entender mejor la amplitud y estructuración de la diversidad genética del cacao en las poblaciones actuales. La confirmación de esta teoría traería implicaciones beneficiosas para el mejoramiento genético del cacao.

Solórzano y Mendoza (2010) reportan que a nivel mundial se conocen cacaos de tipo criollo, forastero amazónico, trinitario y nacional del Ecuador denominado fino de aroma. Amores et al., (2009), detallan que la variedad de cacao Nacional autóctona del Ecuador comenzó a cultivarse comercialmente a principios del siglo XVIII. El cultivo fue ampliándose hacia el norte a lo largo de las vías fluviales, a medida que se incrementaba la demanda en Europa y decaía la producción en México y Venezuela.

En el grupo del cacao Criollo, están incluidos genotipos con almendras dotadas de cotiledones de color blanco marfil, presentes principalmente en América Central, México y sectores de Venezuela y Colombia (Soria, 1966; Braudeau, 1970; Vera, 1993).

Según Arguello y Mejía (2000), en el grupo de los cacaos Forasteros, se incluyen todos los llamados cacaos corrientes del Brasil y los que se cultivan en el oeste africano,

1. Introducción

así como otros cultivares encontrados en diferentes países de América Central y norte de América del Sur . Los cacaos Forasteros son originarios de la alta Amazonía (Enríquez, 2004), y se les asigna esta denominación porque se distribuyen naturalmente en la cuenca del río que lleva este nombre. La zona localizada entre los ríos Napo, Putumayo y Caquetá en América del Sur, está considerada como el centro de origen de este grupo genético (Soria, 1966).

Solórzano y Mendoza (2010) determinan que los cacaos considerados trinitarios son muy heterogéneo y resultantes del cruce del cacao criollo con el forastero, como resultado de ello se tiene un cacao de mediana calidad.

Enríquez (1985) y Vera (1993) citados por Amores et al., (2009), determinan que la variedad Nacional es originaria de los declives orientales en la cordillera de los Andes. En efecto, se ha observado el mismo tipo de mazorca y semilla en plantas nativas en las zonas de Tena, Archidona y Macas, especulándose que los frutos transportados de un lado a otro de la cordillera, posiblemente a través de monos y ardillas, dieron lugar a las primeras plantas de cacao en la Costa. Evidencia científica reportada también en los resultados de genética molecular del cacao ecuatoriano (Loor et al., 2009).

Lecertau et al., (1997), apoyándose en técnicas de biología molecular, determinaron que el cacao Nacional es genéticamente más cercano a los cacaos Forasteros que al grupo Criollo. Los resultados del estudio sugieren que el origen del cacao Nacional puede ser incluso anterior a la singularización de los grupos Criollo y Forastero. Al final de otro estudio molecular con 320 genotipos de cacao de orígenes distintos, también se concluyó que el cacao Nacional es genéticamente diferente del Forastero, Criollo y Trinitario, ubicándose su origen en una zona bastante específica de la Amazonía (Loor R. G., 2007).

El 22 de julio de 2005, el Ministro de Agricultura Ganadería, Acuacultura y Pesca, suscribió el Acuerdo Ministerial No. 070 que declara al cacao como Producto Símbolo del Ecuador dado que “constituye el producto agrícola de mayor incidencia en la Historia

1. Introducción

Nacional; por sus connotaciones de antigüedad y su contribución al desarrollo social, económico y político” (MAGAP - Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2005).

Además, este documento menciona que sus cualidades únicas son reconocidas a nivel mundial. Dentro del acuerdo, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP) se compromete a brindar todo el apoyo para el fomento de la producción, comercialización y exportación de dicho producto.

Amores et al., (p. 46, 2009) afirman:

“...que los exportadores consideran que las principales fortalezas que tiene la actividad productiva del cacao en Ecuador son: el tipo de cacao fino y de aroma, sabor único en el mundo, ser un país autosuficiente en producción cacaotera, el producto tiene un elevado índice de polifenoles que disminuyen con la fermentación y son responsables de la astringencia y amargor del cacao.”

Motato (2010) lo confirma basado en datos del *International Cocoa Organization* (2009) que el Ecuador, ha sido considerado como productor de cacao fino y de aroma denominado “Arriba”. Cabe resaltar que esta característica particular es el resultado de una adecuada interacción genotipo-ambiente, a más del tratamiento pos cosecha del grano. Por estas características, el mercado internacional está demandando una mayor proporción de cacao fino y de aroma.

Motato (2010) manifiesta que el Ecuador es el primer productor de cacao fino de aroma con el 70% del mercado para este producto especializado. La participación de este cacao representa solamente el 4% a nivel mundial. Sin embargo, la tendencia de crecimiento del consumo se estima del 5 al 10% anual. Esto demuestra que existe una oportunidad interesante para Ecuador en este nicho de mercado.

Carrillo y Vega (2008), y Amores (2009b) declaran que en la década del ochenta, el Ecuador tenía la clasificación para exportar 100% cacao fino, pero posteriormente eso

1. Introducción

cambió al 75% debido a la calidad con la que se exportaba el cacao, por su mezcla con otras de baja calidad como el CCN-51¹.

Como parte de la cadena de valor, los productores pueden vender sus productos a las organizaciones de productores a las que pertenecen, a los acopiadores mayoristas rurales y/o a los acopiadores urbanos (estos últimos representan el mayor volumen de venta). Estos, a su vez, venden a las 50 compañías dedicadas a la exportación, socias de la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (ANECACAO). Estas empresas exportan a los exigentes mercados europeos y de norte América que trabajan con cacao nacional fino y de aroma, tratando de no mezclar con el cacao CCN-51 u otras variedades carentes de aroma tradicional (Amores, 2009b).

La tabla 2, cuyos datos fueron proporcionados por la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao del Ecuador - ANECACAO (2012), refleja los volúmenes de ventas en toneladas métricas (t) del cacao ecuatoriano, de acuerdo a calidad, además de los precios cancelados por las ventas, en relación al último año de exportaciones 2012. Esto como referencia, a la diferencia de precios, entre lo cancelado por cada calidad de cacao y la importancia que debe tener esta para obtener mejores réditos.

Tabla 2: Exportaciones de cacao en grano por calidades y semielaborados.

Acumulado anual de calidades de granos y tipos de semielaborados.		
	t EQ.	Ingreso F.O.B.
Granos	152,248	\$349.269.898,54
A.S.E.	60.028,58	\$ 134.028.730,77
A.S.N.	600,04	\$ 1.460.533,92
A.S.S.	33.686,49	\$ 79.963.969,53
A.S.S.S.	9.341,91	\$ 22.792.041,58
CCN-51	48.579,08	\$ 110.994.596,98
CACAO TOSTADO	0,10	\$ 246,54
GRANOS DE CACAO	12,24	\$ 29.779,21
Semielaborados	22,312	\$ 44.850.407,66
Licor o Pasta	6.236,25	\$ 16.933.731,82
Manteca	7.603,90	\$ 24.977.206,84
NIBS	57,96	\$ 166.741,25

¹ Tipo de cacao desarrollado en Ecuador por Homero Castro en 1965, quien lo denominó "Colección Castro Naranjal" obteniendo finalmente la del tipo 51 (CCN-51) (ANECACAO, 2013).

1. Introducción

Polvo	6.338,45	\$ 2.140.370,42
Torta	2.075,24	\$ 632.357,33
Total general Anual	174,560	\$ 394.120.306,19

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos proporcionados por el Departamento de estadística ANECACAO, 2012.

Carrillo y Vega (2008) también señalan que en algunas ocasiones estos agentes de comercialización venden el cacao nacional a las industrias confiteras de Guayaquil, Quito, Ambato, Cuenca y otras ciudades del país con precios adicionales que van desde 6 a 10 dólares por quintal para la elaboración de chocolates, barra, polvo, caramelo y galletas por las marcas NABISCO, NESTLÉ, FERRERO, CONFITECA, LA UNIVERSAL entre otras. Estos productos son comercializados en todas las provincias del país a través de sus redes de distribución.

Además, estos productos tienen el sello de calidad y además gran acogida en el mercado interno. La presentación del producto depende del tipo de elaborados que se compre. Estos van desde aquellos que vienen en plásticos, cajas, fundas, frascos, tarros de metal o plásticos, cartón, aluminio, entre otras líneas que permitan la conservación del producto hasta que llegue a los consumidores.

1.2.2. Cifras productivas del cacao en Ecuador.

Según ANECACAO (2012) hay 243.05 has 9 de monocultivo y 190.919 has como cultivo asociado, en total 433.978 has. Desde el año 2009, se estima que la superficie de cacao puede haber aumentado a más de 500.000 has. Este incremento es debido a gran parte por los buenos precios en los últimos años y al declive del café. Se estima que la superficie de CCN51 alcance para los siguientes años el 10% del total de la superficie.

Estas cifras tienen mucha concordancia con las expuestas por Pino (2010), quien concluye que tomando como base la actualización de datos del 2009 del censo agropecuario del 2007, existían en esa fecha 94.855 Unidades Productivas (UPAC) equivalentes a 386.365 has de cacao en monocultivo o asociado en producción, el 94% de tipo Nacional y el 6% restante CCN-51, y afirma que existen 77.425 has de cacao sembradas y que no son productivas, aquí se destaca que el autor separa la cantidad de

1. Introducción

has productivas de las no productivas, sumando ambas cifras se tienen datos similares a los proporcionados por ANECACAO.

Para ampliar los datos anteriormente mencionados, se puede observar en la tabla 3 la distribución de has por tipo de cacao, tomando en consideración solamente las has que se encuentran en plena producción. Las otras 77.425 has corresponden a nuevas áreas de cacao sembradas y que aún no son productivas o a cultivares envejecidos que han perdido su capacidad productiva.

Tabla 3: Distribución de cultivos de cacao por tipo y cantidad de hectáreas.

Tipos de cacao	has
Nacional	361,148
Complejo Nacional	3,550
Criollo	244
CCN51	21,250
ICS-95	150
Clones INIAP	23
Total	386,365

Fuente: MAGAP 2009, Censo agropecuario del 2007.

La superficie de cacao está distribuida a lo largo de 18 provincias, la mayor concentración se encuentra en Los Ríos, Guayas, Manabí, Esmeraldas y El Oro. En los últimos años, en las provincias de Orellana y Sucumbíos, la superficie sembrada se ha incrementado a por lo menos 14.000 has de cacao, 75% de las cuales corresponde al tipo Nacional. Esta zona, en dos o tres años, se constituirá como una de las principales proveedoras de cacao para la exportación.

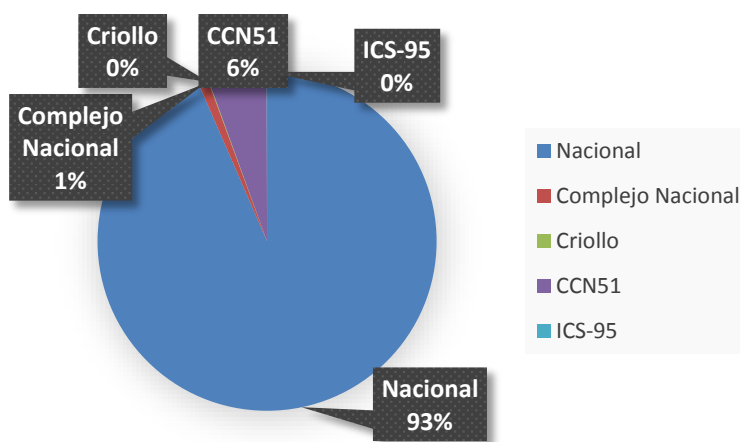
Los registros de producción de ANECACAO (2012) destacan que el 81,4% del cacao es de tipo Nacional y 17,6% CCN-51. Esto puede crear confusión con el dato presentado anteriormente, de la cantidad de área sembrada con CCN51 que no supera ni el 10% de la superficie. La respuesta es evidente: es un tipo de cacao muy productivo pero de baja calidad. Esto se explica con los datos de rendimientos, que en promedio es de 0,40 toneladas métricas/hectárea t/has, siendo el promedio para cacao Nacional = 0,18 t/has,

1. Introducción

mientras en CCN51 = 0,93 t/has, en clones INIAP = 0,67 t/has. Las provincias con mayor producción son Los Ríos, Manabí, Guayas y Esmeraldas.

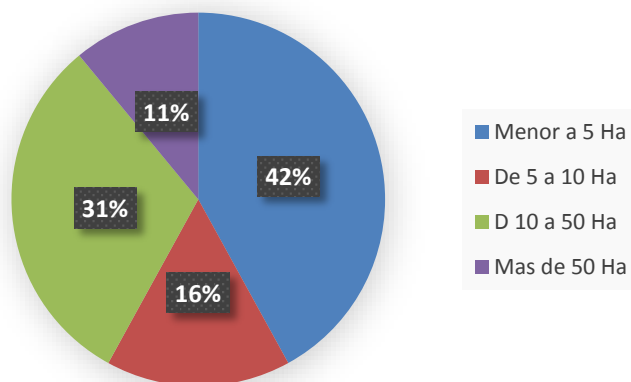
A continuación se expresan en forma gráfica los datos de la tabla 3, y se evidencia mejor como se encuentra distribuida la superficie de siembra en base al tipo de cacao que se encuentra a nivel de todo el país.

Gráfico 1: Distribución porcentual del tipo de cacao sembrado en las áreas de producción.



Fuente: MAGAP 2009, Censo agropecuario del 2007.

Con los datos de la distribución de superficie de terreno dedicado a la producción de cacao, solo queda definir como está compuesta la estructura productiva en Ecuador. En el gráfico 2 (MAGAP - Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2009), se evidencia que el 59% que la producción de cacao Nacional está concentrada en pequeños productores con extensiones no mayores a las 10 has; el resto de la producción, se concentra en un 31% en medianos productores y en un 11% en los productores considerados grandes por tener superficies que sobrepasan las 50 has, en otras palabras, el mayor volumen productivo en el país se encuentra concentrado en los pequeños productores.

Gráfico 2: Clasificación de las unidades de producción en base a su hectáreaje.

Fuente: MAGAP, 2009.

Según datos de ANECACAO (2012) basado en los del MAGAP (2009), se destaca que del 59% del total de pequeños productores solo el 5% del volumen exportado pertenece a organizaciones o asociaciones que agrupan a una parte de estos pequeños productores. Lo cual refleja a las claras que el otro 95% del cacao exportado es adquirido por intermediarios a la gran masa de pequeños productores y a otro grupo de medianos y grandes productores. Motivo por el cual este estudio se enfoca en este sector productivo vulnerable.

Con los datos del departamento estadístico de ANECACAO (2012) se elaboró la tabla 4, en la que se detalla el volumen comercializado por las organizaciones de productores y la relación porcentual con el total exportado. Con todos estos datos, teniendo en cuenta que alrededor del 60% de la producción es realizada por pequeños productores y que solo el 5% lo comercializan sus organizaciones, es evidente que las soluciones a problemáticas deben darse a este nivel.

Tabla 4: Volúmenes comercializados a través de las organizaciones o asociaciones de productores y precios cancelados.

Organizaciones o asociaciones de productores	Total t	Total FOB	%
Asociación "La Fortaleza del Valle"	390,54	1.134.001,35	0,212
Asociación de productores de cacao de la zona norte de Esmeraldas "APROCANE"	204,27	595.632,88	0,111
Asociación de trabajadores agrícolas	7,59	21.697,79	0,004
Fundación Maquita Cushunchic	7.089,39	21.443.336,56	4,004
"Urocal"	223,16	606.384,86	0,113
"Unocace"	1.636,13	4.481.447,96	0,837
Total comercializado por organizaciones	9.551,08	28.282.501,39	5,281
Total exportado	190.086,25	535.529.670,64	100

Fuente: Elaboración propia a partir del Departamento de estadística ANECACAO, 2012.

En lo que respecta ya a los volúmenes exportados, a fin de seguir la secuencia de los anteriores datos, Pino (2010) expone en su estudio de cadena de valor del cacao, que se exportaron 130.322,00 t de cacao en grano para ese año, de los cuales, 100.908 t (77%) fueron de tipo "arriba" o nacional. La exportación de CCN-51 en el año 2009 fue de 29.389 t (23% del total), sin embargo se puede suponer una producción mayor, pues también se exporta transformado en manteca, polvo y mezclado con el tipo Nacional. En lo que se refiere al cacao especial y con certificación (orgánico, rainforest alliance, comercio justo y de calidad-origen), la superficie certificada para el año 2009 se estimó en 20.000 has, equivalentes a 12.300 UPAC y con una exportación de alrededor de 4.300 t.

Sin embargo como se evidencia en la tabla 2, teniendo como fuente ANECACAO (2012), los volúmenes exportados aumentaron considerablemente a 164.504,72 t, teniendo una distribución con base en la calidad de: 60.456,15 t en cacao con calidad ASE², 4.135,93 t en cacao con calidad ASN, 49.677,23 t para cacao con calidad ASS, 12.711,59 t para calidad ASSS y finalmente 37.523,82 t para calidad CCN51.

² Calidades del cacao ecuatoriano; ASE (Arriba Superior Época), ASN (Arriba Superior Navidad), ASSS (Arriba Superior Summer Selecto), (NTE 176)

1. Introducción

El Banco Central del Ecuador (2012) reporta que, desde al año 2007 hasta el 2011, el cacao es el producto exportable más estable en cuanto al incremento anual de exportaciones del país, ya que a la fecha no ha tenido descensos en ninguno de los años citados (tabla 5), en esta misma tabla se evidencia un incremento del 37,49% para el año 2011, en relación al anterior en todas las exportaciones de cacao en grano o industrializado.

Tabla 5: Valores de los principales productos exportados en Ecuador (\$USD)

Principales productos exportados	2007		2008		2009		2010		2011	
	USD	USD	USD	%	USD	%	USD	%		
Petróleo	7,428	10,568	6,284	-40,54%	8,927	42,06%	11,802	31,84%		
Plátano	1,302	1,639	1,994	21,69%	2,032	1,91%	2,245	10,46%		
Derivados de petróleo	400	1,104	680	-38,39%	721	6,03%	679	53%		
Camarón	612	674	650	-3,56%	828	27,38%	1,174	38,26%		
Conservas de pescado	686	832	630	-24,28%	601	-4,60%	902	50,08%		
Flores	469	565	545	-3,51%	598	9,72%	679	17,47%		
Cacao	239	262	382	45,75%	402	5,24%	584	37,49%		
Manufacturas de metales	686	749	532	-29%	707	32,89%	695	-1,70%		

Fuente: Estadísticas del Banco Central del Ecuador 2012.

1.2.3. Antecedentes y justificación.

Según Jiménez y Amores (2008) uno de los factores de mayor relevancia en la calidad del cacao es proceso de post cosecha; este proceso se refiere a la preparación del grano o almendra como paso previo para su comercialización e industrialización. Con este propósito, se realizan operaciones ordenadas, que se inician con la cosecha, seguida de la fermentación y concluyendo con el secado del grano.

La fermentación y el secado son etapas muy importantes en el beneficio del cacao, *Theobroma cacao L.* En la primera etapa, se producen reacciones bioquímicas que causan una disminución del amargor y de la astringencia y que dan origen a los precursores del aroma y sabor a chocolate. En la segunda etapa, se reduce la humedad, pasando luego a la fase oxidativa, iniciada en la fermentación y se completa la formación de los compuestos del aroma y sabor (Jinap et al.,1994; Cros & Jeanjean, 1995).

De acuerdo con Amores (p. 56, 2009b)

1. Introducción

“...en el caso de la fermentación, los métodos varían de acuerdo con el volumen de producción de la finca y es complejo y costoso cuando los volúmenes cosechados son grandes, siendo los más utilizados los siguientes: Cajones de madera, Fermentación en “montón” y Fermentación en “sacos”.

Luego de la fermentación, las almendras terminan con alrededor del 55% de humedad. Mediante el secado, baja hasta el 6% o 7%, nivel necesario para su almacenamiento seguro (Gutiérrez, 1988).

Durante el secado, el aire penetra al grano a través de la cutícula o testa, oxidándose parte de los polifenoles que aún quedan en el grano. Esta fase es la continuación de las reacciones bioquímicas internas que conducen al desarrollo de los precursores del sabor y aroma del cacao en almendras bien fermentadas. El proceso finaliza porque la falta de humedad en la almendra inactiva las enzimas que regulan el proceso oxidante.

Se pueden referir, de manera macro, dos tipos de secado: el secado al sol y el secado artificial. De cada uno de ellos se desprenden variantes; sin embargo, se asegura que la velocidad del secado depende de tres factores: transferencia de calor al interior del grano, movimiento de vapor de agua desde el grano al aire circundante y finalmente la cantidad de superficie del grano expuesta al aire. Por estos motivos, se recomienda evitar que se produzca el secado rápido porque previene la oxidación del ácido acético en su interior, quedando una proporción importante de este compuesto atrapado en los granos y afectando negativamente la calidad sensorial.

Con respecto a la variante del secado al sol, Carrillo y Carvajal (2010) afirman que puede realizarse en cajones de madera corredizos, en “tendal” o sobre caña guadua, en los últimos años también se ha implementado la utilización de marquesinas. En este tipo de secado, se realizan remociones continuas para extraer la humedad hasta quedar en niveles aceptables de almacenamiento.

1. Introducción

En documento técnico, el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) publica la forma de clasificar la calidad del grano, de acuerdo a parámetros internacionales, es así como establece la *Norma Técnica Ecuatoriana 176 NTE (2006)*, INEN 0176:06 4R, *Cacao en grano. Requisitos*, confirmada en 2012, en la cual se exponen los requisitos para evaluar y clasificar la calidad del grano en Ecuador, normativa que se mantiene hasta la actualidad (INEN - Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2006). Más adelante, en este documento se describe de manera detallada las calidades y los parámetros de calificación de la misma.

Con estos antecedentes, Pino (2010) resalta como factor crítico en la cadena de valor del cacao en Ecuador, el proceso post cosecha o beneficio. La disminución de la calidad por mal manejo post cosecha afectó los precios y premios de calidad que en el pasado tenía el cacao en Ecuador; debido a que los exportadores mezclaban granos, con diferentes calidades posterior al beneficio, previo a la exportación.

1.3. Descripción de la problemática.

Con los antecedentes descritos en el punto anterior, se puede señalar que el precio cancelado por el cacao en grano depende de la calidad obtenida finalmente por el producto. Esta calidad depende en alto grado de la tecnología de beneficio (post cosecha) que recibe el grano. Ortiz et al., (2009) consideran que en la tecnología post cosecha intervienen dos grandes procesos: fermentación y secado, ambos marcan la calidad cuantitativa y cualitativa del grano.

Al ser muy variables las técnicas post cosecha empleadas por pequeños productores que representan el 60% de la producción, como por centros de acopio, se ha tenido problemas en la homogenización de la calidad y por ende en la calificación comercial del grano, repercutiendo finalmente en los precios (Amores, 2011). En los estudios reportados hasta ahora se brindan resultados de indicadores relacionados con los efectos de los diferentes métodos post cosecha sobre la calidad (características físicas,

1. Introducción

químicas, biológicas y organolépticas del grano). Sin embargo, no se llegan a dar criterios de estandarización de los procesos en cada uno de los niveles de producción, por no haberse contrapuesto otros factores como, por ejemplo, la valoración económica de cada una de las posibles combinaciones.

Castellanos et al., (2008) en su estudio de mejoramiento de la post cosecha del cacao a partir del *road mapping*, usando como base datos de los principales países productores de cacao, entre ellos Ecuador, concluyen que:

“...en la post cosecha del cacao se presentan malas prácticas agrícolas, baja transferencia tecnológica y escasa investigación. Con relación al análisis de brechas, se identificaron vacíos en investigación relacionada con normalización y estandarización de proceso de beneficio acorde a la región productora”.

A esto se añade lo expuesto por Cáceres et al., (1997), que enfatizan que la adopción de una tecnología es compleja, debido a que no sólo están en juego factores técnico-productivos, sino también una intrincada red de relaciones sociales, donde los agentes involucrados confrontan lógicas distintas, desarrollan actividades muy diferentes y pugnan por lograr un mejor posicionamiento en el campo donde desarrollan su actividad socioeconómica.

Por ello en Ecuador, los pequeños productores que realizan labores de post cosecha en cacao, difieren en gran manera en las técnicas implementadas; porque todos los estudios hasta ahora, han relacionado solamente las técnicas empleadas (factor técnico-productivo) con la calidad del grano. Esto no garantiza la aplicabilidad y unificación de tecnologías entre los productores, por lo señalado en el anterior párrafo.

Al no considerarse más factores para la selección de una tecnología post cosecha en el país, los productores aplican tecnologías muy diversas. Esto provoca gran heterogeneidad en la calidad, que implica una disminución en el pago del producto, constituyéndose un perjuicio para el pequeño productor.

Con este precedente, queda claro que las decisiones o selección de alternativas de la tecnología post cosecha a utilizar han sido tomadas apoyándose en un único criterio

de “calidad” y no con la combinación de múltiples criterios, que en ocasiones pueden contraponerse entre sí. Por eso, se hace necesaria la aplicación de metodologías o herramientas que permita la aplicación de varios criterios para la selección de tecnologías post cosecha del cacao.

1.4. Objetivos.

Con los antecedentes expuestos en el anterior acápite, el objetivo general que se pretende conseguir en la investigación es el siguiente:

Definir un modelo de tecnología post cosecha en cacao adecuado para pequeños agricultores en la provincia de Manabí - Ecuador, a partir de la aplicación de metodologías de análisis multicriterio.

Para poder dar cumplimiento al objetivo señalado, se plantean los siguientes objetivos específicos como parte de esta propuesta:

1. Analizar estadísticamente la calidad en el grano de cacao al aplicar diferentes técnicas post cosecha combinadas de secado y fermentación del grano de cacao.
2. Aplicar el AHP a las tecnologías post cosecha en cacao, teniendo en cuenta múltiples criterios seleccionados y evaluados por expertos a nivel nacional.
3. Emplear la metodología de lógica difusa en la selección del mejor tratamiento post cosecha, tomando en consideración las variables de entrada brindada por expertos nacionales en cada criterio.
4. Comparar los diferentes resultados obtenidos a través de las metodologías empleadas.

1.5. Estructura.

La estructura del presente trabajo parte de los objetivos anteriormente planteados, teniendo una primera fase de análisis de información, una segunda fase de investigación de campo y una fase final de estructuración de la información recolectada.

Inicialmente, se realiza por medio del marco teórico una investigación de las tecnologías post cosechas existentes en cacao, tanto a nivel de fermentación como de secado. Seguidamente, se realiza una descripción de la metodología empleada en campo para obtener los resultados comparativos de cada uno de los posibles tratamientos. Finalmente, se procede a analizar cada uno de los tratamientos desde el punto de vista estadístico, tomando en consideración como factor a evaluar el parámetro de calidad y sus diferentes indicadores a nivel físico, así como también organoléptico de cada tratamiento (Capítulo 2).

En el siguiente capítulo, se realiza una revisión de la metodología de AHP, las diferentes aplicaciones y usos en la toma de decisiones en el campo de la agricultura y su funcionalidad para poder elegir entre tecnologías cuando existen varios criterios. Se desarrolla además la metodología que se aplicó para poder obtener los datos de los expertos a nivel nacional; y, finalmente se presentan los datos de los mejores tratamientos en base a los criterios considerados y de manera global, llegándose además a concluir y recomendar en base a estos resultados (Capítulo 3).

En el siguiente capítulo, se propone la utilización de otra metodología para valorar los diferentes métodos post cosecha en cacao. La metodología elegida es la Lógica Difusa (*Fuzzy Logic*). Por este motivo, se realiza una revisión de sus distintas aplicaciones y usos para la elección de tecnologías. La lógica difusa se desarrolla a partir de cuestionarios a expertos nacionales en los que valoran los diferentes métodos. Estos datos son posteriormente tabulados y analizados bajo la metodología fuzzy para poder concluir y recomendar sobre el mejor tratamiento post cosecha (Capítulo 4).

1. Introducción

A continuación se realiza una comparación de los resultados obtenidos, bajo las distintas metodologías aplicadas, con el objetivo de encontrar congruencias o diferencias entre ellas (Capítulo 5).

Finalmente, a partir de todos los resultados, se extraen las conclusiones y se realizan recomendaciones generales a fin de estructurar posibles directrices de futuras investigaciones en este campo (Capítulo 6).

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

2.1. Criterios considerados en la investigación.

Al momento la investigación post cosecha en el cacao se ha concentrado en la calidad del grano; sin tomarse en cuenta otros criterios (adopción tecnológica y costos de transformación), bajo los cuales se puede evaluar los procesos tecnológicos empleado en la post-cosecha (fermentación y secado). A continuación se hace una revisión de otros criterios y sub criterios bajo los cuales puede ser evaluada la tecnología post cosecha en el cacao.

2.1.1. Calidad del cacao en Ecuador.

La calidad en el cacao se manifiesta a través de características físicas (tamaño, peso, grosor de la cáscara), químicas (contenido de grasa, polifenoles, etc.) y sensoriales vinculadas con el sabor y el aroma (Reyes et al., 2004). Con la excepción del contenido de humedad, la calidad comercial se aprecia con métodos subjetivos, mediante la aplicación de la prueba de corte (un total de 100 almendras se cortan por la mitad para observar el grado de fermentación en los cotiledones), en ocasiones complementadas con lecturas de degustación. Esta última práctica se está generalizando y volviendo cada vez más importante para adaptar el comercio a la segmentación creciente del mercado cacaotero.

a. Calidad física.

La calidad física es la forma en la que los países compradores clasifican el grano de cacao por su apariencia, humedad, contenidos de materiales extraños, mohos, insectos y otros. Hay características afectadas por el ambiente durante el desarrollo de la mazorca, por ejemplo, la deficiencia de agua y nutrientes impide que las semillas alcancen su tamaño normal. De allí que el índice de la semilla es más alto al final del período lluvioso por las mejores condiciones para el desarrollo del grano. La comercialización internacional requiere cacaos con índice de semilla por encima de 1 g. El índice promedio de semilla para el cacao ecuatoriano es de 1.26 g, el de Ghana considerando el referente mundial

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

por su calidad particularmente física, en el mejor de los casos llega a 1.15 g (Amores, 2009a).

El porcentaje de la testa o cascarilla posee un fuerte componente genético moviéndose en un rango que va desde 6% hasta 16%. Usualmente existe una relación inversamente proporcional con el tamaño de la almendra (Alvarado & Bullard, 1961), es decir, que el porcentaje es más alto en las almendras pequeñas y menor en las más grandes. De la magnitud del porcentaje de cascarilla, se derivan importantes implicaciones económicas para el transporte y el rendimiento de *nibs*, esto es, de los cotiledones triturados. Obviamente, el mercado prefiere granos con más *nibs* y menos cascarilla.

a.1. Prueba de corte para el análisis de fermentación.

Es una prueba que requiere la observación visual y se utiliza para determinar el grado de fermentación de las almendras, por su influencia directa sobre el sabor y aroma a chocolate, es recomendable su aplicación como máximo a los 30 días después del secado, para aislar en lo posible el efecto de oxidación, que continúa en alguna medida durante el almacenamiento. La oxidación de los tejidos en los cotiledones hace que los colores internos cambien naturalmente, pudiendo estos adquirir un color marrón típico en la fermentación, pero el sabor y aroma de los granos no mejora (Stevenson et al., 1993).

Según Stevenson et al., (1993) la masa de cacao que ha recibido una fermentación normal debe satisfacer de manera general los siguientes requisitos: 0% - 2% de almendras pizarras, 35% de almendras parcialmente o totalmente violetas, 65% de almendras completamente marrones. Al sobrepasar el último porcentaje se corre el riesgo de una sobre fermentación.

La prueba de corte es un instrumento subjetivo de evaluación que sirve para conocer el estado de la fermentación de las almendras, además de otras características físicas y sanitarias (tamaño, peso, porcentaje de humedad, contenido de material extraño,

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

mohos, hongos e insectos) vinculadas con la calidad. Sin embargo, la prueba como tal no es suficiente para determinar con precisión la calidad final de un lote de cacao. Los resultados de la prueba de corte permiten la clasificación de las almendras en las clases que se describen a continuación según Jiménez y Amores (2008):

a) *Almendras de color marrón o café*: Poseen una fermentación completa; los ácidos han causado la muerte del embrión y apertura de las vacuolas celulares de pigmentación. Las almendras están hinchadas y la testa se separa fácilmente del cotiledón. La calidad del sabor y aroma del grano es óptimo para la elaboración de chocolates gourmet.

b) *Almendras marrón con bordes violetas*: han sufrido solo una fermentación parcial; los ácidos no han penetrado completamente y una proporción de las vacuolas está intacta; el cotiledón está algo compacto y la testa moderadamente suelta. La calidad del sabor es regular y aprovechable para producir chocolate.

c) *Almendras violetas*: son aquellas que no se han fermentado completamente; contienen un exceso de acidez procedente de la pulpa, la que en forma de ácido acético penetró tempranamente a los cotiledones. Las almendras no están hinchadas y la apariencia interna es compacta; son la fuente de un sabor astringente y ácido.

d) *Almendras pizarrosas*: De color gris oscuro como el de una pizarra escolar, las almendras no han logrado fermentar, entre otras razones porque provienen de mazorcas pintonas; la compactación es extrema y producen sabores amargos y astringentes de alta intensidad; el color gris pizarra es un defecto muy serio para la industria

b. Composición química del grano de cacao.

Wakao (2002) establece que la composición química de los granos de cacao depende de varios factores entre los que se pueden citar: tipo de cacao, origen geográfico, grado de madurez, calidad de la fermentación y el secado. El beneficio pos cosecha también influye sobre su composición química. Los principales constituyentes químicos

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

del cacao son: agua, grasa, compuestos fenólicos, materia nitrogenada (proteínas y purinas), almidón y otros carbohidratos.

b.1. Concentración de polifenoles.

Los polifenoles de la semilla del cacao están almacenados en células distribuidas en grupos a través de los cotiledones, son compuestos que participan activamente en las modificaciones bioquímicas en el interior de las almendras durante la fermentación. Una de ellas, la oxidación enzimática, causa la disminución del contenido de polifenoles, a través de la hidrólisis de las antocianinas y la polimerización de los monómeros y oligómeros de flavonoides, transformándolos en compuestos insolubles. (Calderón, 2002)

Como resultado disminuye la astringencia y el amargor, influyendo positivamente sobre la calidad sensorial del cacao. En las almendras violetas o pizarras, este fenómeno es incompleto o no se ha producido, por lo que la intensidad de amargor y astringencia se encuentra asociada a una mayor concentración final de polifenoles totales (Cros, 2004). Si la fermentación es bien realizada, la concentración de polifenoles totales en los granos de cacao, se reduce en un 40% o más (Calderón, 2002; Amores et al., 2007).

b.2. Acidez.

El contenido de ácidos orgánicos, compuestos que aportan a la acidez del perfil sensorial del cacao, varía entre el 1,2% y 1,6%, algunos, entre ellos el acético, cítrico y oxálico, se forman durante la fermentación Armijos (2002). La fermentación causa cambios en la magnitud del pH de la testa o cascarilla (asciende) y de los cotiledones (desciende), pero ambos valores tienden a coincidir hacia el final del proceso fermentativo.

En los cotiledones, el pH desciende desde aproximadamente 6.5, en almendras frescas, al momento de colocarse la masa en los cajones de fermentación, hasta valores dentro del rango de 5,0 a 5,5, en almendras fermentadas (Amores et al., 2007). Jinap y

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

Dimick (1990) citado por Armijos (2002), también señalan que durante la fermentación ocurren grandes cambios tanto en el tiempo como en la concentración de los ácidos del cacao, tal es así que inicialmente el pH de las almendras frescas es de 3,5 en la pulpa y de 6,5 en el cotiledón.

b.3. Teobromina y cafeína:

La *teobromina* y la *cafeína* pertenecen a la familia de las *purinas* y representan más del 99% de los alcaloides presentes en el cacao. La concentración final de ambos está determinada por el genotipo, el grado de maduración de las almendras y el nivel de fermentación (Wakao, 2002). Durante la fermentación, el contenido de teobromina y cafeína se reduce entre el 20% y el 30%, contribuyendo al descenso en el nivel de amargor de los granos al reducirse el aporte de la teobromina en la expresión de este rasgo sensorial. En estudio conducido por Wakao (2002), también demostró que los contenidos de teobromina y cafeína, disminuyen a medida que avanza la fermentación, en proporciones que varían entre el 15% y el 24%.

2.1.1. Normas para controlar la calidad del cacao.

Las características que deben reunir los granos de cacao destinados a la comercialización han sido fijadas por el Comité respectivo en la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). También se aplican Normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en lo que tiene que ver con los límites para la presencia de aflatoxinas, plaguicidas y metales pesados. A nivel local se aplica la Norma INEN – NTE (INEN - Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2006) que se describe a continuación:

- 1) El máximo porcentaje de humedad para el cacao beneficiado debe ser 7%.
- 2) El cacao beneficiado no debe estar infestado por ningún tipo de insectos.
- 3) El cacao beneficiado no deberá exceder el 1% de granos partidos.
- 4) El cacao beneficiado debe estar libre de olores a: moho, humo, ácido butírico (podrido), agroquímicos, o cualquier otro que se considere objetable.
- 5) El cacao beneficiado debe estar libre de impurezas y materias extrañas.

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

- 6) El contenido de grasa debe ser el más alto posible, preferible sobre el 50%.
- 7) El peso promedio de un grano fermentado y seco no debe ser inferior a un gramo.
- 8) La cutícula o testa será suelta y entera, bastante fuerte para evitar la ruptura y su valor no debe pasar del 12% del peso de la almendra.
- 9) Las almendras deben tener la capacidad de desarrollar un buen chocolate después de su beneficio.
- 10) La muestra debe estar libre de granos sin fermentar (pizarras) de color gris oscuro, o mal fermentados (violetas) y totalmente morados.

Los requisitos establecidos en los numerales 8 y 10 se incumplen con frecuencia por razones prácticas. La heterogeneidad y variedad genética del cacao en las huertas tradicionales dificulta la obtención de lotes de cacao sin almendras violetas, o con porcentajes de testa del 12%. Varios orígenes ampliamente comercializados en el mercado internacional tienen almendras que superan el 12% para el contenido de testa. (Common Bean Atlas of the Americas, 2013)

A continuación la tabla 6, refleja las diferentes calidades del cacao, además de los parámetros bajo los cuáles son clasificados:

Tabla 6: Normas de calidad para evaluar el cacao en grano beneficiado.

Requisitos	Unidad	Cacao Arriba					CCN-51
		ASSPS	ASSS	ASS	ASN	ASE	
Cien granos pesan	g	135-140	130-135	120-125	110-115	105-110	135-140
Buena fermentación (mínimo)	%	75	65	60	44	26	65
Ligera fermentación (mínimo)	%	10	10	5	10	27	11
Total fermentado (mínimo)	%	85	75	65	54	53	76
Violeta (máximo)	%	10	15	21	25	25	18
Pizarroso/pastoso (máximo)	%	4	9	12	18	18	5
Moho (máximo)	%	1	1	2	3	4	1
Totales (análisis sobre 100 pepas)	%	100	100	100	100	100	100
Defectuoso (máximo) (análisis sobre 500 gramos)	%	0	0	1	3		1

Fuente: Norma técnica INEN - NTE 176.

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

2.1.2. Adopción de tecnologías.

El cambio tecnológico es un componente normal en la conducta del productor agrícola y constituye la base del diseño de sus estrategias de producción. Si esta capacidad de cambio no existiera, difícilmente podrían ajustar su actividad productiva a las permanentes variaciones ecológicas, sociales y económicas de su contexto y, en consecuencia, los sistemas campesinos no hubieran persistido por tanto tiempo. (Cáceres et al., 1997)

En vez de considerar a los campesinos como actores sociales sujetos a la tradición y refractarios a todo tipo de cambio tecnológico, esta perspectiva conceptual postula que los campesinos deberían ser entendidos como sujetos que basan su operación socioeconómica en una lógica diferente a la lógica de capital (Dillon & Scandizzo, 1978; Schejtman, 1980; Binswanger & Sillers, 1983; Chambers, 1991). Por lo tanto, los pequeños productores supeditan el cambio tecnológico a criterios distintos que los seguidos por los grandes productores o multinacionales.

Se conceptualiza a la tecnología en su sentido más amplio incluyendo no sólo a los artefactos tecnológicos, sino además a las distintas técnicas, conocimientos y fundamentos, que permiten al hombre transformar la naturaleza (Dorfman, 1993; Custer, 1995). Al respecto, Cáceres (1995) señala que la tecnología debería ser entendida como un medio que permite actuar sobre la naturaleza, pero también, como una forma de construir la sociedad y las relaciones humanas.

Esto implica que tecnología y sociedad están íntimamente relacionadas. El hombre crea la tecnología y la tecnología impregna la sociedad, recreando a esta en un proceso continuo y dialéctico. Contrariamente a lo que afirman algunos autores la tecnología no debería ser considerada como un mero producto científico con un impacto neutro sobre las sociedades que las utilizan (Ferguson, 1994). Esto lleva a considerar a la tecnología como un conjunto de conductas sociales actuando sobre la sociedad,

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

desechando de esta forma ciertas visiones que la consideran una variable no social e independiente (Pfaffenberger, 1988). Por lo tanto, cuando se considera la transferencia de tecnología de una sociedad a otra, en realidad se está hablando del impacto de un tipo de conducta sobre otra. (Mackenzie & Wajcman, 1985)

Galindo et al., (2002) y Feder (1993) afirman que la tecnología se adopta por su relevancia entendiendo por ello la capacidad de ser útil e/o imprescindible, para lo cual la tecnología debió ser apropiada a las circunstancias del productor. La adopción es un proceso de apropiación que considera el cambio cognoscitivo como prerequisite. (Leeuwis, 2000)

Los productores agropecuarios están inmersos en procesos de cambio tecnológico en sus unidades de producción. Con ello pueden formular estrategias productivas que se adapten a los diferentes cambios en el entorno (social, económico, político y ambiental).

Si los productores innovan tecnológicamente en sus explotaciones, difícilmente pueden hacer frente a los cambios y nuevas demandas que imponen los escenarios socioeconómicos emergentes. Es necesario destacar que en no todos los casos el cambio tecnológico permite a los pequeños productores adecuar sus sistemas productivos a los cambios contextuales, porque no todas las innovaciones realizadas por son exitosas productivamente hablando y en muchas oportunidades la velocidad de, superan ampliamente la capacidad de generación de nuevas respuestas tecnológicas por parte de los productores.

De Schutter (1986) argumenta que la adopción de tecnología agrícola tendría que pasar por tres diferentes niveles de cambio respecto de la nueva tecnología. El primero es el cambio de conocimiento, el cual se logra al sólo mostrar a los productores la tecnología. El cambio aquí logrado inicia al aportar al productor nueva información, que puede asimilar o no, y en opinión de De Schutter (1986) no garantiza su adopción.

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

El segundo cambio es el de actitud. Aquí se busca rebasar la sola demostración, para pasar a poner a prueba la nueva tecnología. En esta fase, se espera una reacción positiva del productor hacia la novedad, que lo mueva a reflexionar sobre las ventajas y desventajas de la oferta tecnológica; aunque siempre cabe la posibilidad que la reacción sea negativa o al menos recelosa hacia lo que muestra como nuevo.

La adopción tecnológica está relacionada con un tercer cambio, asociado al ajuste del comportamiento del productor, posterior al eventual cambio de actitud ante la nueva tecnología. El productor que rápidamente acepta la mejora tecnológica dirige su comportamiento hacia la adopción de la misma. En esta fase, el productor ya puso a prueba la novedad y ahora la usa de forma habitual (Elberg, 1992), si satisface sus necesidades y/o hay condiciones de rentabilidad comercial mantendrá su uso. (Cardona, 1984).

2.1.3. Costos de transformación

Aguilar y Guerra (2001) sugieren que las decisiones tomadas en un agronegocio requieren diferentes consideraciones. En el caso de productos agrícolas, por ejemplo, suele depender de diversas variables críticas: el costo de introducirlo, el costo de producirlo, la inversión de capital que se requerirá, el precio que se le puede fijar, el tamaño del mercado potencial y la participación en el mercado total.

Amores et al., (2010) refiere que la tierra, capital y trabajo con los recursos que al combinarse durante el proceso de producción agropecuaria dan como resultado la creación de valor económico. La infraestructura (fermentadores, “marquesinas”), los equipos, los insumos y tecnologías (fermentación y secado). Todas las herramientas empleadas en el proceso productivo se enmarcan dentro del concepto de capital, ellas potencian el esfuerzo del productor ya que al aumentar la productividad tanto del trabajo como de la tierra, ayudan a crear más valor económico, es decir más retorno a inversión que la rentabilidad exigida.

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

Carrillo y Carvajal (2010) señalan que en diagnósticos realizados a productores en Manabí, el 95% de ellos no tienen conocimiento de la estructura de costos de producción en sus cultivos. Esto constituye un serio limitante para estimar la rentabilidad y comercializar el producto, donde el productor difícilmente podrá fijar un precio al producto y compararlo con el mercado vigente. Esta estructura de costos incluye los procesos de post cosecha en cacao.

Campos (2011) realiza un análisis del circuito de comercialización de cacao para el mercado interno, donde no se contempla la presencia de los grandes productores y exportadores. Al momento de realizar el análisis de los márgenes de utilidad entre el cacao en baba (sin proceso postcosecha) en relación a un cacao en grano seco y fermentado, se observa que el precio cancelado por cada quintal (45 kg) supera el 100% del cancelado por quintal en baba.

Amores et al., (2010) señalan una diferencia importante entre las distintas herramientas, algunas como el fermentador o la “marquesina” tardan años en desgastarse antes que surja la necesidad de su reemplazo. Tomando en consideración el costo entre una y otro se puede adoptar una herramienta o tecnología.

Con estos antecedentes, el costo de transformación y la infraestructura que se implementa, es un factor importante al momento de decidir entre uno y otro método postcosecha a elegir, así como también las tecnologías a escoger para el desarrollo del cultivo en sus distintas fases.

2.2. Descripción de los procesos realizados en la post cosecha del cacao.

Amores et al., (2010) recomiendan que inmediatamente después de extraídas las almendras, éstas tienen que fermentarse. Como materia prima del chocolate, el cacao se caracteriza por su particular aroma y sabor. Sin embargo, este atributo sensorial no viene expresado en las almendras frescas, aunque contienen compuestos aromáticos que hacen

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

una contribución. A este criterio se suman Carrillo y Carvajal (2010), indicando que los precursores químicos del sabor a chocolate se desarrollan durante la fermentación y el secado. Amores et al., (2009) confirman además que la combinación de ambos procesos (fermentación y secado), habitualmente conocido con el nombre de beneficio post cosecha, es el que produce este resultado.

Ortiz et al., (2009) refieren también que en el beneficio del cacao, la fermentación y el secado son etapas de gran importancia debido a todo lo que ocurre en ellas. En la primera, se producen reacciones bioquímicas que causan una disminución del amargor y la astringencia que dan origen a los precursores del aroma y sabor a chocolate. En la segunda, se reduce el exceso de humedad que queda después de la fermentación, lo que evita el desarrollo de mohos que deterioran la calidad y facilita el almacenamiento, manejo y comercialización del cacao (Rohan, 1964; Jinap et al.,1994; Cros & Jeanjean, 1995).

2.2.1. Fermentación.

Amores et al., (2009) afirman que el uso del término fermentación, aunque bien establecido como parte del léxico cacaotero, no es del todo satisfactorio. La descomposición de la pulpa sí es una verdadera fermentación, pero las reacciones que ocurren dentro del cotiledón ya no corresponden a este fenómeno (Urquhart, 1963).

Según Gutiérrez (1988) en el amplio sentido de la palabra, el fenómeno de la fermentación incluye la inducción de reacciones y cambios bioquímicos dentro de las almendras, necesarios para producir los precursores del sabor y aroma a chocolate, previo a la industrialización del cacao.

La fermentación es el proceso de transformación de los azúcares de la baba o mucílago en alcohol etílico mediante la acción de levaduras. Esta fase es seguida por la transformación del alcohol en ácido acético, por la intervención de bacterias lácticas y acéticas. El ácido acético atraviesa la testa y se difunde hacia el interior de los cotiledones.

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

Luego, mediante la acción combinada y balanceada de la temperatura, acidez y humedad, almacenamiento en el interior de células de los cotiledones, produciéndose la liberación de los polifenoles y proteínas de reserva, seguida por las reacciones químicas que generan los compuestos precursores del sabor y aroma del sabor a cacao y chocolate.

Las almendras no fermentadas o con fermentación insuficiente producen lotes de cacao con baja calidad sensorial (Rohan, 1964; Ramos et al., 2004). Así mismo, el tipo de fermentador (Vargas et al., 1989), el volumen de la masa (Braudeau, 1970; Puziah et al., 1998; Portillo, 2000), y el volteo durante el proceso, afectan la fermentación y en consecuencia la calidad del grano fermentado. El proceso fermentativo se realiza de distintas maneras y los métodos tradicionalmente más utilizados son la fermentación en “cajas” o en “montones” (Braudeau, 1970).

En Ecuador, el sistema de fermentación del cacao varía de acuerdo con el volumen de producción de la finca y es complejo y costoso cuando los volúmenes cosechados son grandes. Existen varios tipos de instalaciones para fermentar, a continuación se describen los más utilizados: (Gutiérrez, 1988; Moreno & Sánchez, 1989; Arévalo, 2004; Ramos et al., 2004)

Cajones de madera.

Los cajones se construyen con tabloncillos de maderas finas, preferiblemente blancas, resistentes a la humedad, tales como la madera de cedro, nogal, entre otras, que no desprenden sustancias extrañas, taninos por ejemplo, que interfieren con la calidad final del cacao. Descansan sobre patas o largueros separados del suelo a una altura de 0,2 m. Las dimensiones varían de acuerdo a la producción del período y pueden ser de 0,60m x 0,60m x 0,60m o 1 x 1 x 1m (Carrillo & Vega, 2008).

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

Fermentación en “montón”.

Se hace un tendido de hojas de plátano sobre tablas de madera o un piso de caña para amontonar allí las almendras frescas. Luego, éstas se cubren con el mismo tipo de hojas para que inicie la fermentación. Los “montones” se tapan adicionalmente con sacos de yute para reducir la pérdida de calor.

Fermentación en “sacos”.

Según Ramos et al., (2004) una práctica común del productor es llenar sacos con cacao fresco para luego dejarlo colgando con el fin de facilitar el escurrimiento. Alternativamente, se acostumbra amontonar los sacos en el piso por período de 5 a 7 días, o los que sean necesarios según el tipo de cacao. De cuando en cuando, mueven la masa dentro de los sacos para promover la aireación y completar la fermentación. Si el método no se maneja bien, da lugar a un alto porcentaje de almendras tipo violeta y pizarra, afectándose seriamente la calidad sensorial del cacao.

Tiempo de fermentación.

El cacao de la variedad Nacional necesita un tiempo de fermentación más prolongado que el cacao criollo que usualmente se fermenta por tres días. Los cacaos de tipo forastero se fermentan durante cinco a siete días (Braudeau, 1970; Moreno & Sánchez, 1989; Ramos, 2004). La longitud del tiempo de fermentación está relacionada con la cantidad de pulpa y concentración de polifenoles en las almendras, según el genotipo de que se trate. Por lo general, mientras el color de los cotiledones es más violeta oscuro, el tiempo de fermentación se prolonga más. La intensidad de la coloración depende a su vez de la concentración de antocianina, un pigmento que es parte de la carga total de polifenoles que contiene el cacao. El cacao criollo tiene menos antocianina y en general polifenoles, por eso fermenta más rápido.

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

2.2.2. Secado del cacao.

Otro aspecto relevante del secado es la fase oxidativa iniciada en la fermentación y en donde se completa la formación de los compuestos del aroma y sabor. Además, en esta etapa ocurre el desarrollo de los pigmentos de color marrón a partir de los compuestos fenólicos (Jinap et al.,1994; Cros & Jeanjean, 1995).

Durante el secado, el aire penetra a las almendras a través de la cutícula o testa, oxidándose parte de los polifenoles que aún quedan en el grano. Esta fase es la continuación de las reacciones bioquímicas internas que conducen el desarrollo de los precursores del sabor y aroma del cacao en almendras bien fermentadas. Al final, la oxidación se detiene porque la falta de humedad en la almendra inactiva las enzimas que regulan el proceso oxidante. Cabe señalar que al completarse la fermentación, las almendras terminan con alrededor del 55% de humedad, la que mediante el secado baja hasta 6% o 7%, nivel necesario para su almacenamiento seguro (Braudeau, 1970; Gutiérrez, 1988; Wood & Lass, 2001).

El secado también contribuye a la disminución del amargor y la astringencia del cacao, reduciendo el riesgo de que se desarrollen olores no deseados en las almendras (Mossu, 1992). Se utilizan dos métodos para el secado: el natural (secado al sol) y el artificial (secadoras mecánicas). Es más aconsejable el primero por su aporte para la disminución de la acidez volátil del grano.

Secado natural al sol (“cajones corredizos”, “tendal” y “marquesinas”).

La longitud de secado depende de las condiciones climáticas: número de horas de iluminación y de la intensidad de los rayos solares. Durante el primer día de secado, se realiza por dos a tres horas, esparciéndose las almendras en una capa de 4 o 5 cm de espesor, la que se remueve varias veces al día, el espesor de la capa disminuye gradualmente a medida que pasan los días (Gutiérrez, 1988). El último día, el espesor es

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

de 1 cm o el equivalente al diámetro de las almendras. Paralelamente, el período de exposición al sol se va ampliando.

Hay que evitar que se produzca el secado rápido de las almendras porque previene la oxidación del ácido acético en su interior, quedando una proporción importante de este compuesto atrapado en las almendras y afectando negativamente la calidad sensorial. Por el contrario, el secado muy lento causa el desarrollo de mohos que pueden penetrar la testa y alcanzar el cotiledón, destruyendo la calidad sensorial y creando serios problemas a la industria. La velocidad del secado depende de tres factores: transferencia de calor al interior de la almendra, movimiento de vapor de agua desde la almendra al aire circulante, y la cantidad de superficie de las almendras expuesta al aire (Mossu, 1992).

En Ecuador y en otros países cacaoteros, el secado natural en tendales de cemento o de caña es el procedimiento más utilizado (Vera, 1993; Arévalo, 2004). Otro método utilizado son las “marquesinas” con pisos de madera con estructuras cubiertas de plástico que dejan pasar la luz del sol y protegen las almendras de las lluvias impredecibles. Estas “marquesinas” representan otro método de secado utilizando la energía solar; hay que destacar que en Ecuador así como en la mayoría de los países cacaoteros a nivel mundial, también secan en cajones de madera corredizos con cubierta, los mismos que abren para recibir el sol y secar el grano y se cierran debajo de la cubierta en casos de lluvia.

Secado artificial.

Este tipo de secado es una alternativa necesaria para reducir la humedad del cacao en zonas con lluvias frecuentes, en períodos pico de cosecha, o en plantaciones de gran extensión donde es difícil el secado natural de toda la producción. Hay varias alternativas de secadoras mecánicas, pero la mayoría se basa en el paso del aire seco y caliente por la masa del cacao (Enríquez, 2004).

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

El calor para calentar el aire proviene usualmente de un quemador a gas. Para la utilización más efectiva de los secadores artificiales, se recomienda que la fuente de calor se sitúe lejos de la superficie donde se ubican las almendras, reduciéndose el riesgo de contaminación del cacao con olores extraños, particularmente de combustible. Con frecuencia, se combina el secado artificial con el secado natural, eliminándose gran parte de la humedad con el primer método que luego se complementa con el segundo.

2.3. Preguntas de investigación.

El primer objetivo específico planteado en esta tesis fue: Analizar estadísticamente la calidad en el grano de cacao al aplicar diferentes técnicas post cosecha combinadas de secado y fermentación del grano de cacao; teniéndose en cuenta que solo se ha considerado el criterio calidad para el desarrollo de este capítulo, omitiéndose los otros dos criterios para una evaluación multicriterios en capítulos posteriores. Para cumplir con este objetivo a continuación se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- a) ¿Cuál es el método de fermentación que permite obtener los mejores índices de calidad?
- b) ¿Cuál es el método de secado que permite obtener los mejores índices de calidad?
- c) ¿Cuál es el método combinado de fermentación y secado que permite obtener los mejores índices de calidad?

2.4. Estudio de campo realizado.

2.4.1. Fase de la experimentación: análisis de Campo.

Ubicación:

La fase estructural de campo se realizó durante los meses de noviembre y diciembre del año 2012 para el caso de la época seca, y de enero a marzo del 2013 para

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

la época húmeda. El motivo de realizarla durante estos periodos es por la consideración de la posible influencia climática sobre la fermentación y secado del cacao. El ensayo se realizó en el centro de acopio de la Asociación Fortalezas del Valle, ubicada en la vía Chone, parroquia Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí, Ecuador, situado geográficamente entre las coordenadas 0°49'23" Latitud Sur, 80°11'01" Longitud Oeste, a una altitud de 15 msnm.

Características climáticas:

Precipitación media anual:	570 mm
Temperatura media anual:	25,5 °C
Humedad relativa:	78%
Heliofanía anual:	1392,3 (horas sol)

Material experimental:

Para la presente investigación se utilizó el cacao cosechado en fincas certificadas por parte de la Asociación "Fortalezas del Valle", cacao denominado como Nacional. Estas fincas están certificadas en los procesos de producción orgánica y comercio justo, en virtud de lo cual se tuvo una homogenización en el cacao que se investigó con los diferentes métodos de fermentación y secado.

2.4.2. Análisis estadístico.

Factores en estudio.

Los factores en estudio en la presente investigación fueron los siguientes:

- A - Fermentación (F)
- B - Secado (S)

Niveles de los factores.

- F - Montones (F1), Sacos (F2) y Cajón de Madera (F3)
- S - Marquesina (S1), Tendales (S2), Cajón Corredizo (S3)

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

Tipo de experimento.

El tipo de experimento que se estableció para cumplir con el objetivo de la investigación fue un DCA (Diseño Completamente al Azar). Se realizaron tres replicas para cada tratamiento y se evaluaron cada uno de los datos físicos considerados a nivel de calidad.

Tratamientos en estudio.

La tabla 7 detalla las diferentes combinaciones que deben de darse a nivel de fermentación y secado para poder establecer todos los tratamientos que se evaluaron en esta fase estudio:

Tabla 7: Combinaciones de tratamientos en estudio.

Tratamiento	Código	Fermentación	Secado
1	F1xS1	Montones	Marquesina
2	F1xS2	Montones	Tendal
3	F1xS3	Montones	Cajón corridizo
4	F2xS1	Sacos	Marquesina
5	F2xS2	Sacos	Tendal
6	F2xS3	Sacos	Cajón corridizo
7	F3xS1	Cajón de Madera	Marquesina
8	F3xS2	Cajón de Madera	Tendal
9	F3xS3	Cajón de Madera	Cajón corridizo

Fuente: Elaboración propia.

Esquema del análisis de varianza:

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	26
Tratamientos	8
Repeticiones	2
Factor A	2
Factor B	2

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

AXB	4
Error experimental	16

Análisis funcional.

El experimento fue analizado de acuerdo a la prueba de Duncan al 5% de probabilidad. Con esto, se deseaba probar cuál de las variables del modelo son significativas, tanto a nivel de criterios como de tratamientos, en base a la tecnología empleada en la fermentación y secado.

2.4.3. Manejo del experimento.

Datos agroclimáticos:

Se tomaron durante los meses de la investigación los datos agroclimáticos referentes a humedad relativa, precipitación y heliofanía. Los datos provienen de la estación agrometeorológica de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” (ESPAM MFL), ubicada en el sitio El Limón a menos de 4 km del lugar de experimentación (anexo #1).

Variables de respuesta:

A continuación, se hace la descripción de cada una de las variables de respuestas que se tomaron en consideración en esta fase de experimentación:

Prueba de corte y porcentaje de fermentación:

Según Amores et al., (2009) la prueba de corte y porcentaje de fermentación es una prueba subjetiva que requiere la observación visual y se utiliza para determinar el grado de fermentación de las almendras, por su influencia directa sobre el sabor y aroma a chocolate. Es recomendable su aplicación como máximo a los 30 días después del secado para aislar en lo posible el efecto de la oxidación que continúa en alguna medida durante el almacenamiento. La oxidación de los tejidos en los cotiledones hace que los colores

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

internos cambien naturalmente, pudiendo adquirir un color marrón típico de la fermentación.

Se aplicó la técnica de prueba de corte para estimar la calidad de la fermentación en las diferentes muestras. Esta consiste en dividir longitudinalmente el grano en dos mitades, mediante el uso de un instrumento conocido como guillotina. Cada una de las almendras de un grupo de 100 tomadas aleatoriamente, enseguida se examinó con suficiente luz natural una de las mitades; de acuerdo al color e intensidad de las grietas de los cotiledones, se clasificaron como bien fermentadas, medianamente fermentadas, violeta o pizarra.

A continuación se describe cada una de las formulas aplicables en la evaluación:

$$\% \text{ de granos fermentados} = \frac{NO \text{ de granos fermentados}}{\text{total de granos evaluados}} \times 100$$

$$\% \text{ de granos violetas} = \frac{NO \text{ de granos violetas}}{\text{total de granos evaluados}} \times 100$$

$$\% \text{ de granos pizarrosos} = \frac{NO \text{ de granos pizarrosos}}{\text{total de granos evaluados}} \times 100$$

Índice de semilla:

En una balanza de precisión se determinó el peso de 100 almendras fermentadas y secas tomadas al azar de cada uno de los tratamientos, esta cifra se dividió para 100 obteniéndose como resultado el índice de semilla (*IS*) en gramos, repitiéndose dos veces la operación por muestra para promediar el *IS*. El indicador señalado proporciona una idea acerca del valor central y peso más frecuente de los granos en una muestra o lote de cacao.

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

Número de almendras en 100 g:

En 100 g de almendras fermentadas y secas tomadas aleatoriamente, se procedió a contar el número de almendras necesarias para alcanzar dicho peso. La operación se repitió dos veces por muestra para obtener un promedio ponderado por tratamiento.

Acidez:

El análisis del pH se realizó en los laboratorios de calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), para lo cual se prepararon las almendras que iban a ser evaluadas tanto en su testa como en el cotiledón. Normalmente el pH en los cotiledones se aproxima a 6,5 en almendras frescas.

Porcentaje de cascarilla o testa:

Para esta prueba se utilizó la metodología utilizada por Jiménez y Amores (2008), que afirma que para realizar el análisis de porcentaje de cascarilla o testa se debe de pesar un grupo de almendras hasta completar los 30 g. Las almendras se descascarillaron manualmente para separar los cotiledones de la cascarilla, obteniéndose luego el peso de los cotiledones por separado. Este valor se restó de 30 g para determinar el peso de la cascarilla. A su vez, el último peso se dividió para 30, multiplicándose el resultado por 100 para determinar el porcentaje de cascarilla. La cantidad porcentual de cascarilla en las almendras tiene gran importancia para la evaluación del rendimiento industrial del cacao.

Atributos sensoriales:

Utilizando la metodología utilizada por Jiménez (2000) se compuso un panel de catadores, quienes cuantificaron a través de la escala numérica de 0-10, la intensidad de las variables de sabor asociadas tales como: frutal, floral, nuez, dulce, cacao, acidez, astringencia y amargor. La tabla de evaluación de esta metodología toma en consideración sabores básicos, específicos y adquiridos. Hay que destacar que estas evaluaciones se realizaron a las 27 muestras para cada período del año en estudio.

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

2.4.4. Resultados.

A continuación se detallan por época del año los resultados obtenidos en cada uno de los tratamientos realizados:

2.4.4.1. Resultados en época seca:

En la tabla 8, se muestran los resultados de los análisis físicos realizados al cacao en la época seca del estudio, de esta tabla, posteriormente se desprenden los datos de los cuales se realiza un análisis de varianza a nivel de factores y tratamientos; con la intención de revisar posibles diferencias significativas en ambos niveles, y posterior a ello obtener los resultados de los mejores tratamientos. El detalle completo de los análisis estadísticos de donde se extrae el resumen presentado en este capítulo se encuentra en el capítulo correspondiente a los anexos. Tabla 8: Análisis de calidad física de los tratamientos post cosecha analizados en el período de época seca (noviembre-diciembre, 2012)

Muestras	Peso seco	% de humedad	% de fermentación						Índice de semilla	P. H.		% testa	% cotiledón
			B	M	Total	V	P.	Moho		Testa	COTILD		
Montón R1 M	11,1	6,2	20	63	83	17	0	0	123,40	6,22	5,00	15,70	84,30
Montón R2 M	10,9	6,7	22	47	69	31	0	0	113,60	6,49	5,04	15,06	84,94
Montón R3 M	11,1	6,5	21	47	68	32	0	0	121,20	6,78	5,55	14,90	85,10
Montón R1 T	11	4,8	18	68	86	13	0	1	117,40	6,70	5,35	15,57	84,43
Montón R2 T	10,6	5,3	29	57	86	14	0	0	117,80	6,92	5,54	13,39	86,61
Montón R3 T	11	5,5	19	73	92	8	0	0	131,90	6,57	5,73	14,19	85,81
Montón R1 C	11	4,7	30	53	83	17	0	0	119,40			14,85	85,15
Montón R2 C	11,3	5,2	21	63	83	16	0	1	128,45	6,55	5,68	13,38	86,62
Montón R3 C	11,3	6,6	22	61	83	17	0	0	123,00	6,56	5,41	16,15	83,85
Saco R1 M	10,4	6,2	8	23	31	69	0	0	113,17	5,97	5,2	15,04	84,96
Saco R2 M	9,1	5,8	26	53	79	21	0	0	104,17	6,87	5,84	14,14	85,86
Saco R3 M	11,2	6,3	15	75	90	10	0	0	136,77	6,31	5,22	11,94	88,06
Saco R1 T	10,8	4,5	19	64	83	27	0	0	130,30			13,08	86,92
Saco R2 T	9,6	5	29	61	90	10	0	0	114,69			14,49	85,51
Saco R3 T	10,7	5,3	23	58	81	19	0	0	135,40	6,27	5,71	11,69	88,31
Saco R1 C	10,6	5,6	13	69	82	18	0	0	117,65	5,59	5,49	14,42	85,58
Saco R2 C	10,5	5,2	21	63	84	16	0	0	128,39			13,44	86,56
Saco R3 C	11,4	5,6	24	54	78	22	0	0	120,75	6,66	5,42	14,42	85,58
Cajón R1 M	10,8	5,5	14	60	74	26	0	0	109,00	6,86	5,48	15,54	84,46
Cajón R2 M	10,7	6	33	54	87	13	0	0	111,97	6,40	5,41	16,30	83,70
Cajón R3 M	10,8	6,4	15	75	90	10	0	0	136,00	6,45	5,20	14,51	85,49
Cajón R1 T	10,1	5,5	18	70	88	12	0	0	115,00	6,86	5,86	14,96	85,04
Cajón R2 T	10,5	5	29	61	90	10	0	0	114,69	6,49	5,66	15,10	84,90
Cajón R3 T	10,3	5,3	21	61	82	18	0	0	115,00	6,33	5,03	16,71	83,29
Cajón R1 C	10,8	6	33	55	88	12	0	0	123,00	6,48	5,38	14,57	85,43
Cajón R2 C	10,7	5,5	21	63	84	16	0	0	128,16			12,57	87,43
Cajón R3 C	10,6	6	20	63	83	17	0	0	134,00	6,91	5,61	14,92	85,08

Fuente: Elaboración propia.

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

Factores en época seca:

Como se muestra en la tabla 9 tomando en consideración el análisis de varianza de Duncan al 5 %, se puede determinar que no existen diferencias significativas de los factores fermentador y tipo de secado para la época de época seca sobre las variables: fermentación buena, fermentación media, total fermentación, violeta, índice de semilla, porcentaje de testa y porcentaje de cotiledón.

Con esto queda claro que no hay una incidencia marcada o considerada como significativa o altamente significativa, en el factor tipo de fermentador: “cajón”, “saco”, “montón”; ni tampoco el factor secado: “tendal”, “cajón corredizo”, “marquesina”.

Tabla 9: Análisis de varianza de Duncan al 5%, para los factores intervinientes en el experimento para época seca.

		Buena	Mediana	Total	Violeta	Índice de semilla	% Testa	% cotiledón
Fermentador	Cajón	22,67	62,44	85,11	14,89	120,76	15,02a	84,98b
	Montón	22,44	59,11	81,44	18,33	121,79	14,8a	85,20b
	Saco	19,78	57,78	77,56	23,56	122,37	13,63b	86,37a
	Error estándar	2,08	3,49	3,63	3,68	3,07	0,38	0,38
	Probabilidad	0,56	0,62	0,35	0,26	0,9	0,03	0,03
Secador	Cajón corredizo	22,78	60,44	83,11	16,78	124,76	14,3	85,7
	Tendal	22,78	63,67	86,44	14,56	121,35	14,35	85,65
	Marquesina	19,33	55,22	74,56	25,44	118,81	14,79	85,21
	Error estándar	2,08	3,49	3,63	3,68	3,07	0,38	0,38
	Probabilidad	0,41	0,24	0,07	0,11	0,4	0,61	0,61

Fuente: Elaboración propia.

Tratamientos en época seca:

Al igual que en los factores en estudio, para el caso de los tratamientos en la época seca, en los valores mostrados en la tabla 10, se puede comprobar que a nivel de cada una de las combinaciones teniendo en consideración las variables: fermentación buena, fermentación media, total fermentación, violeta, índice de semilla, porcentaje de testa y porcentaje de cotiledón, tampoco existen diferencias significativas. En resumen, los tratamientos a nivel de época seca no muestran diferencias significativas entre ellas.

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

Tabla 10: Análisis de varianza de Duncan al 5%, para los tratamientos intervinientes en el experimento para la época seca

Tratamientos	Buena	Mediana	Total	Violeta	Índice de semilla	% testa	% cotiledón
Cajón x cajón Cor	24,67	60,33	85	15	128,39	14,02	85,98
Cajón x tendal	22,67	64	86,67	13,33	114,9	15,59	84,41
Cajón x marquesina	20,67	63	83,67	16,33	118,99	15,45	84,55
Montón x cajón Cor	24,33	59	83	16,67	123,62	14,79	85,21
Montón x tendal	22	66	88	11,67	122,37	14,38	85,62
Montón x marquesina	21	52,33	73,33	26,67	119,4	15,22	84,78
Saco x cajón Cor	19,33	62	81,33	18,67	122,26	14,09	85,91
Saco x tendal	23,67	61	84,67	18,67	126,8	13,09	86,91
Saco x marquesina	16,33	50,33	66,67	33,33	118,04	13,71	86,26
Error estándar	3,86	6,36	6,65	6,79	5,43	0,65	0,65
Probabilidad	0,85	0,7	0,4	0,45	0,7	0,17	0,17

Fuente: Elaboración propia.

2.4.4.2. Resultados en época húmeda.

A continuación en la tabla 11 se muestran los resultados de los análisis físicos realizados al cacao en la época húmeda del estudio, de esta tabla posteriormente se desprenden los datos del cual se realiza un análisis de varianza a nivel de factores y tratamientos. Con la intención de revisar posibles diferencias significativas en ambos niveles, y posterior a ello obtener los resultados de los mejores tratamientos, (el total de los cuadros de los cuales se extrae el resumen de este capítulo se encuentran en el anexo #2).

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

Tabla 11: Análisis de calidad física de los tratamientos post cosecha analizados en el período de época húmeda (febrero-marzo, 2013)

Muestras	Peso despu	% de humed	Peso	% de fermentación						Índice de	P, H,		% test	% cotiled
				B	M	tot	V	P	Mo		Test	Cotiled		
Montón R1	10	5,60	5,0	5	2	84	1	0	0	119,2	6,4	5,42	14,4	85,54
Montón R2	10	6,50	5,2	6	2	94	6	0	0	118,3	6,4	5,4	15,4	84,55
Montón R3	10	6,70	5,3	6	2	84	1	0	0	120,4	6,4	5,37	16,2	83,72
Montón R1	10	6,00	5,0	5	2	84	1	0	0	118,0	6,6	5,29	14,3	85,65
Montón R2	10	5,50	4,7	6	1	80	2	0	0	126,3	6,6	5,31	15,4	84,52
Montón R3	10	6,10	5,1	5	1	83	1	0	0	120,4	6,6	5,31	15,6	84,4
Montón R1	10	5,50	4,9	6	2	86	1	0	0	114,6	6,5	5,37	15,2	84,77
Montón R2	10	5,60	5,0	5	1	75	2	0	0	115,2	6,5	5,4	13,7	86,23
Montón R3	10	6,00	5,0	6	2	86	1	0	0	114,1	6,6	5,38	14,9	85,06
Saco R1 M	10	6,90	5,3	5	2	78	2	0	0	123,8	6,3	5,36	15,6	84,34
Saco R2 M	10	6,60	4,2	5	2	79	2	0	0	129,2	6,4	5,73	16,2	83,76
Saco R3 M	10	6,30	5,1	6	2	86	1	0	0	125,3	6,4	5,42	16,3	83,64
Saco R1 T	10	5,60	4,8	6	1	80	2	0	0	121,1	6,7	5,6	13,5	86,46
Saco R2 T	10	5,40	4,3	7	1	88	1	0	0	124,1	6,6	5,63	14,3	85,68
Saco R3 T	10	6,20	4,7	4	4	90	1	0	0	124,9	6,7	5,74	14,8	85,2
Saco R1 C	10	5,60	4,8	4	3	91	9	0	0	115,2	6,5	5,39	14,1	85,84
Saco R2 C	10	5,80	5,0	5	3	88	1	0	0	117,6	6,5	5,39	16,6	83,33
Saco R3 C	10	6,00	5,1	6	2	91	9	0	0	113,8	6,4	5,4	11,9	88,02
Cajón R1	10	5,60	5,0	6	1	86	1	0	0	119,1	6,4	5,35	15,2	84,71
Cajón R2	10	6,00	4,8	7	2	95	5	0	0	117,6	6,4	5,41	20,3	79,61
Cajón R3	10	6,60	4,9	6	1	89	1	0	0	120,8	6,4	5,4	16,0	83,98
Cajón R1 T	10	5,20	4,8	5	3	92	8	0	0	111,1	6,5	5,41	14,7	85,29
Cajón R2 T	10	5,00	5,0	6	2	90	1	0	0	112,5	6,7	5,44	13,5	86,42
Cajón R3 T	10	6,00	4,7	6	2	89	1	0	0	111,1	6,6	5,42	14,2	85,71
Cajón R1 C	10	5,20	5,0	5	2	81	1	0	0	108,1	6,6	5,41	15,2	84,79
Cajón R2 C	10	5,00	4,9	6	2	86	1	3	0	111,9	6,6	5,43	14,1	85,83
Cajón R3 C	10	6,10	5,0	4	3	81	1	0	0	112,0	6,6	5,43	13,5	86,49

Fuente: Elaboración propia

Factores en época húmeda:

De acuerdo a los resultados que se muestran en la tabla 12, tomando en consideración el análisis de varianza de Duncan al 5%, se puede determinar que no existen diferencias significativas de los factores fermentador y tipo de secado para la época húmeda, sobre las variables: fermentación buena, fermentación media, total fermentación, violeta, porcentaje de testa y porcentaje de cotiledón. Sin embargo a diferencia de los resultados obtenidos en época seca para el caso de la época húmeda, se muestra una alta significancia para la variable de respuesta índice de semilla.

Este factor no depende directamente de la post cosecha empleada sino más bien del tipo de material en estudio, el mismo que puede variar entre clon y clon por ser del

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

complejo nacional. Por lo tanto no hay una incidencia marcada o considerada como significativa o altamente significativa, teniendo en cuenta el factor tipo de fermentador y secado

Tabla 12: Análisis de varianza de Duncan al 5%, para los factores intervinientes en el experimento para época húmeda.

	Buena	Mediana	Total	Violeta	Índice de semilla	% Testa	% Cotiledón	
Fermentador	Cajón	62,22	25,33	87,67	12	113,82c	15,24	84,76
	Montón	61,22	22,44	84	16	118,50b	15,06	84,98
	Saco	58,22	26,33	85,67	14,33	121,67a	14,86	85,14
	Error estándar	2,33	2,43	1,73	1,74	0,96	0,45	0,45
	Probabilidad	0,46	0,51	0,34	0,28	<0,0001	0,83	0,83
Secador	Cajón corredizo	57,78	26,11	85	14,67	113,61b	14,40b	85,60a
	Tendal	59,67	25,44	86,22	13,78	118,86a	14,52b	85,48a
	Marquesina	64,22	22,56	86,11	13,89	121,52a	16,24a	83,76b
	Error estándar	2,33	2,43	1,73	1,74	0,96	0,45	0,45
	Probabilidad	0,15	0,55	0,86	0,9	<0,0001	0,01	0,01

Fuente: Elaboración propia.

Tratamientos en época húmeda:

Al igual que en los factores en estudio para el caso de los tratamientos en la época húmeda en los valores mostrados en la tabla 13, se puede comprobar que a nivel de cada una de las combinaciones teniendo en consideración las variables: fermentación buena, fermentación mediana, total fermentación, violeta, porcentaje de testa y porcentaje de cotiledón, tampoco existen diferencias significativas. Sin embargo, a nivel de índice de semilla se puede verificar variabilidad, pero como se explicó anteriormente este factor depende mucho también del clon que provino esta semilla.

Tabla 13: Análisis de varianza de Duncan al 5%, para los tratamientos intervinientes en el experimento para época húmeda.

Tratamientos	Buena	Mediana	Total	Violeta	Índice de semilla	% testa	% cotiledón
Cajón x Cajón Cor	55,33	27,33	82,67	16,33	110,67f	19	85,7
Cajón x Tendal	62,33	28	90,33	9,67	111,62ef	14	85,81
Cajón x Marquesina	69	20,67	90	10	119,17cd	17,23	82,77
Montón x Cajón Cor	62	20,33	82,33	17,67	114,63e	14,65	85,35

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

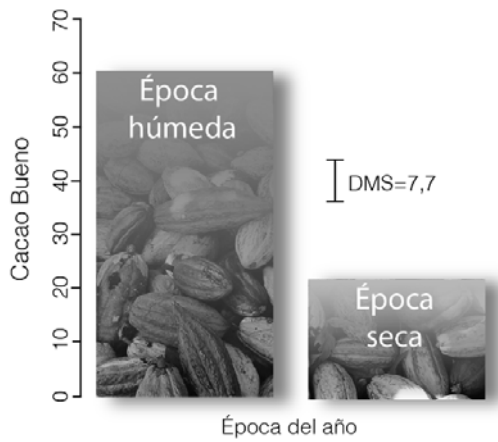
Montón x Tendal	58	21	82,33	17,67	121,57bc	15,14	84,86
Montón x Marquesina	63,67	26	87,33	12,67	119,30cd	15,4	84,6
Saco x Cajón Corr,	56	30,67	90	10	115,53de	14,27	85,73
Saco x Tendal	58,67	27,33	86	14	123,39ab	14,22	85,78
Saco x Marquesina	60	21	81	19	126,10a	16,09	83,91
Error estándar	4,12	4,16	2,43	2,53	1,26	0,78	0,78
Probabilidad	0,43	0,53	0,056	0,085	<0,0001	0,15	0,15

Fuente: Elaboración propia.

2.4.4.3. Determinación de medias significativas por época del año.

A continuación de manera gráfica se hacen las comparaciones de las diferencias de medias significativas entre la época seca y la época húmeda en las variables de estudio más importante para el caso de la calidad en el cacao.

Gráfico 3: Diferencias de medias significativas entre la época seca y húmeda para la variable cacao bueno.

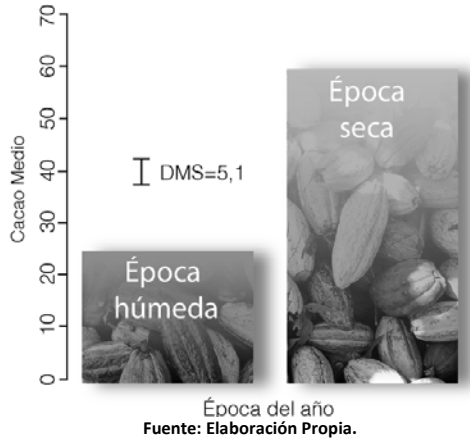


Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el gráfico 3 para el caso de los valores del cacao considerados como de buena fermentación, se muestra una diferencia significativa entre las dos épocas del año (época húmeda y época seca). De acuerdo a lo expresado en esta gráfica, se da una mejor fermentación en la época de época húmeda en relación a la de época seca, mostrándose una diferencia media significativa (DMS) de 7,7.

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

Gráfico 4: Análisis de las diferencias medias significativas a nivel de fermentación, por época del año.

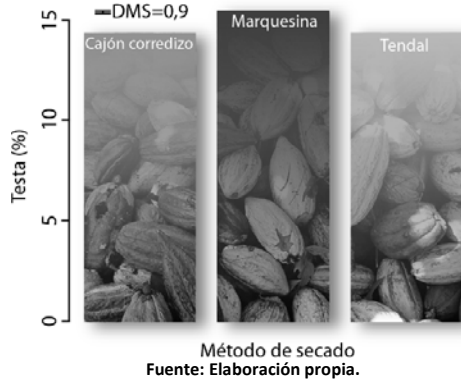


En el gráfico 4 se puede observar que en el caso de los valores de cacao considerados como de media fermentación, existe una diferencia significativa entre las dos épocas del año (época húmeda y época seca). De acuerdo a lo expresado en este gráfico se da una mejor fermentación en la época de época seca en relación a la de época húmeda; mostrándose una DMS de 5,1.

En lo expresado en los gráficos 3 y 4 se puede ver una mayor influencia sobre el cacao bueno en relación al medio para las épocas del año evaluadas. A continuación se mostrarán las medias significativas entre los métodos de secado en comparación a otras variables.

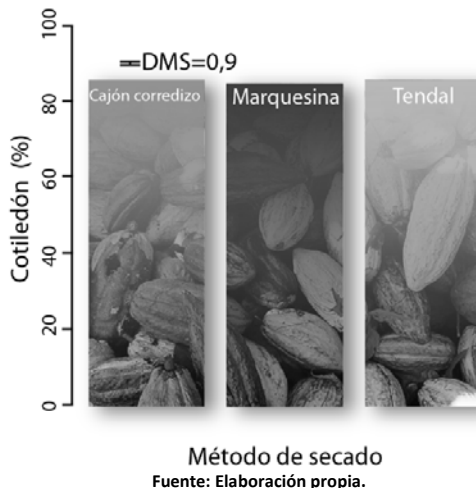
2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

Gráfico 5: Análisis de las diferencias medias significativas a nivel de porcentaje de fermentación, por época del año.



En el gráfico 5 se expresan los resultados en cuanto al análisis de testa. A nivel de métodos de secado no se encontraron diferencias medias significativas altas (DMS = 0,9). Por tanto no tienen influencia directa sobre el porcentaje de testa.

Gráfico 6: Análisis de las diferencias medias significativas a nivel de cotiledón, por época del año.



En el gráfico 6 se aprecian los resultados en cuanto al análisis de cotiledón. En cuanto a las diferencias medias significativas, no se encontraron a nivel de métodos de

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

secados diferencias altas, las mismas que equivalen a 0,9. Por tanto, los métodos de secado (“cajones corredizos”, “marquesinas” y tendales) no tienen influencia directa sobre el porcentaje de esta.

En resumen, los tratamientos a nivel de época húmeda no muestran diferencias significativas entre ellas, lo mismo sucede para la época seca. Por lo tanto la diferencia que se puede mostrar entre ellas es a nivel de época de año influenciado por las condiciones meteorológicas, más no por el tipo de fermentación y secado escogido a nivel de calidad.

2.4.4.4 Análisis sensoriales.

De manera complementaria, se tomaron los datos de las características organolépticas de cada uno de los tratamientos y los factores en estudio, pese a que el cacao comercializado no es evaluado sobre este parámetro. A continuación la tabla 14 evidencia los datos para la época seca.

Tabla 14: Análisis sensorial durante la época seca.

Código Inicial	Cacao	Floral	Frutal	Nuez	Dulce	Amargor	Acidez	Astringencia	Verde	Moho
R1M	3,67	0,00	2,00	0,00	0,00	3,33	5,67	4,00	2,33	0,00
R2M	4,67	1,67	5,33	3,67	1,83	3,33	2,33	1,67	0,00	0,00
R3M	3,33	0,00	3,67	0,00	0,67	2,67	4,33	2,67	0,67	0,00
R1M	4,67	0,00	4,00	2,00	1,33	0,67	1,00	1,67	0,00	0,00
R2M	4,33	0,00	4,67	2,00	1,67	2,33	3,83	2,67	0,00	0,00
R3M	4,33	1,33	3,00	2,67	1,00	2,33	1,00	2,00	0,67	0,00
R1M	5,00	1,50	5,00	2,00	1,50	2,00	4,50	1,50	0,00	0,00
R2M	2,67	1,33	3,67	1,67	0,00	3,67	3,67	3,67	1,00	0,00
R3M	3,33	0,00	2,33	0,00	0,00	4,00	3,33	3,67	1,67	0,00
R1T	4,00	0,00	3,00	2,67	0,67	2,00	3,00	2,33	0,33	0,00
R2T	5,00	1,00	4,33	3,67	1,67	2,67	1,67	2,33	0,00	0,00
R3T	3,33	1,67	5,00	2,33	1,00	3,00	2,00	2,67	0,67	0,00
R1T	4,33	3,00	3,00	2,33	1,33	1,33	1,33	2,33	0,00	0,00
R2T	3,00	1,33	2,67	0,00	0,00	3,67	1,67	3,33	0,67	0,00
R3T	3,50	0,00	4,00	1,50	1,50	2,00	4,00	2,50	0,00	0,00
R1T	2,67	0,00	3,00	0,00	0,00	3,67	1,00	3,00	0,67	0,00
R2T	5,00	0,00	5,00	3,33	1,00	1,67	1,67	2,33	0,00	0,00
R3T	4,00	0,00	3,33	2,00	1,00	2,33	3,00	2,67	1,00	0,33
R1C	3,33	1,67	3,67	1,67	0,00	3,33	3,00	2,67	0,33	0,33
R2C	2,33	3,33	2,67	1,33	1,00	4,00	2,67	2,67	1,00	0,00
R3C	3,67	0,00	4,00	2,33	1,33	2,33	3,67	2,67	0,33	0,00
R1C	3,00	0,00	3,50	2,67	1,33	1,67	3,00	2,00	0,67	0,00

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

R2C	3,67	0,00	3,67	2,67	1,00	2,00	1,67	2,00	0,67	0,33
R3C	3,33	1,00	3,33	1,67	0,00	3,00	3,67	2,67	0,33	0,00
R1C	4,00	2,67	4,33	1,67	1,33	2,67	1,67	2,33	0,67	0,00
R2C	3,00	0,00	3,00	1,33	0,67	3,67	3,67	2,67	0,67	0,00
R3C	3,67	0,00	2,33	2,33	0,67	2,67	2,00	2,00	0,67	0,00

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 15 se registra el análisis sensorial para los tratamientos en época húmeda, destacándose que al igual que en los análisis realizadas en época seca se destacan los sabores (cacao y frutal). Además a nivel de amargos, acidez y astringencia se tienen escalas bastante similares a las obtenidas en la época seca del estudio.

Tabla 15: Análisis sensorial durante la época húmeda.

	Código inicial	Cacao	Floral	Frutal	Nuez	Dulce	Amargor	Acidez	Astringencia	Verde	Moho
1	Saco R1M RII	4,00	1,00	4,00	1,67	1,00	3,00	3,00	1,67	0,00	0,00
2	Saco R2M RII	3,33	0,00	3,33	1,33	0,00	2,67	2,67	1,67	0,00	0,00
3	saco R3M RII	4,00	0,00	4,00	2,33	0,00	2,00	2,67	2,33	0,00	0,00
4	Saco R1T	3,33	2,67	1,67	1,00	0,00	3,67	2,33	3,00	0,67	0,00
5	Saco R2T	4,00	0,00	3,67	2,67	0,00	2,00	3,00	2,67	0,00	0,00
6	Saco R3T	2,67	0,00	2,67	1,00	1,00	5,00	2,33	5,33	1,67	0,00
7	Saco R1C	3,00	1,67	2,33	0,33	0,00	3,33	3,00	3,33	1,00	0,00
8	Saco R2C	2,67	0,00	2,67	1,83	0,00	3,00	3,00	2,33	0,00	0,00
9	Saco R3C	3,33	0,00	2,67	1,00	0,00	2,33	2,00	3,33	1,33	0,00
10	Montón R1T	3,67	0,00	3,33	2,00	1,33	3,00	3,67	3,00	1,00	0,00
11	Montón R2T	3,67	1,00	4,00	1,67	1,00	2,00	3,00	1,67	0,00	0,00
12	Montón R3T	4,33	0,00	3,33	1,33	1,00	3,33	3,33	3,00	0,00	0,00
13	Cajón R1M	2,67	0,00	2,33	0,00	0,00	2,33	3,67	3,00	1,00	0,00
14	Cajón R2M	2,67	0,00	2,33	0,00	0,00	3,00	3,00	2,33	0,00	0,00
15	Cajón R3M	3,67	1,00	4,00	1,33	0,00	2,00	4,00	1,67	0,00	0,00
16	Cajón R1C	3,00	0,00	3,00	2,00	1,00	2,67	3,00	0,00	0,00	0,00
17	Cajón R2C	3,33	1,33	3,33	0,00	1,33	2,33	1,33	2,67	1,33	0,00
18	Cajón R3C	3,33	0,00	3,00	1,67	0,00	3,33	2,33	2,67	0,67	0,00
19	Cajón R1T	3,67	2,00	2,67	2,33	0,00	3,00	2,67	2,00	0,00	0,00
20	Cajón R2T	4,00	0,00	3,33	1,67	1,33	3,00	3,33	2,67	0,00	0,33
21	Cajón R3T	3,33	0,00	3,00	0,00	1,00	1,67	3,67	1,67	0,00	0,00
22	Montón R1C	4,67	0,00	3,00	2,00	1,67	3,33	3,00	3,67	1,00	0,00
23	Montón R2C	3,33	0,00	2,67	0,00	1,00	2,67	3,67	3,00	1,00	0,00
24	Montón R3C	4,00	0,00	3,67	1,33	0,67	2,00	2,33	1,33	0,67	0,00
25	Montón R1M	3,00	0,00	3,00	1,33	1,33	2,67	2,33	1,67	0,33	0,00
26	Montón R2M	3,67	0,00	2,67	1,33	0,00	2,33	3,00	2,33	0,00	0,00
27	Montón R3M	4,00	2,00	2,67	1,33	1,00	2,67	3,33	1,67	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

2.5 Conclusiones de las técnicas de postcosecha, empleado análisis estadístico.

Amores et al., (2010) concluyen que en estudios realizados por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), demostraron que al menos para la zona de Quevedo la fermentación en montones de masas frescas de cacao con más de 60 kg de peso, da como resultado porcentajes de almendras fermentadas similares a los obtenidos con el uso de cajones. De manera que la fermentación en “montones” también puede ser otra opción. Obviamente la remoción de las almendras cada 24 horas que propone el estudio es también parte esencial de esta metodología que a todas vistas requiere una infraestructura más sencilla.

En estudios realizados por Saltos (2005) concluye “que los porcentajes de fermentación obtenidos utilizando los métodos de fermentación en “cajas” y en “montón” presentaron resultados similares para el complejo Nacional x Trinitario”, esto coincide con autores como Moreno y Sánchez (1989), Jiménez (2000) y Amores (2004), quienes manifiestan que los métodos de fermentación más utilizados en Ecuador son: “cajas” y “montón”. A pesar de considerar rudimentario el método de “montón”, es más sencillo y es utilizado por los pequeños agricultores de éste país, obteniéndose resultados de fermentación similares al método de “cajas”. Esto coincide con los resultados estadísticos obtenidos a nivel de calidad, sin embargo en el caso del presente estudio se añade además el método de fermentación en “sacos”.

Los resultados obtenidos por medio de los diferentes métodos de fermentación y secado cumplen con lo establecido por Amores et al., (2009) citando a Stevenson et al., (1993) en cuanto a que la masa de cacao que ha recibido una fermentación normal debe satisfacer de manera general los

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

siguientes requisitos: 0-2 % de almendras pizarras, 35% de almendras parcial o totalmente violetas, 65% de almendras totalmente marrones. Al sobrepasar el último porcentaje se corre el riesgo de una sobre fermentación, sin embargo, Ramos (2004) señala que la proporción de almendras fermentadas en relación con las no fermentadas debe superar el 75%.

Los resultados de los estudios de Contreras et al., (2004) revelaron que entre los fermentadores las características físicas no variaron significativamente. En los fermentadores usados en su estudio, estos alcanzaron temperaturas e índices de fermentación apropiados, lo cual concuerda con los resultados de este estudio, sin embargo en base a las características químicas y por practicidad del manejo de “cajón de madera”, sugieren se considere como el fermentador más adecuado.

También Contreras et al., (2004) encontraron semejanza estadística entre los resultados de las características físicas en sus estudios, resultados que concuerdan también con Vargas et al., (1989), quienes obtuvieron que los fermentadores no tienen mucha influencia sobre la cantidad final de granos fermentados cuando las masas son pequeñas.

Al considerar solamente el criterio de calidad para la elección de un método post cosecha a emplear, genera dudas una elección convincente debido a que no se muestran diferencias significativas a nivel estadístico entre los métodos, lo cual da la pauta para la utilización de otros criterios para la elección final de los métodos post cosecha.

En respuesta a las tres interrogantes generadas al inicio del capítulo, se puede concluir lo siguiente:

Para el caso de las dos primeras preguntas sobre ¿cuál es el método de fermentación y el de secado que permite obtener los mejores índices de

2. Análisis de la tecnología post cosecha del cacao

calidad?, se concluye que no se tienen diferencias significativas a nivel de la calidad del grano entre los factores en estudio. En respuesta a la tercera pregunta sobre el método combinado de fermentación y secado con los mejores índices de calidad, también se obtuvo que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, y que solo existen diferencias entre las épocas del año en el que se realizan los procesos.

En virtud de estos resultados se llega a la siguiente recomendación: Que en la siguiente parte de este estudio, se incorporen otros criterios a más de la calidad, a fin de obtener un método post cosecha que pueda ser validado entre los pequeños productores. Por ende se recomienda la utilización de metodología multicriterio para la elección de una tecnología post cosecha.

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

3.1. Metodología AHP.

3.1.1. Generalidades de la metodología AHP.

El AHP (Saaty, 1980) es una teoría de la medición, que al aplicarse en la toma de decisiones asiste en la descripción de la operación de decisión general por la descomposición de un problema complejo en una estructura jerárquica de varios niveles de objetivos, criterios, subcriterios y alternativas (Forman et al., 1986; Harker, 1986; Saaty, 1986, 1988; Saaty & Vargas, 1987; Xu, 1988; Golden et al., 1989; Saaty & Alexander, 1989; Harker & Vargas, 1990). El AHP ha sido considerado por algunos autores como una Teoría de Utilidad Multiatributos - TUMA por sus siglas en español, o como *Multiattribute Utility Theory* - MAUT por sus siglas en inglés. Sin embargo, más adelante Saaty (1990a) aclara que este procedimiento utiliza la jerarquización para establecer preferencias y las ordena por importancia. El análisis de sensibilidad es posible gracias a los pesos otorgados a través de una escala propuesta en la metodología para calificarlo por medio de razonamientos sencillos. Golden et al., (1989a) también señalan que el AHP tiene múltiples criterios de optimización aplicables.

Saaty y Sagir (2009) también resaltan la importancia del AHP en que se puede reunir a un grupo diverso de personas para tomar decisiones complejas. El método ofrece un marco de estructuras para la discusión y el debate, generando decisiones muy similares a las que se pueden tomar en el día a día.

Como un método útil para la toma de criterios múltiples, el AHP ha tenido una buena aceptación, pudiendo ser aplicada en la toma de muchas decisiones multicriterio en varios ámbitos, tales como el análisis económico, la planificación urbana o regional, , evaluación de sitios Web de comercio electrónico, entre otros. (Sarkis & Talluri, 2004)

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

3.1.2. Descripción de la metodología AHP.

Con el AHP los problemas complejos se descomponen jerárquicamente en criterios, subcriterios y alternativas, Saaty (1980) propuso una valoración sistemática de un conjunto de alternativas de decisión, las mismas que muestran su interacción en una matriz de decisión. Saaty (1990b) afirma que el AHP proporciona una escala fundamental de la magnitud relativa, que se expresa en el dominio de unidades en la forma de comparaciones por pares a de las alternativas propuestas. De este modo se identifica la importancia de cada una de las alternativas. Esta asignación de valores numéricos se lleva a cabo mediante la utilización de una escala de números enteros con un rango entre 1 y 9. La citada matriz obtenida de acuerdo con Saaty (2000) es cuadrada de $n \times N$, siendo n el número de alternativas consideradas, y cumplirá la siguiente relación, que se deduce del carácter comparativo de sus componentes:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

Siendo a_{ij} la componente ij de la citada matriz, que representa el cociente entre la importancia relativa de la alternativa i la alternativa j según la citada escala del 1 al 9. De ello, se deduce que los componentes de la diagonal de la matriz serán lógicamente la unidad, dado que es el resultado de la comparación de una alternativa con ella misma.

A través de esta matriz Saaty (1980) demuestra que los valores de la importancia relativa de las diversas alternativas corresponden a las componentes del vector propio asociado al único valor propio no nulo de una matriz de decisión, al que denomina "vector de prioridades". Además propone un coeficiente o ratio de consistencia (CR o *Consistency Ratio*) para evaluar la coherencia del juicio emitido y por tanto, de la toma de la decisión. Esto constituye uno de los puntos de mayor interés, originalidad y compacidad metodológica de la aportación del citado autor. La formulación de dicho índice la plantea a través de la expresión:

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

$$C.R = \frac{C.I}{R.I}$$

Donde CI es un índice de consistencia (*Consistency Index*) de la evaluación que se define como:

$$C.I = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Donde λ_{max} es el máximo valor propio de la matriz y n su orden. Por otro lado, en la definición del índice CR recogida en la expresión anterior, se introduce también un índice de aleatoriedad (*Random Index*, RI), que se describe como el máximo índice de consistencia de una matriz de decisión generada de forma aleatoria. Para ello Saaty (1980) realiza el estudio de todas las probabilidades de variación que resume a continuación:

Tamaño de la matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice de consistencia aleatoria (RI)	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

La justificación de la definición del índice CR se extrae del análisis de los valores propios de la matriz de decisión anteriormente descrita. Respecto a esto, Saaty (1980) demuestra que en un análisis comparativo de las alternativas perfectamente consistente, el valor propio máximo distinto de cero λ_{max} coincide con el número de alternativas consideradas o con el orden n (que no el rango) de la matriz de decisión, cuyo rango sería 1, y por lo tanto tendría un único valor propio distinto de cero $n = \lambda_{max}$.

Para demostrarlo, considera los componentes de la matriz de decisión a_{ij} como el cociente entre los pesos o porcentajes de importancia relativa de las alternativas consideradas (w_i). Es decir,

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$$

De esta demostración Saaty (1980) deduce también que el vector propio asociado al único valor propio no nulo de una matriz de decisión ideal, sería precisamente el vector de pesos de las diferentes alternativas, es decir un vector cuyas componentes fueran los citados pesos w_i .

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

De la definición del índice CR se extrae que cuanto más pequeño sea CI más coherente será la evaluación realizada. Es interesante observar que según esto el máximo valor propio de una matriz no puede ser inferior a n y por tanto el valor de CI será siempre igual o superior a cero. Además Saaty (1980) extrae una recomendación para los valores CR aceptables, fijando una frontera de 10% (o un valor de CR de 0,10) para calificar de buena una estimación, de modo que serían aceptables resultados hasta un 15% de tolerancia ($CR = 0,15$).

Para agilizar el proceso de cálculo Saaty (1980) propone un método simplificado, extraído y demostrado a partir de la definición de la matriz de decisión, mediante el cual pueden calcularse los componentes del vector de prioridades (w_i) como una media geométrica de las componentes de las filas de la matriz de decisión, posteriormente normalizada con base en el resto de componentes de manera que sumen la unidad. Por otro lado el máximo valor propio asociado a dicha matriz (λ_{max}), se calcula como el producto de la suma de las columnas de la matriz de decisión por el componente correspondiente del vector de prioridades, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\omega * i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} ; \omega_i = \frac{w * i}{\sum_{i=1}^n w * i}$$
$$\lambda_{max} = \sum_{j=1}^n (\sum_{i=1}^n a_{ij}) \cdot w_j$$

En definitiva, la originalidad y rigor matemático de esta metodología quedan fuera de toda duda, así como su aportación como herramienta de toma de decisiones. En este sentido quizá una de las mayores ventajas del AHP es su implementación informática, lo que conlleva un uso sencillo en comparación con la dificultad teórica del método, articulando la entrada de información mediante preguntas fáciles de responder.

No obstante existen críticas por parte de Dyer (1990) acerca de la definición axiomática del AHP. Se discute también la fiabilidad de los resultados basándose en la limitación de la información requerida por el método, de hecho la metodología ha sido

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

criticada por una falta de claridad de definición tras la aparente simplicidad de las preguntas, lo que podría desembocar en juicios erróneos o superficiales (Watson & Buede, 1987).

Dyer (1990) afirma que la clave para el correcto uso de la AHP se basa en la síntesis de los conceptos de TUMA. También cuestiona la aplicación del AHP en su artículo *“Remarks on the analytic hierarchy process”*, recalcando sobre todo la ambigüedad de las preguntas que el tomador de decisiones debe responder, al afirmar que lo ambiguo es inherente a todos los métodos de preferencia de educación, incluidos los de teoría de la utilidad clásica.

Dyer (1990) asegura que la habitual reticencia en algunos ámbitos hacia las estructuraciones matemáticas ha cristalizado en un recelo ante la representatividad de los números introducidos en el aparato analítico de Saaty (1980). Sin embargo, a pesar de que las anteriores críticas pueden relativizarse por los perjuicios de ciertos sectores hacia los tratamientos matemáticos, debe reconocerse que la limitación de escala introducida entre 1 y 9 puede dar lugar a inconsistencias. Además la correspondencia entre la escala verbal y numérica es discutible al estar basada en supuestos no comprobados. Finalmente los pesos se calculan sin referencia a la escala de medición de atributos.

AHP ha recibido también otro tipo de críticas más sutiles, como el hecho de que la introducción de una nueva alternativa pueda trastocar la clasificación o jerarquización inicial. Robusté (1987) pone de manifiesto también una pérdida de confianza con el aumento del tamaño (uniformización del valor de los pesos), la incertidumbre y perturbación de las estimaciones.

No obstante, Harcker y Vargas (1993) hacen una contrarréplica al igual que Saaty (1990c), respondiendo que desde sus axiomas a sus procedimientos AHP se ha vuelto histórica y teóricamente una teoría diferente e independiente de la toma de decisiones de la teoría de la utilidad. También tiene un modo particular en la generación de escalas de razón, que ha contribuido a su eficacia en el establecimiento de prioridades por un

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP
grupo de tomadores de decisiones. La teoría de la utilidad es un proceso normativo, mientras que AHP como una teoría descriptiva abarca los procedimientos de adopción a los resultados que se clasifican según una teoría normativa.

En cualquier caso a pesar de la controversia suscitada, el valor de la aportación de Saaty es ampliamente reconocido y su aplicación constituye un interesante apoyo para la toma de decisiones, siempre y cuando las preguntas de entrada no sean ambiguas y los axiomas sean comprobables. En síntesis, Goodwin y Wright (p. 29, 1999) distinguen cuatro puntos fuertes de la metodología:

“...su estructuración formal, la simplicidad de la comparación por pares que se introduce, la posibilidad de comprobación de la consistencia derivada de la redundancia introducida y su versatilidad.”

Sin embargo a pesar de su indudable aportación, no hay que olvidar que el AHP no introduce ninguna estructuración del problema de la toma de decisión, sino que de hecho la da por supuesta.

Las aplicaciones de este método son muy numerosas, y entre las referentes a aspectos de ingeniería podrían citarse las de Al-Subhi (2001) orientada a la selección de contratistas en el ámbito de la construcción, o el trabajo realizado por Martínez et al., (2010) con respecto a la localización de un edificio universitario mediante AHP.

Existen trabajos como los de Kumar y Omkarprasad (2004), en el que cita más de 150 trabajos en los que se ha aplicado metodología AHP, 27 de ellos analizados críticamente para que los lectores puedan obtener información del crecimiento de la metodología AHP en las diferentes áreas del conocimiento.

3.1.3. Utilización AHP en elección de tecnologías agropecuarias.

Cáceres et al., (1997) conceptualizan a la tecnología como las distintas técnicas, conocimientos y fundamentos que permiten al hombre transformar la naturaleza (Dorfman, 1993; Custer, 1995). Al respecto, Cáceres (1995) señala que la tecnología

3. *Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP* debería ser entendida como un medio que permite actuar sobre la naturaleza, pero también como una forma de construir la sociedad y las relaciones humanas.

Cáceres et al., (1997) también señalan que se debe considerar a la tecnología como un conjunto de conductas sociales actuando sobre la sociedad, desechando de esta forma ciertas visiones que la consideran una variable no social e independiente (Pfaffenberger, 1988). Por lo tanto cuando se considera la transferencia de tecnología de una sociedad a otra, en realidad se está hablando del impacto de un tipo de conducta sobre otra (Mackenzie & Wajcman, 1985).

Trigo et al., (p. 12, 1983) señalan en relación al vínculo tecnología sociedad:

“...que existen tres ideas claves: i) el hecho de que la tecnología constituye la base principal sobre la que se asienta el desarrollo económico; ii) que está orientada a producir el "progreso" social; y iii) que de una forma u otra va a incidir favorablemente en el bienestar de la sociedad.”

Con estas referencias respecto a la tecnología y los procesos que se deben adoptar para el cambio, surge la interrogante sobre que metodología elegir para la selección de tecnologías, sobre todo en el ámbito agropecuario.

A nivel de Ingeniería Agrícola se han reportado una serie de trabajos (Triantaphyllou & Mann, 1995). En agricultura sostenible Rezei et al., (2008) lo utilizan para seleccionar entre los modelos de agricultura sostenible el más ideal, participando varios involucrados como expertos que ayudaron en las calificaciones.

García et al., (2010) señalan que la aplicación de técnicas multiatributos en procesos de evaluación y selección de tecnologías en agricultura es ampliamente reportada en la literatura. Por ejemplo, se ha realizado un análisis del impacto de las políticas del uso de agua en la agricultura con un enfoque multiatributos y programación lineal (Bartolini et al., 2007). Se han realizado estudios con un enfoque multicriterio para analizar la aversión al riesgo de inversiones en agricultura (Gómez-Limón & Manuel Arriaza, 2003) y se ha desarrollado un modelo para evaluación de diseños de sistemas de

3. *Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP* irrigación (Bazzani, 2005). También ha sido utilizado por de Prada et al., (2008) en la conservación de suelo para una cuenca representativa en el centro argentino.

García et al., (2006) hacen referencia a Wasil y Golden (2003), quienes recomiendan la técnica AHP para la evaluación de tecnologías y equipos en general, además cita a Yusuff et al., (2001) y expresan que el éxito de esta técnica se debe a la versatilidad, poder de estructuración y análisis de problemas complejos, ya que permite la integración de factores económicos, estratégicos, sociales y operacionales.

Chen et al., (2001) realizaron un sistema de evaluación sintética utilizando el método de AHP, donde se evaluaban los rasgos comerciales de los frutos de pepino, para lo cual 10 líneas fueron evaluadas sintéticamente, se construyeron 3 niveles (objetivo, criterio y alternativas) teniéndose 7 criterios para una sola fruta: el espesor de la cámara del corazón, color de la fruta, la forma del fruto, longitud del fruto, diámetro transversal de la fruta y la longitud del tallo de la fruta, el resultado reveló las características comerciales de los frutos de pepino.

Flores y Gómez-Limón (2006) propusieron el desarrollo de una propuesta metodológica de planificación multicriterio, con el fin de optimizar el uso de la tierra con fines agrarios en áreas protegidas tropicales, analizando las diferentes alternativas de uso óptimo del territorio desde la perspectiva pública.

Ponce y Vargas (2008) en su trabajo de evaluación de aptitud de tierras, citan que el empleo del AHP resultó muy eficaz para definir las jerarquías de las cualidades que conforman los árboles de decisión utilizados para la evaluación de tierra, así como para cuantificar la inconsistencia de los juicios entre los expertos, con lo que se garantizó la obtención de resultados más seguros y confiables.

Gómez et al., (2008) usaron la metodología AHP para seleccionar tres cadenas productivas entre 20 posibilidades. Para ello, definieron un conjunto de variables que sirvieron de criterio para la selección de las cadenas, mediante las calificaciones asignadas por parte de un grupo de expertos invitados.

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

Kim et al., (2010) analizaron qué cultivos debían ser prioridad de la política agrícola regional utilizando el AHP como herramienta analítica. A través de esta metodología se seleccionó la mejor alternativa mediante el análisis de los expertos agrícolas de Changnyeong (Corea del Sur), evaluándose como muy importante la cebolla y el ajo. Estos productos obtuvieron una valoración alta en los diferentes criterios, por lo tanto, plantearon que la cebolla y el ajo deben llegar a desarrollarse estratégicamente, pero la calidad y la seguridad alimentaria de los productos agrícolas se consideran la política de desarrollo más importante.

Ning et al., (2011) seleccionaron 30 unidades de paisajes vegetales dentro de un parque en Hangzhou (China), evaluándolos por el método AHP. Los resultados de evaluación fueron satisfactorios, por ejemplo al definir y evaluar los criterios en su investigación mediante AHP, pudieron determinar que la función ecológica es la más importante seguido de la función estética y finalmente la función servicio.

Zhang et al., (2011) establecieron un sistema de síntesis de la evaluación del valor industrial de las variedades tradicionales de crisantemos y determinó un apoyo teórico para la selección y aplicación, seleccionaron 19 factores de evaluación de 32 que tradicionalmente se realizaban en un sistema de evaluación integral del cultivo por medio del método AHP, consideraron los rasgos ornamentales, de resistencia y gran variedad de procesos de cultivo, finalmente se calculó el peso de 19 factores de evaluación, incluyendo el color de la flor, el vigor de crecimiento de la planta, planta altura, la capacidad de germinación del brote, el tiempo de floración natural, y la resistencia a la sequía, para sintetizar la evaluación.

Ahumada et al., (2011) utilizaron la metodología (AHP) para definir la estructura de decisión con cuatro factores de riesgo o criterios: clima, variabilidad de precios y costos, factor humano y comercialización.

En un estudio de concentración parcelaria y proceso de reasignación en Turquía, los autores Tayfun y Meylut (2013) consideran que la redistribución de la tierra es la fase

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP más importante de la concentración parcelaria. Por ello en su estudio, las preferencias para el proceso de reasignación se determinaron con AHP, los resultados de un modelo de concentración parcelaria basado en AHP se compararon con los resultados de un modelo de reasignación de tierras basado en entrevistas, que es el modelo clásico, según los resultados el 62,7% de los participantes estaban satisfechos con el modelo de reasignación de tierras basado en entrevistas, mientras que el 91,5% con el modelo de concentración parcelaria basado en AHP.

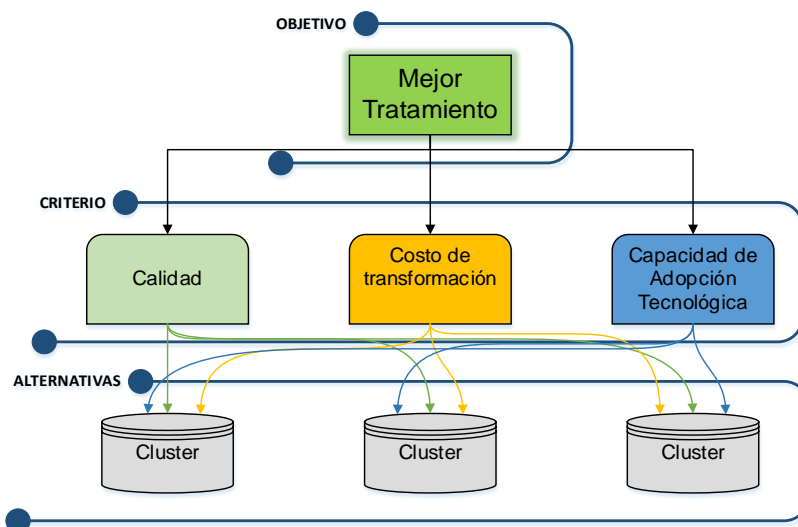
3.2. Desarrollo del estudio de Campo.

El AHP desarrollado por Saaty (1980) es un sistema flexible de metodología de análisis de decisión multicriterio. La formulación del problema de decisión en una estructura jerárquica es la primera y principal etapa. La jerarquía (meta, criterio, subcriterio, alternativa) se construye de modo que los elementos de un mismo nivel sean del mismo orden de magnitud y pueda relacionarse con algunos o todos los elementos del siguiente nivel. En una jerarquía típica el nivel más alto, focaliza el problema de decisión.

Una vez construido el modelo jerárquico (gráfico 7), se realizan comparaciones por pares (entre dichos elementos numéricos y alternativas) y se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas que intervienen en el proceso de decisión.

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

Gráfico 7: Estructura de criterios y alternativas para AHP.



Fuente: Elaboración propia.

En el caso concreto del estudio (anexo #3), inicialmente los expertos hicieron las comparaciones a nivel de criterios, entre los cuales se presentaba: calidad, costo de transformación y capacidad de adopción tecnológica. Se parearon entre ellos y se realizaron las comparaciones en una escala de 1 a 9, tal como lo menciona Saaty (1980).

Expresión verbal de la preferencia	Valor numérico
Extremadamente más importante	9
	8
Muchísimo más importante	7
	6
Más importante	5
	4
Moderadamente más importante	3
	2
Igual de importante	1

Berumen y Llamazares (2007) citan que cuando el número de elementos para los que se efectúan las comparaciones relativas supera (7+-2), de acuerdo al número mágico de Miller (1956), el modelo AHP recurre a las mediciones absolutas (ratings). Esta restricción es posible de eliminar si se hace una separación del total de alternativas en grupos de elementos con un cardinal menor que el número de Miller. La toma de

3. *Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP* decisiones multiatributo trabaja con un número finito (que generalmente es pequeño) de alternativas determinadas, $A = A_1, A_2, \dots, A_m$, del cual se conoce además su evaluación sobre cada uno de los atributos, X_1, X_2, \dots, X_n , de carácter cuantitativo o cualitativo y que se representa a través de la denominada matriz de decisión.

Esto coincide con lo expuesto por Saaty (1990c), quien sostiene que la comparación de elementos en pares requiere que los grupos homogéneos o cercanos, tengan atributos en común; de otra manera el error significativo puede introducirse en los procesos de medición. Adicionalmente el número de elementos a comparar debe de ser menor a nueve.

Tomando en consideración las anteriores citas, en el siguiente nivel de comparación, debido a la cantidad de alternativas existentes, se manejaron de acuerdo a lo recomendado en la metodología, trabajando con tres clústeres. Estos se generaron a partir de las tres alternativas de fermentación posible: “cajón”, “sacos” y “montones”.

En la investigación se formó pares entre cada clúster y las alternativas de secado existentes: “marquesina”, “cajón corredizo” y “tendal”, combinando cada una de las alternativas de fermentación con las tres alternativas de secado y se parean, así al final se obtienen las mejores alternativas de cada clúster.

Para agregar los juicios individuales en un único y representativo del grupo entero, se ha recurrido a la media geométrica, tal y como recomienda Saaty (2008) para mantener la propiedad de reciprocidad de los juicios sintetizados. De esa forma, se pueden seleccionar las mejores alternativas en cada clúster para posteriormente compararlas entre sí (anexo #4). Así se cumple con el requisito de planteamiento metodológico, al trabajar solamente con matrices de tres por tres.

Además, se tomó en consideración en cada uno de los pareos el rango aceptable de CR. Su valor puede variar según el tamaño de la matriz: 0,05 para una matriz de 3 por 3; 0,08 para una matriz de 4 por 4 y 0,1 para todas las matrices más grandes, $n \geq 5$ (Saaty T. L., 2000; Cheng & Li, 2001). Si el valor de CR es igual a, o menor que ese valor, implica

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

que la evaluación dentro de la matriz es aceptable o indica un buen nivel de consistencia en los juicios comparativos representados en esa matriz. Por el contrario, si CR es mayor que el valor aceptable, significa que hay inconsistencia en las resoluciones judiciales de la matriz y por lo tanto el proceso de evaluación debe ser revisado, reconsiderado y mejorado. Un índice de coherencia aceptable ayuda a asegurar la fiabilidad de la toma de decisiones en la determinación de las prioridades de un conjunto de criterios.

Los datos han sido procesados en el software Expert Choice, considerando que el rango de inconsistencia no sobrepase del 5% para matrices de 3x3. (Saaty, 2000)

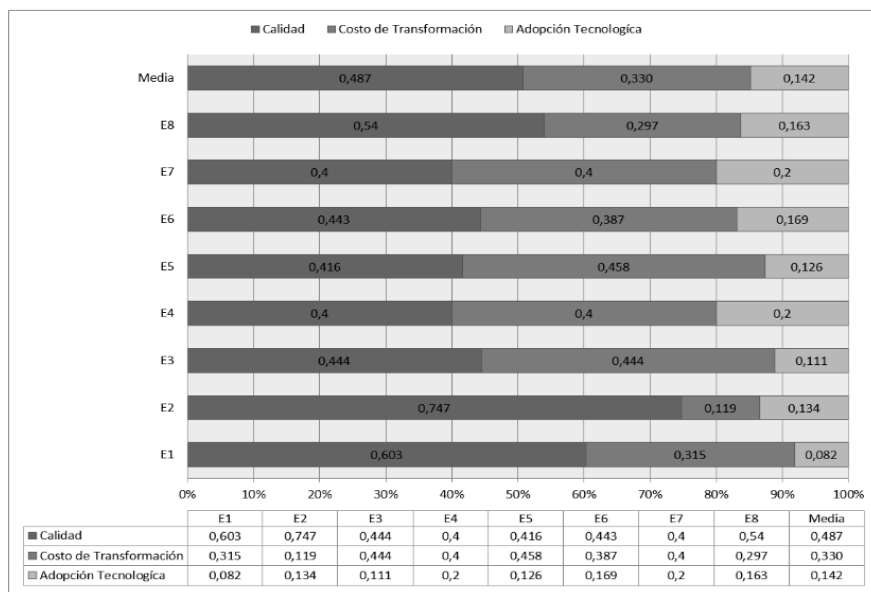
Se ha consultado la opinión a ocho expertos, a nivel nacional, vinculados al ámbito de producción, post cosecha y calidad del cacao, los mismos que fueron seleccionados en base al cuestionario que se muestra en el anexo #5. El grupo de expertos fue heterogéneo a fin de fomentar una amplia gama de opiniones y discriminar entre sus juicios, tal y como lo mencionan Wedley et al., (1993). El instrumento elegido ha sido un cuestionario en el que valoraron de manera pareada, según la escala de Saaty (1980), los criterios y los pares de tratamientos agrupados en clústeres. Dicho cuestionario se explicaba a cada experto de manera individual y personalizada para que lo rellenasen y entregasen posteriormente.

3.3. Valoración de los distintos tratamientos post cosecha.

En el gráfico 8, se muestra de manera gráfica y ponderada la valoración realizada por los ocho expertos a nivel de criterios: calidad, costo de transformación y capacidad de adopción tecnológica. Hay que considerar que estos resultados se obtuvieron en una matriz pareada de tres por tres. Para los ocho casos, se puede evidenciar una media geométrica mayor para el criterio Calidad, seguido de costo de transformación y capacidad de adopción tecnológica. En el caso de calidad, la media geométrica obtenida por los expertos fue de 0,487, el criterio costo de transformación obtuvo una valoración de 0,333 y finalmente la capacidad de adopción tecnológica 0,142.

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

Gráfico 8: Medias geométricas de las evaluaciones por pares de los criterios.

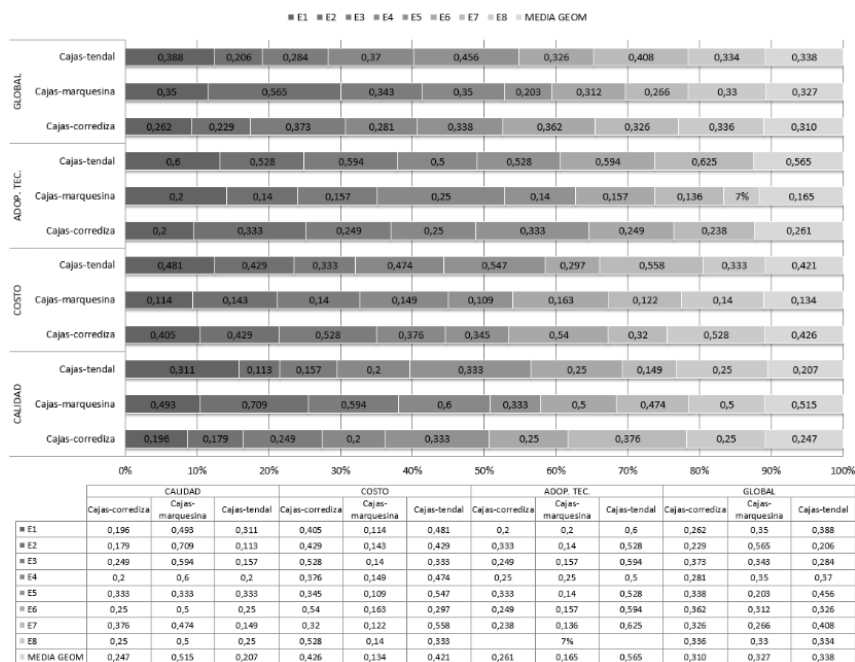


Fuente: Autor.

En el gráfico 9, se realizó la evaluación de los pares de tratamientos basados en el clúster fermentación en “cajas”. Al realizar las respectivas combinaciones con el secado en “tendal”, “marquesina” y “cajón corredizo”, se obtuvo que a nivel del criterio de calidad los mejores resultados fueron para el tratamiento de fermentación en “cajas” y secado en “marquesina” con una media geométrica de 0,515, muy por encima de “cajas corredizas” con 0,247 o “cajas tendal” con 0,207.

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

Gráfico 9: Medias Geométricas de los resultados obtenidos en el clúster de “cajas”, en combinación con tres técnicas de secado.



Fuente: Elaboración propia.

Para el criterio de costo de transformación, el mejor resultado fue el obtenido por la combinación de fermentación en “cajas” y el secado en “cajas corredizas” con 0,426. Sin embargo, en esta evaluación la opción “cajas tendal” se posicionó muy cerca con un resultado de 0,421 y muy distante a la del método de “cajas” con secado en “marquesina” con 0,134.

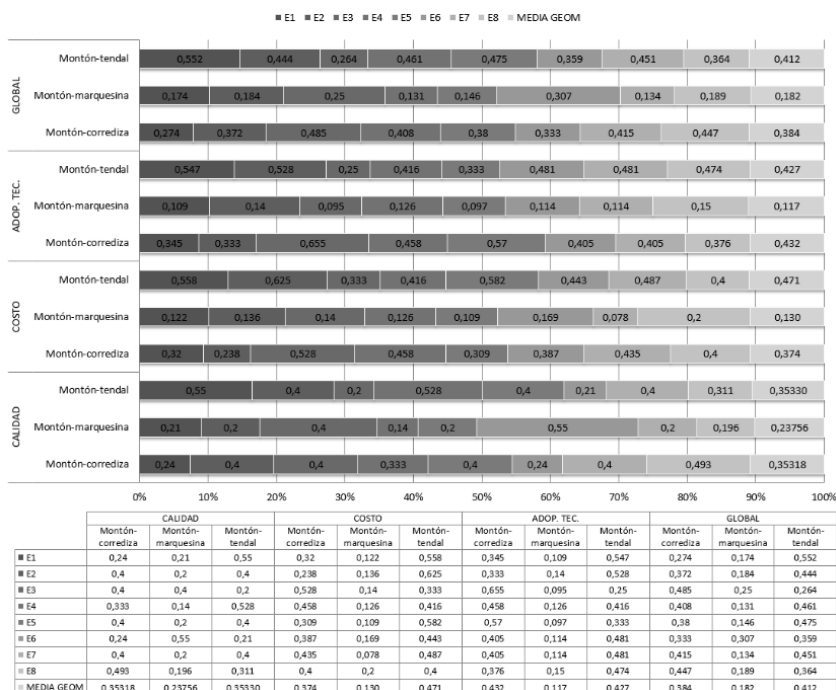
En lo que respecta al criterio de capacidad de adopción tecnológica, el mejor resultado fue el obtenido por la opción “cajas tendal” con 0,565, muy por encima de “cajas corredizas” con 0,261 y de “cajas marquesina” con 0,165.

Finalmente, en la estructuración global de todas las medias geométricas, se obtiene como resultado que la mejor media es la obtenida por el de “cajas tendal” con 0,338. No obstante, en la valoración se observan valoraciones muy cercanas con “cajas marquesina” 0,327 y “cajas corredizas” con 0,310.

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

Cabe destacar que el tratamiento mejor valorado es el de “cajas tendal”, alcanzando sus valoraciones más altas en las alternativas: costo de transformación y capacidad de adopción tecnológica. Sin embargo en la alternativa calidad, está valorado muy por debajo del que tuvo la mejor calificación: “cajas marquesina”.

En el gráfico 10, se realizó la evaluación de los pares de tratamientos basados en el clúster fermentación en “montón”. Las respectivas combinaciones con el secado en “tendal”, “marquesina” y “cajón corredizo”, se obtuvo como mejor puntuado a nivel del criterio de calidad el tratamiento de fermentación en “montón” y secado en “tendal” con una media geométrica de 0,35330. Valores más cercanos presentan el tratamiento de fermentación en “montón” y secado en “cajones corredizos” con 0,3518, marcándose una diferencia con el secado en “montón marquesina” con un valor de 0,23756. Gráfico 10: Medias geométricas de los resultados obtenidos en el clúster de montón, en combinación con tres técnicas de secado.



Fuente: Elaboración propia.

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

Para el criterio de costo de transformación, el mejor resultado fue el obtenido por la fermentación “montón” en secado realizado en “tendal” con 0,471. En esta evaluación, se marca diferencia con el tratamiento siguiente que correspondió a la opción “montón” con secado en “cajas corredizas” con un resultado de 0,374 y muy distante el “montón” con secado en “marquesina” con 0,130.

En lo que respecta al criterio de capacidad de adopción tecnológica se vuelven a dar resultados con márgenes muy estrechos al igual que en el criterio calidad entre los dos primeros tratamientos, teniendo como mejor media geométrica el tratamiento “montón” en secado de “cajones corredizos” con 0,431, seguido de “montón tendal” con 0,427 y finalmente “montón marquesina” con 0,117.

En la estructuración global de todas las medias geométrica, se obtiene un estrecho margen entre los dos primeros tratamientos, sin embargo el mejor promediado es el “montón tendal” con 0,412, seguido de fermentación en “montón” secado en “cajones corredizos” con 0,384 y finalmente con una media de 0,182 el tratamiento de “montón marquesina”.

Se destaca finalmente que el tratamiento mejor valorado en el global (“montón tendal”), también alcanza los mejores promedios, en la valoración de los criterios calidad y costos. Hay que señalar que pese a no tener la valoración más alta en el criterio capacidad de adopción tecnológica, se encontraba en segundo puesto con una valoración muy cercana en relación con la mejor puntuada en este criterio.

En el gráfico 11, se evidencian los datos de los pares de tratamientos que fueron analizados en el clúster fermentación en “sacos”. En las combinaciones con el secado en “cajón corredizo”, “marquesina” y “tendal”, se obtuvo como la mejor media geométrica a nivel del criterio de calidad el tratamiento de fermentación en “sacos” y secado en “marquesina” con 0,465. Se tienen una distancia considerable con la media obtenida por tratamiento fermentación en “sacos” y secado en “cajón corredizo” que obtuvo el valor

3. *Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP* de 0,285, finalmente cierra la calificación la fermentación en “sacos” y secado en “tendal” con 0,204.

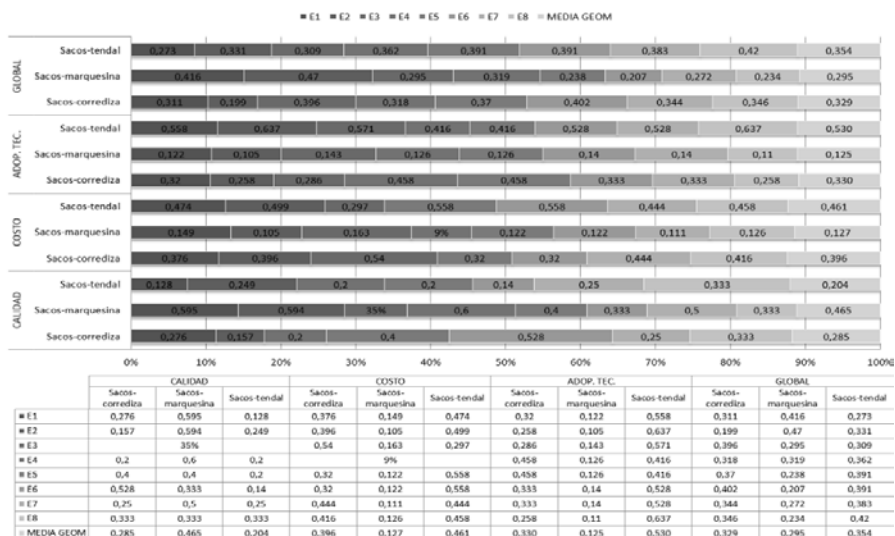
Para el criterio de costo de transformación, el mejor resultado fue el obtenido por la fermentación en “sacos” con secado realizado en “tendal” con 0,461. A continuación, se muestra como la mejor calificación el tratamiento fermentado en “sacos” y con secado en “cajones corredizos” con 0,396, generando una brecha mayor con el último de los valorados que es el tratamiento de “sacos” con secado en “marquesina” con 0,127.

Para el criterio de capacidad de adopción tecnológica, se evidencia una clara ventaja del tratamiento mejor valorado en relación a los otros, es así como la fermentación en “sacos” con secado en “tendal” obtiene una media geométrica de 0,530, mientras que el más próximo el tratamiento “sacos, cajones corredizos”, obtiene una media de 0,330. Finalmente, el último puesto lo obtiene el tratamiento fermentación en sacos con secado en “marquesina” con 0,125.

En la estructuración global de todas las medias geométrica, se obtiene un estrecho margen entre los dos primeros tratamientos. Sin embargo, el mejor ponderado es el tratamiento de “sacos tendal” con 0,354, seguido de fermentación en “sacos” con secado en “cajones corredizos” con 0,329 y finalmente con una media de 0,295 el tratamiento de “sacos marquesina”.

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

Gráfico 11: Medias geométricas de los resultados obtenidos en el clúster de “sacos”, en combinación con tres técnicas de secado.



Fuente: Elaboración propia.

Haciendo un análisis de estos resultados, se evidencia que pese a que el tratamiento fermentación en “sacos” y secado en “tendal” tiene el mejor promedio, en el criterio de calidad el mejor promedio lo obtiene la combinación de fermentación en “sacos” y secado en “marquesina”. Con esto, se evidencia que el tratamiento “sacos tendal” obtiene sus mejores medias geométricas en los criterios costo, capacidad de adopción tecnológica, lo que la hace prevalecer sobre el mejor promedio en calidad obtenido por el tratamiento “sacos marquesina”.

En los clústeres, se analizaron aquellos tratamientos que recibieron las mejores puntuaciones bajo cada uno de los criterios considerados y también los 3 tratamientos con la mejor puntuación global.

En primer lugar, se construyó una nueva matriz 3x3 con los tratamientos que recibieron la mejor puntuación bajo el criterio de calidad. Estos tratamientos son fermentación en “cajas” con secado en “marquesina”, fermentación en “montón” con secado en “tendal” y fermentación en “sacos” con secado en “marquesina” (gráfico 12).

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

En base al criterio calidad el tratamiento mejor valorado fue el de “cajas marquesina” con un promedio de 0,483, muy por encima del segundo que fue el de fermentación en “sacos” con secado en “marquesina” con 0,271 y finalmente el tratamiento “montón tendal” con 0,198.

Tomando en consideración el criterio de costo, el mejor tratamiento fue el de fermentación en “montón” con secado en “tendal”, con una media de 0,427, seguido del tratamiento de fermentación en “sacos” con secado en “marquesina” con 0,328 y finalmente la fermentación en “cajas” con secado en “marquesina” obtuvo una media de 0,190.

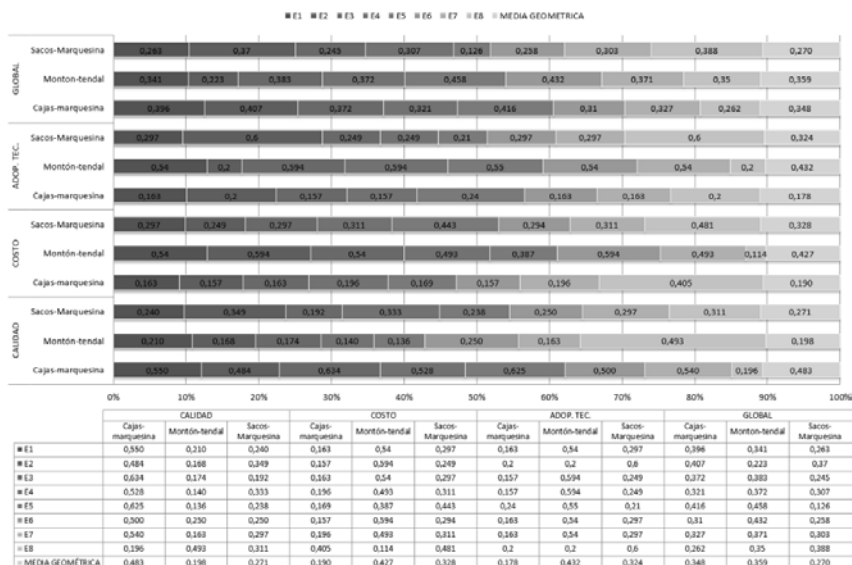
Para el criterio de capacidad de adopción tecnológica, la media geométrica más alta fue la obtenida por el tratamiento de fermentación en “montón” y secado en “tendal” con 0,432, esto se asume de la facilidad que pueda tener el productor para adoptar esta tecnología. El segundo lugar lo obtuvo el tratamiento de fermentación en “sacos” y secado en “marquesina” y finalmente cierra los resultados el tratamiento de fermentación en “cajas” y secado en “marquesina”.

Finalmente en el momento de agrupar las medias geométricas en una evaluación global, se pudo obtener como el valor más alto el obtenido por el tratamiento “montón tendal” con 0,359, seguido del tratamiento de fermentación en “cajas” y secado en “marquesina” y finalmente el de fermentación en “sacos” y secado en “marquesina”.

Hay que destacar que en la valoración global el tratamiento “sacos tendal” tiene la puntuación más elevada debido a sus altas puntuaciones a nivel de los criterios de costos y capacidad de adopción tecnológica. En cambio, a nivel del criterio calidad, el tratamiento mejor valorado fue el de “cajas marquesina”. Por lo tanto, es evidente que para este grupo de tratamientos analizados, a nivel global, ha tenido un mayor peso el costo de transformación y la capacidad de adopción tecnológica.

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

Gráfico 12: Medias geométricas de los resultados obtenidos de los mejores tratamientos, considerando el criterio calidad.



Fuente: Elaboración Propia.

Así como se procedió para el criterio de calidad, para el caso del criterio costo de transformación se procedió del mismo modo. Primero, se construye una matriz 3x3 con los tratamientos que recibieron la mejor puntuación bajo el criterio de costos (gráfico 13). Estos tratamientos son fermentación “cajas corredizas”, fermentación en “montón” y secado en “tendal” y fermentación en “sacos” y secado en “tendal”.

En lo que respecta al criterio calidad, el tratamiento mejor valorado fue el de “cajas” con secado en “cajas corredizas” con un promedio de 0,41432, muy por encima del segundo que fue el de fermentación en “montón” con secado en “tendal” con 0,25586 y finalmente el tratamiento de fermentación en “sacos” con secado en “tendal” con 0,25114, una diferencia muy cerrada entre ambos tratamientos.

En el caso del criterio de costo de transformación, el tratamiento con la media geométrica más alta fue el de fermentación en “sacos” con secado en “tendal” con una media de 0,429, seguido del tratamiento de fermentación en “montón” con secado en

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP “tendal” con 0,353 y finalmente la fermentación en “cajas” con secado en cajones corredizas obtuvo una media de 0,181.

Para el criterio de capacidad de adopción tecnológica la media geométrica más alta fue la obtenida por el tratamiento de fermentación en “sacos” y secado en “tendal” con 0,425. El segundo lugar lo obtuvo el tratamiento de fermentación en “montón” y secado en “tendal” y finalmente cierra los resultados el tratamiento de fermentación en “cajas” y secado en “cajas corredizas”. Finalmente, al momento de agrupar las medias geométricas en una evaluación global, se pudo obtener como el valor más alto el obtenido por el tratamiento saco “tendal” con 0,332, ventaja ligera sobre el tratamiento de fermentación en “montón” y secado en “tendal” con 0,327 y finalmente el de fermentación en “cajas” y secado en “cajas corredizas” con 0,318.

Gráfico 13: Medias geométricas de los resultados obtenidos de los mejores tratamientos, considerando el criterio costo.

		■ E1 ■ E2 ■ E3 ■ E4 ■ E5 ■ E6 ■ E7 ■ E8 ■ MEDIA GEOM											
CATEGORIA	TRATAMIENTO	CALIDAD			COSTO			ADOP. TEC.			GLOBAL		
		Cajas corredizas	Montón tendal	Sacos tendal	Cajas corredizas	Montón tendal	Sacos tendal	Cajas corredizas	Montón tendal	Sacos tendal	Cajas corredizas	Montón tendal	Sacos tendal
GLOBAL	Sacos-tendal	0,318	0,222	0,388	0,341	0,494	0,307	0,329	0,316	0,332			
	Montón-tendal	0,312	0,292	0,35	0,311	0,35	0,368	0,34	0,293	0,327			
	Cajas-corrediza	0,36	0,495		0,302	0,348	0,196	0,325	0,331	0,29	0,318		
ADOP. TEC.	Sacos-tendal	0,387	0,387	0,4	0,443	0,4	0,387	0,387	0,443	0,425			
	Montón-tendal	0,443	0,443	0,4	0,387	0,4	0,443	0,443	0,39	0,383			
	Cajas-corrediza	0,169	0,169	0,2	0,169	0,2	0,169	0,169	0,169	0,176			
COSTO	Sacos-tendal	0,429	0,443	0,481	0,4	0,429	0,4	0,429	0,429	0,429			
	Montón-tendal	0,429	0,387	0,318	0,4	0,429	0,4	0,429	0,429	0,333			
	Cajas-corrediza	0,143	0,169	0,481	0,2	0,143	0,143	0,2	0,143	0,181			
CALIDAD	Sacos-tendal	0,35	0,197	0,311	0,332	0,394	0,196	0,2	0,34	0,35114			
	Montón-tendal	0,27	0,249	0,493	0,184	0,249	0,311	0,2	0,21	0,25586			
	Cajas-corrediza	0,3	0,394	0,196	0,384	0,138	0,493	0,6	0,55	0,41432			
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
		CALIDAD			COSTO			ADOP. TEC.			GLOBAL		
■ E1		0,5	0,25	0,25	0,143	0,169	0,387	0,169	0,443	0,387	0,36	0,292	0,222
■ E2		0,394	0,249	0,157	0,169	0,387	0,443	0,169	0,443	0,387	0,486	0,292	0,222
■ E3		0,196	0,493	0,311	0,485	0,114	0,481	0,2	0,2	0,6	0,262	0,35	0,388
■ E4		0,584	0,184	0,282	0,2	0,4	0,4	0,169	0,387	0,443	0,348	0,211	0,441
■ E5		0,157	0,249	0,394	0,143	0,429	0,429	0,2	0,4	0,4	0,156	0,35	0,484
■ E6		0,493	0,311	0,196	0,2	0,4	0,4	0,169	0,443	0,387	0,325	0,368	0,307
■ E7		0,6	0,2	0,2	0,143	0,429	0,429	0,169	0,443	0,387	0,331	0,34	0,329
■ E8		0,55	0,21	0,34	0,143	0,429	0,429	0,169	0,39	0,443	0,39	0,293	0,316
■ MEDIA GEOM		0,41432	0,25586	0,25114	0,181	0,353	0,429	0,176	0,383	0,425	0,318	0,327	0,332

Fuente: Elaboración Propia.

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

Para el caso del criterio capacidad de adopción tecnológica, los tratamientos que recibieron la mejor puntuación fueron los que entraron a evaluación: fermentación en “cajas” con secado en “tendal”, fermentación en “montón” y secado en “cajas corredizas” y fermentación en “sacos” y secado en “tendal” (gráfico 14).

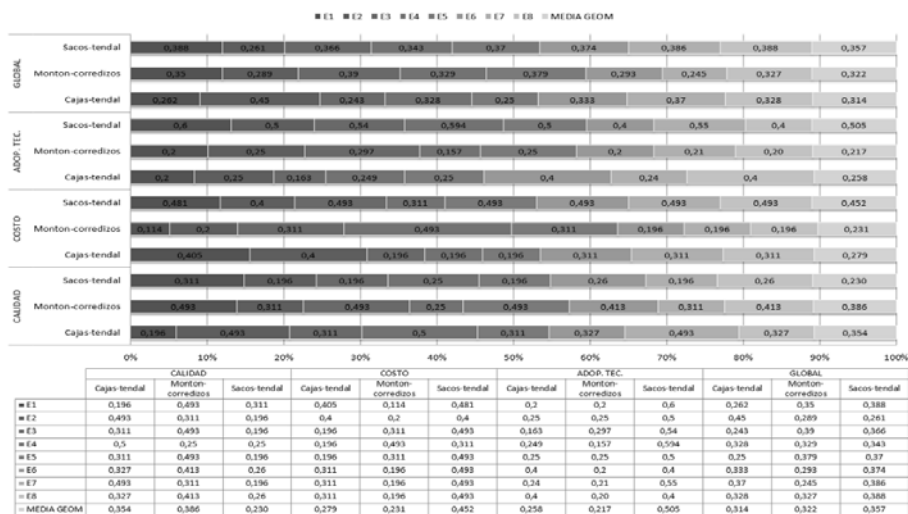
Para el caso del criterio calidad, el tratamiento mejor valorado fue el de montón con secado en “cajas corredizas” con un promedio de 0,386, la segunda mejor media fue el de fermentación en “cajas” con secado en “tendal” con 0,354, teniéndose valores ajustados entre las dos primeras preferencias, finalmente el tratamiento de fermentación en “sacos” con secado en “tendal” con 0,230, fue el de valoración más baja.

En el caso del criterio de costo, el tratamiento con la media geométrica más alta fue el de fermentación en “sacos” con secado en “tendal” con una media de 0,452, alcanzando una amplia diferencia en relación al segundo tratamiento de fermentación en “cajas” con secado en “tendal” con 0,279 y finalmente la fermentación en “montón” con secado en cajones corredizas obtuvo una media de 0,231.

Para el criterio capacidad de adopción tecnológica, el valor más alto fue el obtenido por el tratamiento de fermentación en “sacos” y secado en “tendal” con 0,505, muy por encima de los otros tratamientos. El segundo lugar lo obtuvo el tratamiento de fermentación en “cajas” y secado en “tendal” con 0,258 y finalmente cierra los resultados el tratamiento de fermentación en “montón” y secado en “cajones corredizos” con 0,217. Se evidencia una diferencia considerable entre el mejor y peor promedio.

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

Gráfico 14: Medias geométricas de los resultados obtenidos de los mejores tratamientos, considerando el criterio capacidad de adopción tecnológica.



Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, para poder obtener el mejor valorado entre los tres criterios se realizó una evaluación global. En esta, se obtuvieron valores más homogéneos, sin embargo el valor más alto fue el obtenido por el tratamiento “sacos tendal” con 0,357, seguido muy de cerca por el tratamiento de fermentación en “montón” y secado en “cajones corredizos”; teniéndose el tratamiento de fermentación en “cajas” y secado en “tendal” como el de menor valor 0,314.

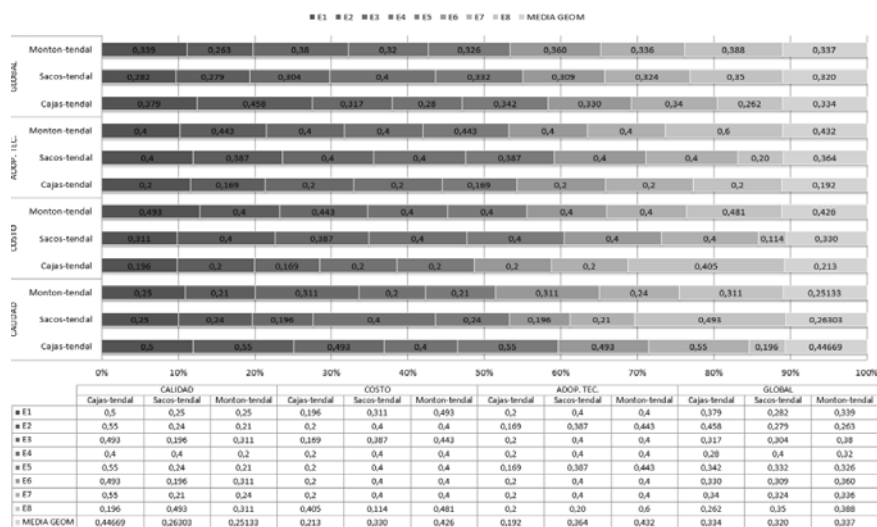
En estos resultados se vuelve a evidenciar que el ganador de las medias geométricas a nivel de calidad (fermentación en “montón” y secado en “cajones corredizos”) no tuvo la mayor puntuación en el condensado global. En la valoración global, el tratamiento “sacos tendal” tiene la puntuación más elevada debido a sus altas puntuaciones a nivel de los criterios de costos y capacidad de adopción tecnológica. Una vez más se hace evidente que para este grupo de tratamientos analizados, a nivel global,

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

ha tenido un mayor peso el costo de transformación y la capacidad de adopción tecnológica, pese a las estrechas diferencias entre los tratamientos.

Finalmente, se analizaron los 3 tratamientos con la mejor puntuación global. En el gráfico 15, se muestran los resultados obtenidos a nivel global, con los datos que provienen de los mejores puntuados.

Gráfico 15: Medias geométricas de los resultados obtenidos de los mejores tratamientos, considerando el criterio promedios globales.



Fuente: Elaboración Propia.

Al igual que en los anteriores casos, se construyó una matriz 3x3 con los tratamientos que recibieron la mejor puntuación de todos los promedios globales. Estos tratamientos son fermentación en “cajas” con secado en “tendal”, fermentación en “sacos” con secado en “tendal” y fermentación en “montón” con secado en “tendal”.

En base al criterio calidad, el tratamiento mejor valorado fue el de fermentación en “cajas” con secado en “tendal” con un promedio de 0,44669, muy por encima del segundo que fue el de fermentación en sacos con secado en “tendal” con 0,26303 y finalmente el tratamiento “montón” con secado en “tendal” con 0,25133.

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP

Tomando en consideración el criterio de costo, el mejor tratamiento fue el de fermentación en “montón” con secado en “tendal” con una media de 0,426, seguido del tratamiento de fermentación en “sacos” con secado en “tendal” con 0,330 y finalmente la fermentación en “cajas” con secado en “tendal” que obtuvo una media de 0,213.

Para el criterio capacidad de adopción tecnológica, la media geométrica más alta fue la obtenida por el tratamiento de fermentación en “montón” y secado en “tendal” con 0,432. El segundo lugar lo obtuvo el tratamiento de fermentación en “sacos” y secado en “tendal” con 0,364 y finalmente cierra los resultados el tratamiento de fermentación en “cajas” y secado en “tendal” con 0,192.

Finalmente, en la evaluación global, se pudo obtener como el valor más alto el obtenido por el tratamiento “montón tendal” con 0,337, seguido del tratamiento de fermentación en “cajas” y secado en “tendal” con 0,334 y finalmente el de fermentación en “sacos” y secado en “tendal” con 0,320.

Hay que destacar que en la valoración global los tratamientos tuvieron valoraciones muy próximas entre ellas. El tratamiento “montón tendal” tiene la puntuación más elevada debido a sus altas calificaciones a nivel de los criterios de costo de transformación y capacidad de adopción tecnológica. En cambio, a nivel del criterio calidad, el tratamiento mejor valorado fue el de fermentación en “cajas” y secado en “tendal” por una amplia diferencia en relación con el mejor puntuado global (“montón tendal”).

3.4. Conclusiones de los resultados obtenidos con la metodología AHP.

Considerando como criterios de elección de tecnología postcosecha, la calidad, costo de transformación y capacidad de adopción tecnológica, se puede evidenciar que teniendo en cuenta los criterios analizados los expertos consideran que la calidad es el más importante, con una media geométrica de 0,487, el criterio costo de transformación

3. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante AHP obtuvo una valoración de 0,333 y finalmente la capacidad de adopción tecnológica 0,142. Esto tiene coherencia con lo publicado por autores como Amores (2011), Carrillo y Carvajal (2010), Jiménez y Amores (2008) reportan que el carácter genético de los materiales cultivados, las zonas agroecológicas aptas para el cultivo, el manejo agronómico de la plantación pero sobre todo la cosecha y post cosecha son aspectos importantes para comercializar un producto, considerando los parámetros de calidad química, sensorial y sobre todo física como los más representativos al momento de valorar un cacao.

Según la metodología AHP la mejor tecnología post cosecha teniendo en cuenta los tres criterios del estudio, es aquella que combina el fermentado en “montón” y el secado en “tendal”. Esto contrasta con los resultados obtenidos en el capítulo anterior, en el cual no se muestran diferencias significativas, entre los tratamientos, mientras que por análisis multicriterio, destacan las tres alternativas que fueron evaluadas en una ronda global.

Tomando en consideración múltiples criterios al momento de la selección de una tecnología post cosecha, se pueden obtener datos más reales de lo que se puede percibir en la práctica en las unidades de producción. Esto explica el por qué los productores realizan diferentes labores post cosecha de una unidad de producción a otra a pesar de la proximidad entre ellas, ya que esto va a depender del costo que involucra y la disponibilidad de recursos para invertir, además de la facilidad o no de implementar la tecnología.

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy

4.1. Metodología fuzzy.

4.1.1. Generalidades de la metodología fuzzy.

La teoría de conjuntos difusos se ha utilizado plenamente con éxito en muchos campos técnicos, incluidos los controles, modelos, procesamiento de imágenes / señal y sistemas expertos. El campo más exitoso y activo ha sido el de control difuso. La idea principal de estos controladores es utilizar los conocimientos y la experiencia humana para emular el comportamiento controlador humano. Una ventaja importante de los controladores difusos es que no se requiere un modelo matemático del sistema a ser controlado, y un controlador se puede desarrollar empíricamente sin necesidad de crear modelaciones complicadas (Ying, 2000).

Zadeh (1966) indica que hay elementos que pueden ser exactamente identificables en su grado de pertenencia a un conjunto, pero que hay otros que son ambiguos y con base en ello formuló lo que denominaría conjunto borroso (fuzzy sets), definiéndolo como un grupo de objetos con un grado de pertenencia continuo, que está caracterizado por una función de pertenencia (función característica), que asigna a cada objeto un grado de pertenencia entre el rango que va desde cero a uno.

Wang (1997) determina que los sistemas difusos están basados en reglas o en el conocimiento previo humano. El corazón de un sistema difuso es generar una base de conocimiento que consiste en la llamada regla difusa *IF-THEN*. En resumen, el punto de partida de la construcción de un sistema difuso es la obtención de una colección de reglas borrosas *SI -ENTONCES* de expertos humanos. El siguiente paso es combinar estas reglas en un único sistema. Diferentes sistemas difusos utilizan diferentes principios para esta combinación.

La lógica fuzzy permite el traslado de medidas a variables lingüísticas, de tal manera que permite la formación de conjunto de datos a diferentes escalas. Para el caso de las decisiones a nivel agrícola, fuzzy permite crear variables lingüísticas que

4. *Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy* normalmente otros métodos de evaluación multicriterio no permiten, creando conjuntos en base a las reglas de evaluación planteadas.

En la toma de decisión multicriterio, comúnmente, se presentan criterios subjetivos no cuantitativos, esto debido en gran medida a que no siempre es fácil realizar una adecuada ponderación de criterios con los métodos cuantitativos. Por esta razón, se utilizan técnicas de lógica difusa que permiten transformar variables lingüísticas (Liu & Wang, 2006).

El conclusión, el razonamiento con lógica difusa no es exacto sino en cierta forma impreciso. De acuerdo con las premisas y las implicaciones difusas, las conclusiones que se obtienen o se deducen son igualmente difusas (Rutkowska, 2002).

4.1.2. Conjuntos difusos.

Zadeh (1965; 1966) definió el concepto de los conjuntos borrosos como: un conjunto borroso A en X es caracterizado por una función de pertenencia (*membership function*) $f_A(x)$ que asocia cada punto en X un número real en el intervalo $[0,1]$, en el que el valor de $f_A(x)$ en x representando el grado de pertenencia de x en A ; cuanto más se aproxima el valor de $f_A(x)$ a la unidad, mayor es el grado de pertenencia de x en A .

La lógica borrosa tiene la enorme potencialidad de trabajar con variables continuas tales como mapas de parámetros edáficos, para las que se define una determinada función de pertenencia según su comportamiento observado con respecto al fenómeno de estudio. La teoría de los conjuntos borrosos aporta una interesante herramienta matemática para comprender problemas de decisión y para construir reglas de decisión en sistemas de evaluación multicriterio (Eastman, 2009).

Además, Rico y Tinto (2008) manifiestan que el conjunto borroso siendo de naturaleza no estadística, es más general que el ordinario y con mayor ámbito de aplicación al tratar con problemas en los que la imprecisión aparece como consecuencia

4. *Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy* de la ausencia de criterios de pertenencia definidos, en vez de la presencia de variables aleatorias.

Zadeh (1965) desarrolla algunos conceptos para este tipo de conjuntos mediante una generalización de los ya existentes para ordinarios, tales como: igualdad, complemento, inclusión, unión, intersección, disyunción y conjunto vacío. También se recrean algunas propiedades borrosas, con base en las existentes para los conjuntos ordinarios.

Zadeh (1965) identifica cuantificadores del lenguajes "mucho", "muy" y "un poco", interpretando además las operaciones de unión, intersección, diferencia, negación o complemento, y otras operaciones sobre conjuntos. Para cada conjunto difuso, existe asociada una función de pertenencia para sus elementos, que indican en qué medida el elemento forma parte de ese conjunto difuso. Las formas de las funciones de pertenencia más típicas son trapezoidal, lineal y curva.

En todos los enfoques de modelado basados en la Teoría de los Conjuntos Difusos, hay que decidir el tipo de función de pertenencia que caracteriza a los números fuzzy o los conjuntos difusos que representan la posible incertidumbre presente en el problema modelado. Además hay que decidir el tipo de operador a utilizar para agregar las funciones de pertenencia de las restricciones y/o función objetivo fuzzy dependiendo del contexto de aplicación.

Bellman y Zadeh (1970) y Zimmermann (1996) describen con detalle los conceptos básicos de los conjuntos difusos (normalidad, soporte, α -nivel, convexidad y concavidad, cardinalidad, igualdad y otros), las operaciones básicas con conjuntos difusos (intersección, unión, complemento, contención y otras), las operaciones algebraicas (suma, diferencia, producto, potencia y otras) y el resto de conceptos que forman la estructura matemática de la Teoría de los Conjuntos Difusos.

La Teoría de los Conjuntos Difusos tiene dos características esenciales (Zimmermann, 1983) a) las funciones de pertenencia de los conjuntos difusos y sus

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy operaciones juegan un papel crucial, y b) la Teoría de los Conjuntos Difusos es una teoría formal flexible y muy general.

Para aplicarse a casos reales, tiene que adaptarse cuidadosamente. Ni el concepto de función de pertenencia, ni el de operador tienen una única interpretación semántica. Las interpretaciones semánticas dependientes del contexto proporcionarán definiciones matemáticas diferentes de funciones de pertenencia y operadores apropiados.

4.1.3. Variables de entrada.

La lógica difusa necesita la creación de conjuntos sin límites totalmente definidos, con esto se entiende que puede existir intermedios entre la pertenencia y no pertenencia a un conjunto. Para poder entender claramente cómo se conceptualiza estas funciones de pertenencia, se utilizan expresiones lingüísticas de las variables que en su momento Zadeh (p. 33, 1975) lo conceptualizó así:

“por una variable lingüística se quiere decir que se trata de una variable cuyos valores son palabras u oraciones en un lenguaje natural o artificial. La motivación para el uso de palabras o de oraciones en lugar de números es que las caracterizaciones lingüísticas son, en general, menos precisas que los valores numéricos”

Zadeh (1994) considera que un concepto que juega un papel básico en las aplicaciones de la lógica difusa es la del uso de una variable lingüística. Existe, sin embargo, un aspecto básico del concepto de una variable lingüística que es digno de resaltar su utilidad. Un ejemplo en concreto, es considerar una variable lingüística “joven”; mientras que en los conjuntos ordinarios se deben definir edades concretas, en el caso de lógica difusa una variable lingüística puede representar la opción joven con varios valores posibles.

Por otro lado, Wang (1997) conceptualiza una variable lingüística como la caracterización de un conjunto difuso en términos de lenguaje. Las variables lingüísticas son los elementos más fundamentales de la representación del conocimiento humano (Wang, 1997). Cuando utilizamos sensores para medir una variable, que nos dan los

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy números y cuando le pedimos expertos humanos para evaluar una variable, nos dan palabras.

4.1.4. Funciones de pertenencia.

La función de pertenencia asociada a los conjuntos clásicos sólo puede tener dos valores: 1 o 0, mientras que en los conjuntos difusos puede tener cualquier valor entre 0 y 1. Las funciones de pertenencia dan para cada elemento X un grado de membresía al conjunto A . El valor de esta función está en el intervalo entre 0 y 1, siendo 1 el valor para máxima pertenencia. Si el valor de esta función se restringiera solamente a 0 y 1, se tendría un conjunto clásico, o no difuso. Esta función no es única. Las funciones utilizadas más frecuentemente son las tipos trapezoidal, singleton, triangular, sigmoideal y campana.

Las tres operaciones básicas entre conjuntos concretos, Unión, Intersección y Complemento, se definen también para los conjuntos difusos, intentando mantener el significado de tales operaciones. La definición de estas operaciones se hace empleando el concepto de función de pertenencia de los conjuntos.

Unión: el resultado de efectuar la operación de Unión entre dos conjuntos difusos A y B definidos sobre el mismo Universo, y con funciones de pertenencia $uA(x)$ y $uB(x)$ respectivamente, es un nuevo conjunto difuso $A \cup B$ definido sobre el mismo universo, y con función de pertenencia $uA \cup B(x)$, dada por:

$$uA \cup B(x) = uA(x)(+)uB(x)$$

Complemento: el resultado de efectuar la operación de Complemento sobre un conjunto difuso A definido sobre un Universo, y con función de pertenencia $uA(x)$ es un nuevo conjunto difuso A' definido sobre el mismo universo, y con función de pertenencia $uA'(x)$, dada por:

$$uA'(x) = 1 - uA(x)$$

Intersección: el resultado de efectuar la operación de Intersección entre dos conjuntos difusos A y B definidos sobre el mismo Universo, y con funciones de

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy pertenencia $uA(x)$ y $uB(x)$ respectivamente, es un nuevo conjunto difuso $A \cap B$ definido sobre el mismo universo, y con función de pertenencia $uA \cap B(x)$, dada por:

$$uA \cap B(x) = uA(x)(*)uB(x)$$

4.1.5. Reglas de evaluación.

Como en la lógica clásica, la lógica difusa se ocupa del razonamiento formal con proposiciones, pero a diferencia de esta, los valores de las proposiciones pueden tener valores intermedios entre verdadero y falso. El concepto de variable lingüística fue un escalón al concepto de reglas difusas *SI – ENTONCES*. Estas son una base para la lógica difusa que a menudo es utilizada en aplicaciones prácticas (Zadeh, 1975, 1996; Rutkowska, 2002). El concepto de reglas difusas es importante cuando las dependencias descritas por estas reglas son imprecisas o cuando no se requiere un alto grado de precisión (Rutkowska, 2002). En una regla difusa se asume como: Si X es A entonces Y es B .

Ahora bien, en lógica difusa una proposición puede representarse por un conjunto difuso: " X es A " corresponde a un conjunto A con función de pertenencia $uA(x)$, mientras que " Y es B " corresponde a un conjunto B con función de pertenencia $uB(y)$, y la combinación de estas dos proposiciones con el operador AND, es decir la proposición " X es A AND Y es B " corresponde a un nuevo conjunto difuso A AND B con función de pertenencia.

$$uA \text{ AND } B(x, Y) = \min - (uA(x), uB(y))$$

4.1.6. Inferencia borrosa.

Un sistema de inferencia borrosa (FIS, *Fuzzy Inference System*) es una forma de transformar un espacio de entrada en un espacio de salida utilizando lógica borrosa. Los FIS tratan de formalizar, mediante lógica borrosa, razonamientos del lenguaje humano por medio de los que ya se explicó anteriormente reglas (IF - THEN borrosas).

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy

Los métodos de inferencia borrosa se clasifican en métodos directos y métodos indirectos. Los directos son los más utilizados, como por ejemplo los de Mamdani y Sugeno (estos dos métodos se diferencian en la forma de obtener las salidas). Los métodos indirectos son más complejos.

El método de Mamdani (1975) el más usado en aplicaciones, dado que tiene una estructura muy simple de operaciones “*mín – max*”. El mismo se simplifica de la siguiente manera:

Evaluación del antecedente en cada regla: Dadas las entradas (valores numéricos), se obtienen los distintos valores de pertenencia para cada una de ellas.

Obtener la conclusión en cada regla: A partir del consecuente de cada regla y del valor del antecedente obtenido en la evaluación, se aplica un operador, obteniendo así un nuevo conjunto borroso. Dos de los operadores de implicación más usados son el mínimo, que trunca la función de pertenencia del consecuente, y el producto, que la escala.

Agregar conclusiones: Las salidas obtenidas para cada regla en la conclusión, se combinan en un único conjunto borroso utilizando un operador de agregación borrosa. Algunos de los operadores de agregación más utilizados son el máximo, la suma o el *or* probabilístico.

Defusificación: Cuando intentamos obtener una solución a un problema de decisión, lo que queremos obtener como salida es un número y no un conjunto borroso. Uno de los métodos más utilizados es el del centroide. El proceso de fusificación consiste en convertir una variable real en un grado de pertenencia que cuantifica el grado de posesión hacia su correspondiente variable lingüística. El primer paso de la defusificación consiste en tomar las entradas y determinar el grado al que ellos pertenecen a cada uno de los conjuntos fuzzy apropiado.

Jang et al., (1997) afirma que los problemas basados en conjuntos difusos se originan de la utilización de calificaciones lingüísticas. Luego de formar los conjuntos

4. *Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy* difusos correspondientes a un determinado problema es necesario obtener una respuesta de estos. En muchos casos es importante que esta respuesta no sea difusa y se debe pasar de una respuesta difusa a una que no lo es. Para lograr esto se ha desarrollado el concepto de defusificación. Se han propuesto varios métodos para lograr esta transformación, algunos de ellos se explican a continuación. El método de defusificación debe ser escogido de acuerdo con la aplicación que se desea hacer.

Para el caso concreto del presente trabajo, el método empleado fue el del centroide Mamdani (1975), Este método consiste en hallar para cada conjunto difuso su área y la ubicación del centroide de área. El valor defusificado es el resultado del cociente entre el producto entre las sumatoria de los productos de las áreas y sus centroides, y la sumatoria de las áreas.

$$\text{Valor defuzzificado} = \bar{X} \frac{\sum A_i \bar{x}_i}{\sum A_i} \quad COA = \frac{\int_X u_A(x) x dx}{\int_X u_A(x) dx}$$

4.2. Aplicaciones de fuzzy.

Wang y Fang (2001) discuten las limitaciones de aplicar las técnicas de la programación matemática clásica para resolver problemas de planificación de la producción a medio plazo. Por este motivo, proponen un modelo de programación lineal fuzzy para resolver el problema de la planificación agregada con múltiples objetivos donde el precio del producto, el coste de la subcontratación, el nivel de la mano de obra, la capacidad de producción y la demanda del mercado se consideran fuzzy. Los parámetros fuzzy se representan por intervalos de forma trapezoidal.

El beneficio de la lógica fuzzy es el permitir describir el comportamiento de un sistema con simples reglas o sentencias de programa que reflejan la experiencia del operador humano sobre el sistema. Sin embargo, un sistema fuzzy no aprende como en el caso de las redes neuronales, es decir, solo responde a aquellas entradas para las cuales las reglas han sido programadas.

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy

Gracias a la fusión de lógica fuzzy con las redes neuronales, es posible la generación y optimización automática de las funciones de pertenencia y las reglas de inferencia. Las soluciones de problemas de control con software fuzzy logic, debido a su ventaja comparativa de tiempo de procesamiento frente a las redes neuronales, las hace óptimas para aplicaciones complejas en tiempo real.

Otros campos de aplicación incluyen la investigación de ecosistemas (Salski & Sperlbaum, 1991), la fitosociología (Moraczewski, 1993a, 1993b), aplicaciones específicas como captación de modelado (Anonymous, 1994), la evaluación del riesgo ambiental (Holland, 1994), la evaluación de los nutrientes de las plantas de suministro (Hahn et al., 1995), la evaluación ambiental (Smith P., 1995, 1997), la clasificación de tele observación (Blonda et al., 1996), la geografía (Openshaw, 1996), adecuación de tierras para la producción de cultivos (Ranst et al., 1996) y trabajos como: la nube de clasificación (Baum et al., 1997), el suelo de interpretación (Mays et al., 1997) (McBratney & Odeh, 1997)

Martínez (2006) utilizó lógica difusa para evaluar la calidad de tierras dedicadas al cultivo de papa, en este trabajo, se desarrolla y aplica el análisis con bases de conocimiento apoyados en los conceptos de la lógica difusa (fuzzy logic), lo cual permite una evaluación más acertada de fenómenos complejos difíciles de analizar con métodos matemáticos tradicionales. El concepto tierra es más amplio que el de suelo y permite una evaluación más integral. Este nuevo concepto es muy apropiado ya que la aptitud para un tipo de uso depende de factores biofísicos, pero también de variables sociales, económicas y ambientales que pueden ser determinantes en el éxito o fracaso de un tipo de uso.

Ceballos-Silva y López-Blanco (2010) realizaron una delimitación de áreas adecuadas para cultivos de alternativa mediante una evaluación multicriterio SIG, utilizando lógica difusa. En este estudio utilizando el procedimiento fuzzy, se realizó la estandarización de los mapas-criterio. Para cada criterio, el nivel de membresía 0.0 se asignó al nivel de requerimiento ambiental considerado como de muy baja potencialidad,

4. *Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy* por el contrario, el valor 1.0 se asignó al de muy alta potencialidad. Para los mapas-criterio categóricos (profundidad y textura de suelo) se definieron 5 categorías de potencialidad: muy bueno (5), bueno (4), medio (3), bajo (2) y muy bajo (1). El grado de membresía para cada categoría se definió usando números fuzzy (Malczewski, 1999).

Delgado et al., (2008) en el trabajo de investigación “Construcción de un sistema de información y de ayuda a la decisión mediante lógica difusa para el cultivo del olivar en Andalucía”, propusieron la construcción de un sistema de información y ayuda a la toma de decisión (IDSS) que permite a distintos tipos de usuarios (agricultores, agrónomos, administraciones públicas, etc.) obtener y manejar información sobre el cultivo de olivar y el soporte ambiental del mismo, así como ayudar en la toma de decisiones.

López (2005) propuso el uso de lógica difusa en el proceso de secado de café en lecho fluidizado y obtuvo como conclusión de su trabajo, que los sistemas de lógica difusa se presentan como una alternativa favorable para el control y automatización del proceso de secado de café en lecho fluidizado, teniendo en cuenta su grado de incertidumbre. Con ello se plantearon posibles estrategias de control y automatización que presenta el proceso de secado de café en lecho fluidizado.

Rodríguez (2009) realizó simulaciones para caracterizar el estado de eficiencia en producción limpia de una empresa agrícola a través de la metodología de lógica difusa. En este trabajo se aplica como criterios el uso racional y sustentable del agua y la utilización de agroquímicos. En este trabajo se concluye que debido a la alta heterogeneidad que existe en los modelos de producción y los escenarios cambiantes se aconsejan la aplicación de metodologías como la de lógica difusa en la toma de decisiones.

El Razonamiento Aproximado (*Approximate Reasoning*) para la Planificación de la Producción se puede incorporar en el diseño de un sistema experto a través de reglas lingüísticas “*if – then*”, Rinks (1981, 1982a, 1982b), utiliza 40 reglas condicionales “*if – then*” para desarrollar algoritmos heurísticos fuzzy para la planificación agregada. El autor

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy define un conjunto de términos lingüísticos relevantes en la planificación agregada para construir protocolos de gestión (reglas de decisión). El algoritmo adopta funciones de pertenencia discretas de forma exponencial. La estructura del algoritmo fuzzy se aplica al modelo matemático de Holt et al., (1995), que es un modelo clásico de Investigación Operativa para la Planificación de la Producción agregada que utiliza datos reales de una fábrica de pinturas. El coste total generado por la solución del algoritmo fuzzy propuesto por Rinks para la planificación agregada excede la solución del modelo de Holt, en un 5%.

Turksen (1998a, 1998b) basado en el trabajo de Rinks (1981, 1982a), utiliza funciones de pertenencia continuas (dadas por intervalos) para definir las reglas lingüísticas de producción para la planificación agregada. El coste total generado por la solución del algoritmo fuzzy para la planificación agregada excede la solución del modelo de Holt, en un 3%, el autor utiliza 27 reglas base en contraste con las 40 reglas originales definidas por Rinks (1981, 1982a).

Gen et al., (1992), presentan un modelo de programación matemática fuzzy para la planificación agregada con múltiples objetivos. Los coeficientes de la función objetivo, los coeficientes tecnológicos y los términos independientes de las restricciones se representan con números fuzzy positivos de forma triangular. El modelo utiliza el min-operador para agregar la función objetivo y las restricciones con coeficientes fuzzy. Los autores proponen un procedimiento que transforma un modelo de programación lineal multiobjetivo fuzzy en un modelo determinista equivalente.

4.3. Desarrollo del estudio de campo realizado.

4.3.1. Análisis previo.

La información previa recabada fue el preámbulo para poder formar los niveles y alternativas que fueron revisadas por ocho expertos en la post cosecha del cacao. Estos expertos fueron seleccionados a través del cuestionario del anexo #5. Los datos utilizados fueron generados en anteriores capítulos de este trabajo.

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy

Para el caso de la calidad, se formaron cuatro etiquetas lingüísticas: muy bueno, bueno, regular y malo. Esta clasificación está basada en la información preliminar que se tiene de la norma INEN 156 (INEN - Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2006) para la clasificación de la calidad del cacao en grano en el Ecuador, que utiliza valores rígidos o conjuntos de datos estables para hacer la clasificación y no toma en consideración la posible pertenencia entre los conjuntos.

Para el caso del costo de transformación, se trabajó con la información generada por los ocho expertos nacionales, quienes desde su percepción coincidieron en tres etiquetas lingüísticas: alto, medio, bajo. Esto es debido a la heterogeneidad del grupo objeto de estudio (pequeños productores) y la realidad y percepción de cada uno. Dado que un productor pequeño puede usar parte de su vivienda o adaptar un área de su finca para realizar procesos de fermentación y secado, se usaron rangos porcentuales como ingreso de datos numéricos para cada una de estas etiquetas. Para el caso de la capacidad de adopción de tecnología, se procedió de la misma manera que para el costo de transformación. Debido a la variabilidad de factores que pueden influir entre un productor y otro, las etiquetas lingüísticas establecidas son: fácil, moderado, difícil. Los rangos también fueron realizados tomando en consideración la opinión de los expertos a nivel nacional.

Finalmente, como variable de salida (valoración de tecnología) se estableció la capacidad de adoptar una tecnología (esta tecnología estaba representada por los tratamientos o las posibles combinaciones de fermentación y secado). A esta variable de salida, se le asignó como etiquetas: excelente, muy buena, buena, regular, mala. A manera de ejemplo, se podría establecer que si las alternativas calidad, costo de transformación y capacidad de adopción tecnológica son las mejores, al final la valoración de la tecnología empleada es excelente o muy buena.

Con la finalidad de poder comparar la pertenencia de los conjuntos difusos, se procedió a realizar un cuestionario entre expertos nacionales en el ámbito de post

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy cosecha y calidad de cacao. Con esta información, se establecieron los rangos para la calidad, el costo de transformación y la capacidad de adopción tecnológica que constituyen las variables de entrada. En base a la percepción de los expertos y en base a la entrada de datos al sistema, se hace una comparación final de la percepción y los datos obtenidos mediante la aplicación fuzzy para poder determinar los mejores tratamientos en base a la información de los expertos. A continuación, se muestra la tabla 16, que brindó la información para la construcción de información.

Tabla 16: Formato de toma de criterio para los expertos.

Fermentación / Secado	Calidad			Costo de transformación			Cap. Adopción tecnológica			
	Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo	Alto	Media	Bajo	Fácil	Moderado	Difícil
Montón / Marquesina										
Montón / Tendal										
Montón / Cajón Corredizo										
Saco / Marquesina										
Saco / Tendal										
Saco / Cajón Corredizo										
Cajón / Marquesina										
Cajón / Tendal										
Cajón / Cajón Corredizo										

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2. Aplicación de fuzzy.

A continuación, se hace un detalle de los pasos empleados para la aplicación de la metodología de lógica difusa a los datos obtenidos, datos que han sido procesados con la Caja de Herramientas de Lógica Difusa de Matlab®.

4.3.3. Conjuntos difusos.

Un conjunto difuso está definido como la agrupación de varios elementos que poseen características en común. Para el caso concreto de este estudio, se ha considerado la lógica difusa como una posibilidad de evaluación de determinados criterios (calidad, costo de transformación y capacidad de adopción tecnológica). Esto se debe a la dificultad de diferenciar, por ejemplo en el caso concreto de calidad, cuando una calidad es

4. *Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy* excelente de una muy buena o cuando esa calidad muy buena no cumple con alguna de las características deseadas por alguno de los sub parámetros.

Con la utilización de la lógica difusa, lo que se desea es ir más allá de lo que permiten los conjuntos clásicos de clasificación de criterios en la post cosecha en cacao. Por ello, al reconocer que no todos sus elementos poseen la característica en la misma magnitud, se puede decir que un elemento puede pertenecer simultáneamente a varios conjuntos en diferentes proporciones, en tanto que la suma de todos sus grados de pertenencia equivalga a la unidad.

4.3.4. Fusificación.

El primer paso para calcular el grado de pertenencia es realizar las entradas fuzzy. Para ello, se determinaron las funciones de pertenencia de cada variable y las etiquetas de cada una de ellas. Las variables de entrada seleccionadas fueron los criterios considerados para la elección de un método post cosecha. Así, se escogieron como variables de entrada la calidad, el costo de transformación y la capacidad de adopción tecnológica. Para el caso de la variable de salida, se consideró la valoración de tecnología. Las etiquetas para cada variable se describen a continuación:

Variables de entrada: Calidad, Costo de transformación, Capacidad de adopción tecnológica.

- Etiquetas de calidad: “Muy Buena”, “Buena”, “Regular”, “Mala”.
- Etiquetas de costo de transformación: “Alto”, “Medio”, “Bajo”.
- Etiquetas de capacidad de adopción tecnológica: “Fácil”, “Moderada” “Difícil”.

Variable de salida: Evaluación de Tecnología.

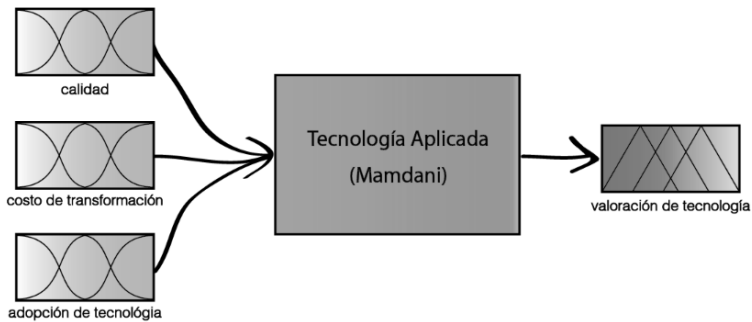
- Etiquetas de evaluación de tecnología: “Excelente”, “Muy Buena”, “Buena”, “Regular”, “Mala”.

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy

Luego se definieron para estas etiquetas las funciones de pertenencia, refiriéndose al grado de pertenencia para la que los valores de entrada abrupta pertenecen a cada función de pertenencia.

A continuación, el gráfico 16 ilustra de mejor manera la metodología, la misma que también es usada en la entrada de datos que tiene la caja de herramientas de fuzzy para Matlab, programa usado para el ingreso de datos:

Gráfico 16: Entradas y salida de los datos del proyecto, bajo la metodología fuzzy mediante Matlab.



Para definir el grado de pertenencia de un elemento x a un conjunto difuso A , hay que usar una función que tiene el nombre de membresía o pertenencia. Esta función se puede representar como $\mu_A(x)$, teniendo así un dominio dentro del “universo de discurso”, siendo los números reales en los que toma valores la variable analizada y rango en los números reales que van en el intervalo cerrado $X = [0,1]$. Hay que destacar que para el caso en concreto de las operaciones realizadas en el programa se definen las operaciones de intersección, unión y complemento.

En esta parte del trabajo, se crean las implicaciones entre los conjuntos difusos de entrada y el conjunto difuso de salida. La tabla 17 ilustra las 36 reglas de evaluación donde se estructuran metodológicamente lo realizado en el trabajo: la clasificación de las diferentes tecnologías postcosecha en función de las 3 variables de entrada (los 3 criterios considerados).

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy

No.	INPUT 1			INPUT 2			INPUT 3			OUTPUT						
1	If	calidad	is	muy buena	and	costo de transformación	is	alto	and	cap adopción tecno	is	fácil	then	valoración de tecnología	is	Buena
2	If	calidad	is	muy buena	and	costo de transformación	is	alto	and	cap adopción tecno	is	moderada	then	valoración de tecnología	is	Buena
3	If	calidad	is	muy buena	and	costo de transformación	is	alto	and	cap adopción tecno	is	difícil	then	valoración de tecnología	is	Regular
4	If	calidad	is	muy buena	and	costo de transformación	is	medio	and	cap adopción tecno	is	fácil	then	valoración de tecnología	is	Muy Buena
5	If	calidad	is	muy buena	and	costo de transformación	is	medio	and	cap adopción tecno	is	moderada	then	valoración de tecnología	is	Muy Buena
6	If	calidad	is	muy buena	and	costo de transformación	is	medio	and	cap adopción tecno	is	difícil	then	valoración de tecnología	is	Buena
7	If	calidad	is	muy buena	and	costo de transformación	is	bajo	and	cap adopción tecno	is	fácil	then	valoración de tecnología	is	Excelente
8	If	calidad	is	muy buena	and	costo de transformación	is	bajo	and	cap adopción tecno	is	moderada	then	valoración de tecnología	is	Excelente
9	If	calidad	is	muy buena	and	costo de transformación	is	bajo	and	cap adopción tecno	is	difícil	then	valoración de tecnología	is	Muy Buena
10	If	calidad	is	buena	and	costo de transformación	is	alto	and	cap adopción tecno	is	fácil	then	valoración de tecnología	is	Buena
11	If	calidad	is	buena	and	costo de transformación	is	alto	and	cap adopción tecno	is	moderada	then	valoración de tecnología	is	Buena
12	If	calidad	is	buena	and	costo de transformación	is	alto	and	cap adopción tecno	is	difícil	then	valoración de tecnología	is	Regular
13	If	calidad	is	buena	and	costo de transformación	is	medio	and	cap adopción tecno	is	fácil	then	valoración de tecnología	is	Muy Buena
14	If	calidad	is	buena	and	costo de transformación	is	medio	and	cap adopción tecno	is	moderada	then	valoración de tecnología	is	Buena
15	If	calidad	is	buena	and	costo de transformación	is	medio	and	cap adopción tecno	is	difícil	then	valoración de tecnología	is	Regular
16	If	calidad	is	buena	and	costo de transformación	is	bajo	and	cap adopción tecno	is	fácil	then	valoración de tecnología	is	Excelente
17	If	calidad	is	buena	and	costo de transformación	is	bajo	and	cap adopción tecno	is	moderada	then	valoración de tecnología	is	Muy Buena
18	If	calidad	is	buena	and	costo de transformación	is	bajo	and	cap adopción tecno	is	difícil	then	valoración de tecnología	is	Buena
19	If	calidad	is	regular	and	costo de transformación	is	alto	and	cap adopción tecno	is	fácil	then	valoración de tecnología	is	Regular
20	If	calidad	is	regular	and	costo de transformación	is	alto	and	cap adopción tecno	is	moderada	then	valoración de tecnología	is	Regular
21	If	calidad	is	regular	and	costo de transformación	is	alto	and	cap adopción tecno	is	difícil	then	valoración de tecnología	is	Mala
22	If	calidad	is	regular	and	costo de transformación	is	medio	and	cap adopción tecno	is	fácil	then	valoración de tecnología	is	Regular
23	If	calidad	is	regular	and	costo de transformación	is	medio	and	cap adopción tecno	is	moderada	then	valoración de tecnología	is	Regular
24	If	calidad	is	regular	and	costo de transformación	is	medio	and	cap adopción tecno	is	difícil	then	valoración de tecnología	is	Regular
25	If	calidad	is	regular	and	costo de transformación	is	bajo	and	cap adopción tecno	is	fácil	then	valoración de tecnología	is	Buena
26	If	calidad	is	regular	and	costo de transformación	is	bajo	and	cap adopción tecno	is	moderada	then	valoración de tecnología	is	Regular
27	If	calidad	is	regular	and	costo de transformación	is	bajo	and	cap adopción tecno	is	difícil	then	valoración de tecnología	is	Regular
28	If	calidad	is	mala	and	costo de transformación	is	alto	and	cap adopción tecno	is	fácil	then	valoración de tecnología	is	Mala
29	If	calidad	is	mala	and	costo de transformación	is	alto	and	cap adopción tecno	is	moderada	then	valoración de tecnología	is	Mala
30	If	calidad	is	mala	and	costo de transformación	is	alto	and	cap adopción tecno	is	difícil	then	valoración de tecnología	is	Mala
31	If	calidad	is	mala	and	costo de transformación	is	medio	and	cap adopción tecno	is	fácil	then	valoración de tecnología	is	Mala
32	If	calidad	is	mala	and	costo de transformación	is	medio	and	cap adopción tecno	is	moderada	then	valoración de tecnología	is	Mala
33	If	calidad	is	mala	and	costo de transformación	is	medio	and	cap adopción tecno	is	difícil	then	valoración de tecnología	is	Mala
34	If	calidad	is	mala	and	costo de transformación	is	bajo	and	cap adopción tecno	is	fácil	then	valoración de tecnología	is	Regular
35	If	calidad	is	mala	and	costo de transformación	is	bajo	and	cap adopción tecno	is	moderada	then	valoración de tecnología	is	Mala
36	If	calidad	is	mala	and	costo de transformación	is	bajo	and	cap adopción tecno	is	difícil	then	valoración de tecnología	is	Mala

Tabla 17: Reglas del proyecto.

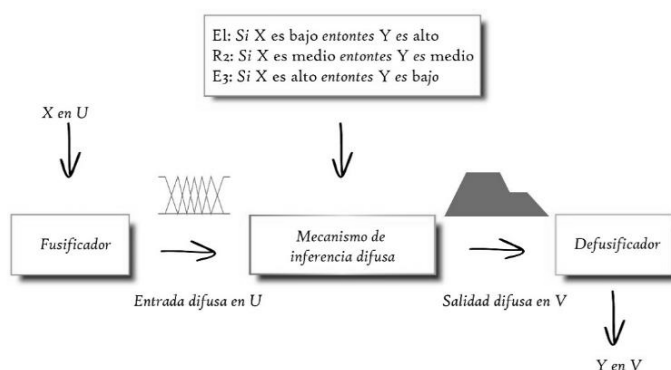
Fuente: Elaboración propia.

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy

4.3.5. Defusificación.

La defusificación consiste en transformar las entradas generadas en el sistema tipo Mamdani, que normalmente son valores numéricos a un lenguaje que el mecanismo de inferencia pueda procesar como son los valores difusos. Estos valores son los niveles de pertenencia de los valores de entrada a los diferentes conjuntos difusos en los que se divide el universo. Se utilizó para la defusificación el método de “centroide” con un total de entrada de tres variables en una matriz de 1x3 de entrada, de 1x1 de salida y 36 reglas. Operador de defusificación: método del centroide

Gráfico 17: Ilustración de la implicación difusa de Mamdani.



Fuente: Elaboración Propia.

4.4. Resultados.

4.4.1. Fusificación.

Con los datos proporcionados por los expertos, se definió el grado de pertenencia de los elementos para cada variable analizada, incorporando rangos para cada elemento. En la tabla 18, se muestran los rangos para cada una de las etiquetas de las variables de entrada y de salida. Los gráficos 18,19, 20 y 21 muestran el resultado de los datos descritos. Para los tres casos, se observa la formación de los conjuntos difusos, además de los diferentes grados de pertenencia de cada conjunto.

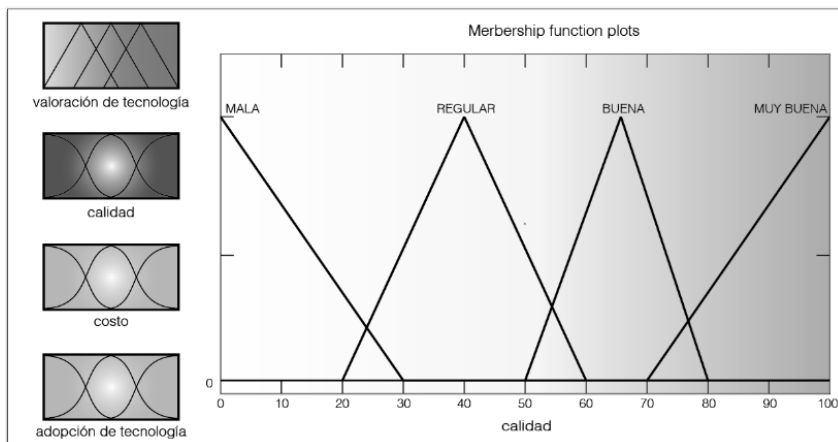
4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy

Tabla 18: Rangos de las variables de entrada y salida.

Variables		Etiqueta	Rango
Entrada	Calidad	Baja	0-30
		Regular	20-60
		Buena	50-80
		Muy buena	70-100
	Costo de transformación	Bajo	0-30
		Medio	20-70
Alto		60-100	
Adopción tecnológica	Bajo	0-30	
	Medio	20-70	
	Alto	60-100	
Salida	Evaluación de la tecnología	Mala	0-30
		Regular	25-50
		Buena	45-70
		Muy buena	65-90
		Excelente	85-100

Fuente: Datos proporcionados por los expertos.

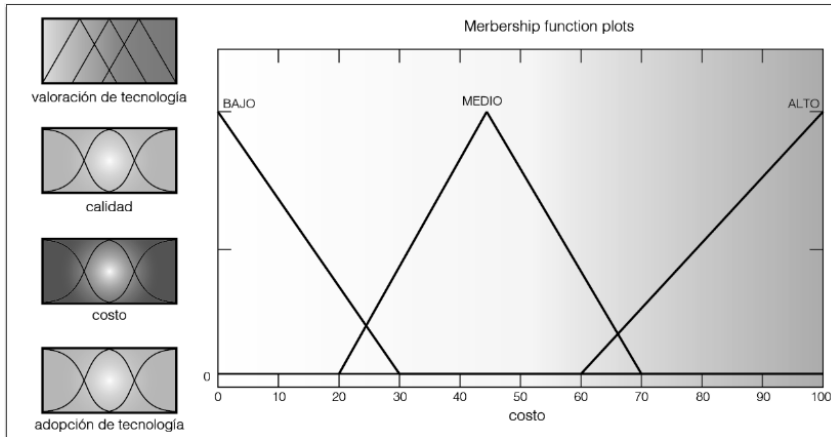
Gráfico 18: Variable de entrada para calidad.



Fuente: Elaboración Propia a partir del software Matlab.

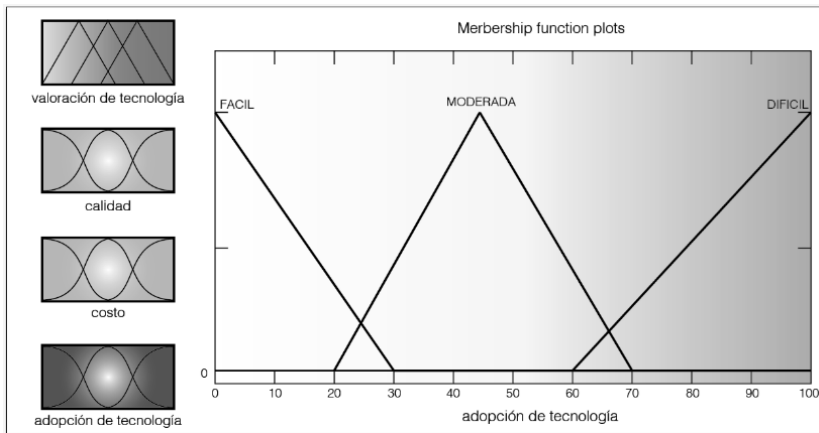
4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy

Gráfico 19: Variable de entrada costo de transformación.



Fuente: Elaboración Propia a partir del software Matlab.

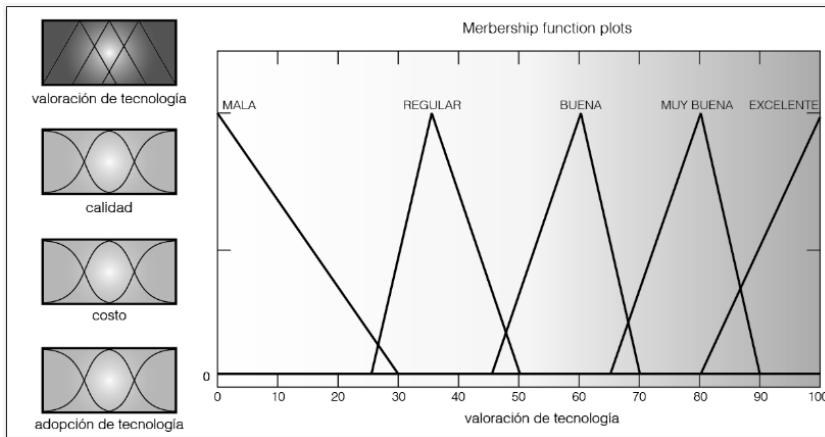
Gráfico 20: Variable de entrada capacidad de adopción tecnológica.



Fuente: Elaboración Propia a partir del software Matlab.

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy

Gráfico 21: Variable de salida valoración de tecnología.



Fuente: Elaboración Propia a partir del software Matlab.

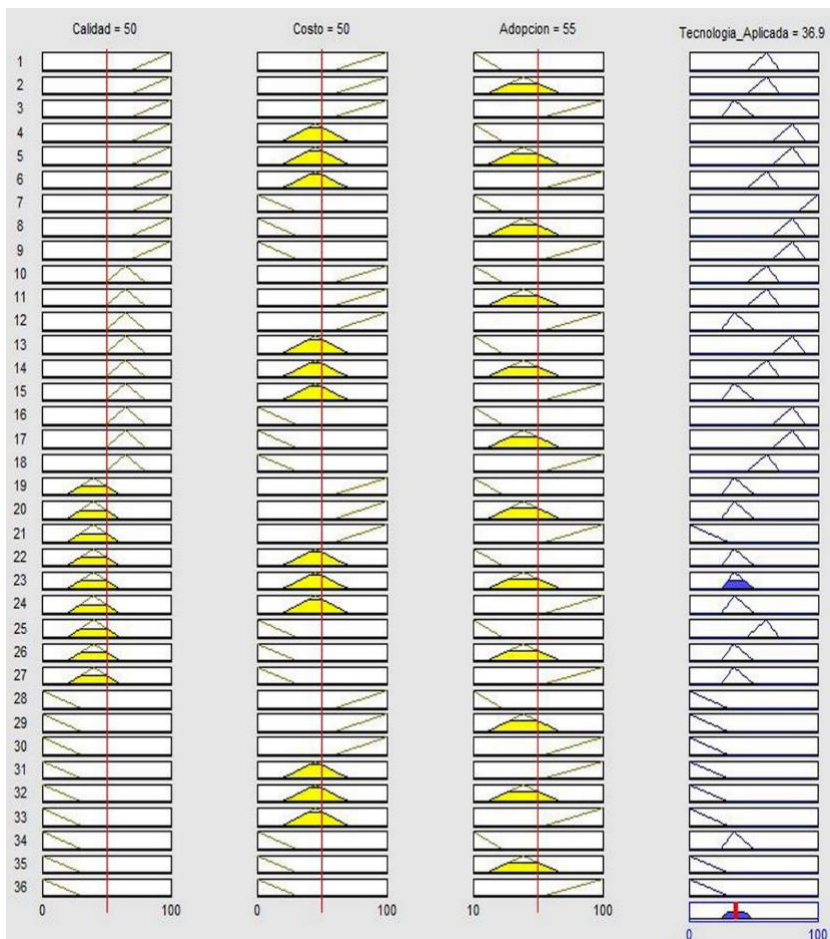
4.4.2. Sistema experto.

El programa informático usado, en base a las reglas creadas y que fueron descritas anteriormente en la metodología, genera un sistema gráfico denominado "experto". Éste condensa todas las entradas de membrecía del sistema, así como también el conjunto de reglas dispuestas para el análisis en lógica difusa.

En el gráfico 22, se estructura el sistema experto para el conjunto de datos que se han introducido en el presente estudio. Se puede observar claramente los valores medios y las determinaciones por cada regla que se ingresó y que fueron descritas en un total de 36 en la metodología de este capítulo.

Sin embargo, para obtener los valores reales para cada tratamiento y determinar que tecnología a aplicar es la mejor, se introducen en esta matriz los datos obtenidos por cada tratamiento en las medias de los expertos. Finalmente, con esos datos, se podrá determinar en valores numéricos si la tecnología que se aplica es: excelente, muy buena, buena, regular o mala.

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy
Gráfico 22: gráfico del sistema experto.



Fuente: Elaboración Propia a partir del software Matlab.

Costo = costo de transformación
 Adopción = capacidad de adopción tecnológica
 Tecnología_Aplicada = valoración de tecnología

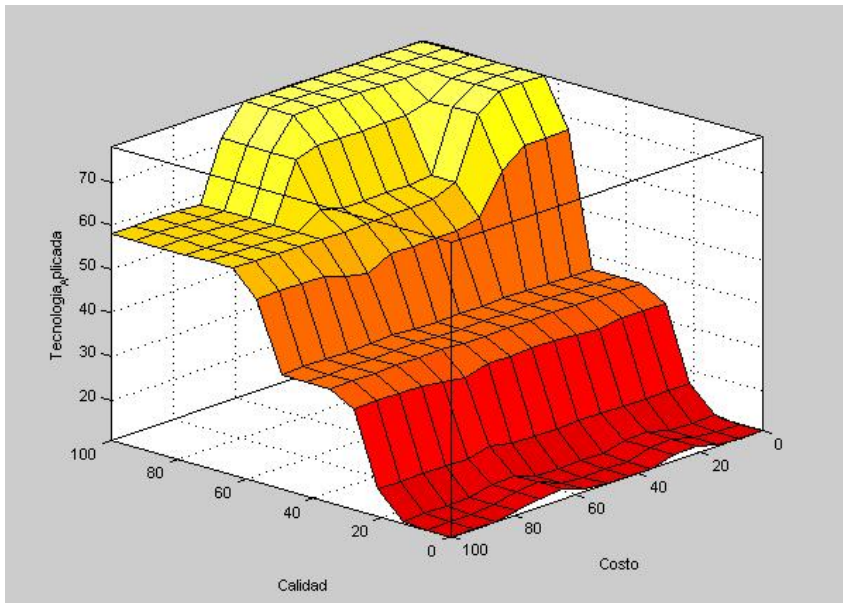
4.4.3. Defusificación.

Al combinar los rangos de entrada y las 36 reglas difusas, se obtienen unos gráficos comparativos de los criterios. El gráfico 23 muestra la comparación de los criterios “calidad” y “costo de transformación” en relación a “evaluación de la tecnología”. Para el

4. *Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy*

caso de costos de transformación, se tienen valores situados en un rango de 0 a 100, al igual que en calidad. Prácticamente, se observa que mientras la calidad se mantiene por debajo del valor 20 (es decir, la calidad del grano ofrecida por la tecnología es baja), no importa si el costo de transformación es 0 o 100, la tecnología se valora como “mala”. Sin embargo, conforme los valores de calidad se incrementan, los resultados de la valoración de las tecnologías comienzan a ser sensibles al costo, en tanto los valores se mantienen en un rango considerado “medio”. La evaluación de la tecnología es considerada como “excelente” o “muy buena” cuando los rangos de calidad son los máximos y los costos de transformación son bajos, es decir, cuando no sobrepasan un valor de 30 en el gráfico. El resultado es coherente con la práctica común del productor, que tiende a valorar una tecnología como excelente, cuando ofrece una muy buena calidad y sus costos de transformación son bajos. En cambio, si los costos de transformación son altos, aunque la calidad sea muy buena, la evaluación de la tecnología deja de ser excelente.

Gráfico 23: Comparación de calidad en relación a costos, en relación a la salida valoración de tecnología.

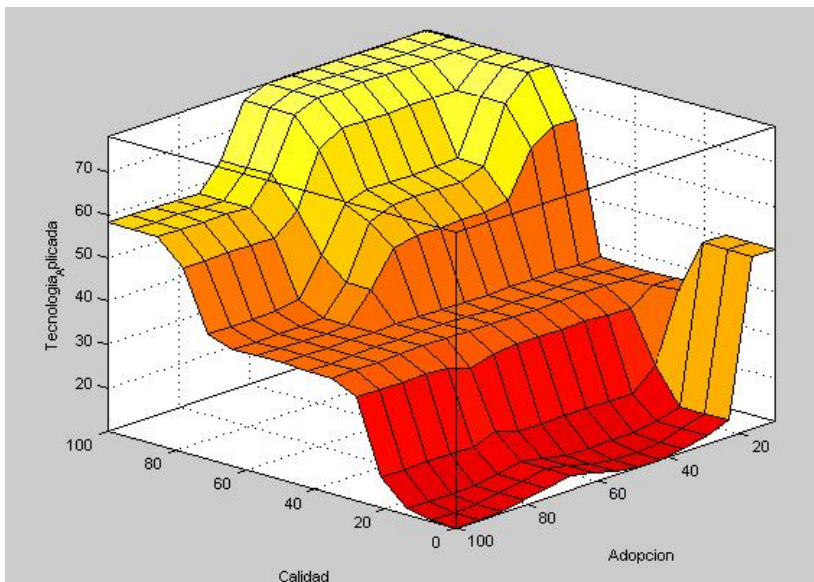


4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy

Fuente: Matlab, elaboración propia.

Cuando se compara la evaluación de la “calidad” con la de la “capacidad de adopción tecnológica” (gráfico 24), se observa que cuando se tienen bajas calidades, es decir próximas a 0 y la capacidad de adopción tecnológica se considera difícil, la evaluación de la tecnología puede ser considerada como “mala”. Sin embargo, en la medida que el valor de calidad mejora (se acerca a 100) y el valor de capacidad adopción tecnológica disminuye, es decir es considerada como fácil, la evaluación de una tecnología puede tener un valor de “bueno” a “excelente”. En el sector agrícola, las tecnologías son adoptadas más rápido cuando existe mayor facilidad de adopción. Por tanto, el resultado gráfico es compatible con la percepción de lo que ocurre en los procesos de decisión no solo en la postcosecha de cacao sino también en otras experiencias (Lee, 2005; Abdulai et al., 2011; Mariano et al., 2012; Roco et al., 2012). Una evaluación de una tecnología post cosecha es “excelente” si la adopción tecnológica es fácil y se obtiene una buena calidad.

Gráfico 24: Comparación de calidad en relación a capacidad de adopción tecnológica, en relación a la salida evaluación de tecnología.

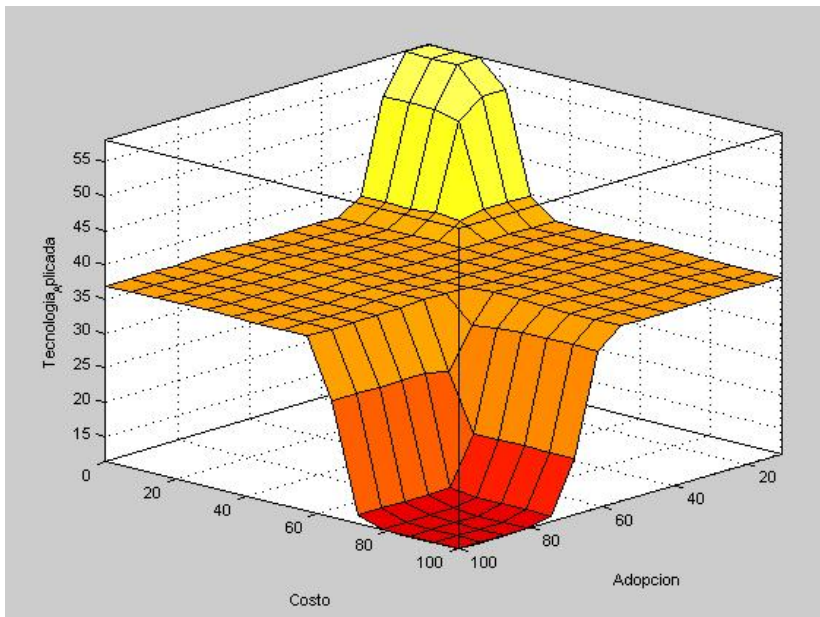


Fuente: Matlab, elaboración propia.

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy

Finalmente, en el gráfico 25, se realiza la comparación entre el “costo de transformación” y la “capacidad de adopción tecnológica” en relación a la “evaluación de la tecnología”. La relación observada es similar a las anteriores. A medida que el costo de transformación y la capacidad de adopción tecnológica se aproximan al valor más alto (100), la evaluación de la tecnología se convierte en “mala”. Por el contrario, si los valores del costo y de la adopción disminuyen, la evaluación de la tecnología va cambiando a “buena” o “muy buena” hasta llegar a valores de “excelente”. En campo, también existe una asociación directa entre el costo de transformación y la capacidad de adopción tecnológica. En otras palabras, los agricultores prefieren aquellas tecnologías que tienen costos de transformación bajos y son fáciles de implementar.

Gráfico 25: Comparación de costo de transformación y capacidad de adopción tecnológica, en relación a la salida valoración de tecnología.



Fuente: Matlab, elaboración propia.

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy

La tabla 18 muestra los resultados de los cuestionarios realizados a los expertos, los mismos que han sido tabulados de valores lingüísticos a valores numéricos con la finalidad de obtener medias para cada tratamiento. Se debe destacar que el número de categorías no afecta los resultados obtenidos.

Tabla 19: Datos obtenidos en los cuestionarios realizados a los expertos.

Experto	Fermentación	Secado	Calidad	Costo de	Capacidad de
1	Montón	Marquesina	3	2	2
		Tendal	3	1	3
		Cajón	3	1	3
	Saco	Marquesina	3	2	2
		Tendal	3	1	3
		Cajón	3	1	3
	Cajón	Marquesina	4	3	2
		Tendal	3	2	2
		Cajón	3	2	2
2	Montón	Marquesina	2	1	3
		Tendal	3	1	3
		Cajón	2	3	3
	Saco	Marquesina	2	1	3
		Tendal	3	2	3
		Cajón	3	3	3
	Cajón	Marquesina	4	3	2
		Tendal	4	3	2
		Cajón	2	3	2
3	Montón	Marquesina	4	2	3
		Tendal	3	2	2
		Cajón	4	2	2
	Saco	Marquesina	2	2	3
		Tendal	2	2	2
		Cajón	3	2	2
	Cajón	Marquesina	4	3	2
		Tendal	3	3	2
		Cajón	4	3	2
4	Montón	Marquesina	3	2	2
		Tendal	2	1	3
		Cajón	4	2	2
	Saco	Marquesina	3	2	3
		Tendal	2	1	2
		Cajón	3	2	3
	Cajón	Marquesina	4	3	1
		Tendal	3	2	2
		Cajón	3	2	2
5	Montón	Marquesina	2	2	3
		Tendal	2	1	3
		Cajón	3	2	3
	Saco	Marquesina	2	2	2
		Tendal	2	1	2
		Cajón	3	2	3
	Cajón	Marquesina	4	3	1
		Tendal	3	3	2
		Cajón	3	3	2
6	Montón	Marquesina	3	2	2
		Tendal	3	2	3
		Cajón	2	3	1
	Saco	Marquesina	2	2	2
		Tendal	1	1	1

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy

		Cajón	2	3	1
7	Cajón	Marquesina	4	2	2
		Tendal	2	2	2
		Cajón	3	2	1
	Montón	Marquesina	3	3	2
		Tendal	2	2	3
		Cajón	4	3	2
	Saco	Marquesina	2	3	3
		Tendal	3	2	2
		Cajón	3	3	2
Cajón	Marquesina	2	3	2	
	Tendal	2	2	2	
	Cajón	4	3	1	
Montón	Marquesina	3	2	2	
	Tendal	2	2	2	
	Cajón	3	2	2	
8	Saco	Marquesina	3	2	3
		Tendal	1	1	2
		Cajón	2	2	2
	Cajón	Marquesina	4	3	1
		Tendal	2	2	2
		Cajón	3	3	2

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la variable de entrada calidad, a “muy bueno”, se le asignó la calificación de 4, “bueno”, se le asignó la calificación de 3, “regular”, se le asignó el valor de 2 y por ultimo “mala”, con una calificación de 1.

Para el caso de costo de transformación, se le asignó un valor de 1 para “bajo”, 2 para “medio” y 3 para “alto”. Finalmente, en el caso de capacidad de adopción tecnológica, se asignó el valor de 1 a “fácil”, 2 para “moderada” y 3 para “difícil”.

Al brindarse los valores numéricos, se pudo obtener una media aritmética de los ocho expertos para después determinar su equivalente en valores lingüísticos.

Estos resultados fueron ingresados en el sistema experto, brindándose los valores medios de cada una de las categorías obtenidas a nivel de calidad, costo de transformación y capacidad de adopción tecnológica a fin de poder obtener la valoración de los mejores tratamientos mediante la metodología fuzzy.

En la tabla 20, se muestran los valores obtenidos con la valoración asignada para cada tratamiento, luego de ingresar los valores obtenidos por los expertos y con las reglas de evaluación creadas.

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy

Tabla 20: Resultados de la valoración de tecnología posterior a la aplicación de fuzzy.

Combinación tecnologías		Calidad		Costo transformación		Capacidad de adopción		Valoración de tecnología	
Fermentación	Secado	Número	Lingüístico	Número	Lingüístico	Número	Lingüístico	Número	Lingüístico
	Marquesina	3	Bueno	2	Medio	2	Moderado	57.5	Buena
Montón	Tendal	3	Bueno	1	Bajo	1	Fácil	94.9	Excelente
	Cajón	3	Bueno	1	Bajo	2	Moderado	77.5	Muy buena
	Marquesina	3	Bueno	2	Medio	2	Moderado	57.5	Buena
Saco	Tendal	3	Bueno	1	Bajo	1	Fácil	94.9	Excelente
	Cajón	2	Regular	2	Medio	1	Fácil	37.5	Regular
	Marquesina	3	Bueno	3	Alto	2	Moderado	57.5	Buena
Cajón	Tendal	3	Bueno	2	Medio	2	Moderado	57.5	Buena
	Cajón	3	Bueno	2	Medio	2	Moderado	57.5	Buena

Fuente: Elaboración propia.

Con esta asignación de resultados, se puede entender mediante lógica difusa, cuál es el tratamiento considerado como el mejor, ya que se asignó como variable de salida la valoración de tecnología con las etiquetas de “excelente”, “muy buena”, “buena”, “regular” y “mala”.

En base a los datos obtenidos en la tabla 20, los dos únicos tratamientos considerados como excelentes fueron la tecnología de fermentación en saco y secado en “tendal” y el de fermentación en “montón” y secado en “tendal”.

4.5. Conclusiones de los resultados utilizando metodología fuzzy.

La lógica difusa se convierte en una herramienta eficaz para la toma de decisiones cuando se cuenta con rangos de datos que en ocasiones son de difícil interpretación por la lógica normal de conjuntos. En el caso de proyectos agrícolas donde existen varios factores intervinientes (entre ellos de tipo biológico), la lógica difusa se convierte en una excelente alternativa para la selección y toma de decisiones, pues trabaja con datos lingüísticos imprecisos y los transforma a resultados medibles que brindan respuestas a determinadas situaciones agrícolas, como es el caso de esta investigación.

4. Selección del mejor tratamiento post cosecha mediante fuzzy

Los resultados obtenidos por medio de lógica difusa certifican lo que ocurre en la cotidianidad. Si la calidad es muy buena y el costo de transformación bajo, la tecnología a aplicar es considerada excelente. Sin embargo, conforme el costo aumenta, la tecnología a aplicar disminuye su calificación, porque por otro lado su adopción se vuelve más compleja. En otras palabras, en la medida que va cambiando la dinámica de un conjunto en un criterio, automáticamente afecta a los otros dos factores.

Según los resultados obtenidos, un productor puede elegir una tecnología post cosecha, no solo por la contribución de la calidad, lo cual es un tema principal de interés de la industria de elaborados, sino que también por los otros criterios de elección del costo de transformación y la capacidad de adopción tecnológica. Los resultados aportados hasta ahora justifican, por medio de lógica difusa, que en la elección de una tecnología post cosecha influyen los criterios antes mencionados. El método propuesto se ha aplicado a la selección de tecnología postcosecha de cacao, pero abre una ruta metodológica para otros procesos de decisión tecnológica adaptados a pequeños productores.

Por medio de la lógica difusa, se vuelve a comprobar, al igual que en el capítulo anterior, que la fermentación en “montón” y secado en “tendal” es la tecnología mejor calificada bajo los tres criterios del estudio. Además, existe otra tecnología en un mismo rango (“saco tendal”), que basándose en el promedio de todos los criterios emerge como una tecnología aplicable. Sin embargo por la experiencia de otros autores y que previamente ya se ha documentado en esta tesis, esta técnica tiene buenos resultados en función de la aireación que se proporcione al cacao, mientras éste se encuentra en la fase de fermentación, ya que una mala fermentación incrementaría la cantidad de granos de tipo violeta.

5. Comparación de metodologías

5.1. Introducción.

En los anteriores capítulos se ha trabajado con tres metodologías distintas, la primera de ellas utiliza la clásica evaluación estadística, considerando como único criterio para la toma de decisiones la calidad. En cambio, las otras dos metodologías aplicadas (AHP y Fuzzy) toman en consideración dos criterios más: el costo de transformación y la capacidad de adopción tecnología, determinado por expertos seleccionados a nivel nacional.

Los objetivos de una investigación inductiva se relacionan con los métodos estadísticos en 2 aspectos. Primero, que los objetivos indican si el propósito es estimar parámetros (valores verdaderos) de poblaciones o probar hipótesis respecto a ellas. Segundo, que de los objetivos se deriva la estructura de los tratamientos de estos los métodos estadísticos. Estadísticamente se puede responder sí o no, o respuestas de tipo cuantitativa, teniéndose que el lenguaje estadístico responde a pruebas de hipótesis.

Para el caso de la evaluación por medio del AHP, se formaliza la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un Modelo Jerárquico. El propósito del método es permitir que el agente decidor pueda estructurar un problema multicriterio de forma visual, mediante la construcción de un Modelo Jerárquico que básicamente contiene tres niveles: Meta u Objetivo, Criterios y Alternativas.

Una vez construido el Modelo Jerárquico, se realizan comparaciones de pares entre dichos elementos (Criterios – Subcriterios y Alternativas). Posteriormente, se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas, entregando una síntesis de las mismas mediante la agregación de esos juicios parciales.

La lógica difusa proporciona una manera simple de obtener conclusiones a partir de información de entrada vaga, ambigua, imprecisa o incompleta. Esta metodología se diferencia de la lógica clásica por las proposiciones usadas, debido a que en la clásica un

resultado es completamente falso o completamente verdadero, mientras que en la difusa se pueden usar valores intermedios.

5.2. Resumen de resultados.

Los resultados obtenidos con cada una de las 3 metodologías se muestran en la tabla 21. Hay que destacar que las dos metodologías multicriterio implementadas coinciden en que la mejor tecnología post cosecha es la fermentación en “montón” y el secado en tendal. En cambio, teniendo sólo en cuenta el criterio de calidad, no existen diferencias significativas entre las 9 tecnologías postcosecha consideradas.

Con la lógica difusa, se obtuvo como una de las tecnologías postcosecha más apropiadas para los pequeños agricultores la fermentación en saco y el secado en tendal. Esta tecnología es criticada por (Contreras et al., 2004; Amores, 2011; Jiménez, 2000 Y Ramos, 2004) debido a que no recomiendan la fermentación en saco. Este tipo de fermentación no es apropiada cuando se manejan grandes cantidades pero es adecuada cuando las cantidades son pequeñas y se realizan remociones periódicas para tener una buena aireación.

Debido que a nivel de procesos agrícolas se puede dar la combinación de varios objetivos para tomar una decisión, la metodología multicriterio se convierte en una buena opción para obtener decisiones lo más aproximadas a la realidad.

Tabla 21: Resultados comparativos de los resultados obtenidos en cada método.

Tabla condensada de resultados		
Método	Criterio	Tecnología
Estadístico	Calidad	No existen diferencias significativas
AHP	Calidad, costo, adopción	Fermentación en montón secado en tendal
Fuzzy	Calidad, costo, adopción	Fermentación en montón Secado en tendal Fermentación en saco Secado en tendal

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Comparación de metodologías.

La comparación de los tres métodos (tabla 22) revela una diferencia clave. El método estadístico bajo el único criterio de calidad es bastante exigente en los datos, pero no ofrece una solución única a la selección de la tecnología post-cosecha. Cuando los pequeños propietarios tienen que tomar una decisión, los responsables políticos necesitan mejores directrices para orientar un tipo de tecnología u otra. Los métodos AHP y Lógica Fuzzy proporcionan una evaluación más precisa de las tecnologías, utilizando objetivos de gestión que se adaptan mejor a los desafíos a los que se enfrentan los pequeños productores, que en realidad toman decisiones ad hoc en función de más de un criterio. Los tres métodos usan diferentes fuentes de datos. La evaluación bajo el criterio de calidad utilizada en este trabajo fue muy exigente en datos estadísticos, mientras que los métodos multicriterio se basan en evaluaciones de expertos. Está claro, por otro lado, que el método estadístico es menos subjetivo que los métodos multicriterio.

Tabla 22: Comparación de metodologías.

	Método estadístico	AHP	Fuzzy logic
Criterios	Calidad	Calidad, costo y adopción de tecnología	Calidad, costo y adopción de tecnología
Aproximación a la realidad de los pequeños agricultores	Baja	Alta	Alta
Datos de entrada	Muy exigente (trabajo de campo)	Poco exigente (evaluaciones de los expertos)	Poco exigente (evaluaciones de los expertos)
Subjetividad	Baja	Alta (puede reducirse con la selección de expertos)	Alta (puede reducirse con la selección de expertos)
Base metodológica	Análisis estadístico de los datos de campo	Formación de jerarquías y uso de la evaluación por pares	Formación de conjuntos difusos y reglas
Posibilidad para clasificar y priorizar	Baja	Alta	Alta
Nivel de detalle	Bajo	Medio	Alto
Capacidad de extrapolación a nuevas situaciones	Baja	Baja	Alta

5. Comparación de metodologías

Transferencia a los responsables políticos	Situación actual	Situación potencial	Situación potencial
--	------------------	---------------------	---------------------

Los métodos multicriterio utilizados en este trabajo tienen una base metodológica distinta. La base metodológica de AHP es la formación de jerarquías y el uso de la evaluación por pares para tomar decisiones (selección de la mejor tecnología). En contraste, la lógica difusa se centra en la formación de conjuntos y reglas difusas, utilizando criterios para determinar un resultado de salida. En este caso, la variable de salida es la clasificación de la evaluación de tecnologías en las categorías de "excelente", "muy buena", "buena", "regular" o "mala". A pesar de sus diferentes metodologías, los resultados de las dos técnicas llegan a la misma conclusión, a saber, que la mejor tecnología post cosecha es la fermentación en "montón" y el secado en tendal. Ambas metodologías también dan al investigador la posibilidad de clasificar y priorizar las diferentes tecnologías (Mikhailov, 2004). Una ventaja de la lógica difusa es que utiliza evaluaciones lingüísticas, lo que significa mayor detalle durante el análisis. Además, los sistemas expertos se crean durante el proceso. Los datos de entrada de estos sistemas podrían modificarse y obtener nuevos resultados sin preguntar a expertos de nuevo (Odetunji & Kehinde, 2005).

La información proporcionada por esta comparativa permite a los responsables de las políticas asegurar que la promoción de la tecnología está orientada a mejorar el acceso por parte de los pequeños agricultores. La aplicación de un enfoque multicriterio para examinar el sector de los pequeños agricultores de cacao destaca la realidad a la que se enfrentan los productores, así como su potencial de crecimiento (Giordano & de Fraiture, 2014)

6. Conclusiones

6. Conclusiones

Considerando el actual contexto por el que atraviesa la cadena de valor del cacao en Ecuador, en el que se han incrementado los volúmenes no solo comercializados sino también de fermentación y secado, las conclusiones de este estudio pueden aportar luz a pequeños productores de la cadena a la hora de seleccionar la tecnología postcosecha. Estos pequeños productores representan más del 70% de la producción. A diferencia de lo que se piensa, no siempre la mejor tecnología es la de costos más altos o la que mejor beneficio proporciona al productor.

Con las variables de respuesta para el criterio de calidad, se evaluaron nueve posibles tecnologías con tres réplicas por época del año, resultantes de combinar tres tipos de fermentación y tres tipos de secado. Para ello, se utilizó la metodología de Duncan. Los resultados muestran que no existen diferencias significativas entre las nueve tecnologías post-cosecha analizadas. Sin embargo, a nivel de épocas del año sí se marcan diferencias significativas pero entre las variables. A nivel de tecnologías, se mantiene estable.

Debido a que un solo criterio no deja claro aún qué tecnología post cosecha aplicar, se seleccionaron dos criterios complementarios y dos metodologías más. Los dos criterios fueron el costo de transformación y la capacidad de adopción tecnológica, mientras que las dos metodologías multicriterio seleccionadas fueron el AHP y la lógica difusa.

A continuación se aplicó metodología AHP, utilizando la información proporcionada por ocho expertos nacionales, mostrándose jerarquías entre los criterios a evaluar al igual que jerarquías entre los tratamientos sugeridos. Esa jerarquía otorgó valores que permitieron a través de esta metodología establecer una tecnología como la mejor. La tecnología finalmente elegida como la mejor es aquella que combina la fermentación en “montón” y el secado en tendal, técnica muy fácil de aplicar por un pequeño productor.

6. Conclusiones

El empleo de la lógica difusa centra su atención inicial en la formación de conjuntos difusos y reglas que permiten determinar a pesar de que los criterios que se emplean un resultado de salida, en este caso el de la mejor tecnología aplicable. Como resultado de la aplicación de esta metodología se obtiene que la mejor tecnología es la que emplea la fermentación en “montón” y el secado en tendal.

Hay que destacar que la primera diferencia sustancial entre las tres metodologías aplicadas radica en que la primera solo se pudo valorar un único criterio (calidad), mientras que las otras dos metodologías incluyen otros dos criterios relevantes como lo es el costo de transformación y la capacidad de adopción tecnológica. De este modo, los métodos multicriterio se aproximan más a la realidad de los pequeños productores, quienes mentalmente eligen con base en más de un criterio y no solo en base a la calidad, que es donde normalmente se han centrado la mayoría de los estudios previos a este trabajo.

A nivel metodológico, el método estadístico analiza los resultados de campo obtenidos, mientras que las otras dos metodologías se apoyan en los cuestionarios de expertos nacionales en el tema, los mismos que brindaron las valoraciones de los tres criterios.

En el método estadístico, a través de Duncan, se determinan niveles de varianza entres los tratamientos con un solo criterio. Por medio de AHP, se obtienen resultados en base a las jerarquías que se forman con los tres criterios considerados, mientras que en lógica difusa se obtienen resultados mediante la creación de conjuntos difusos y la aplicación de una serie de reglas de evaluación de las variables de entrada.

El objeto final de este estudio es determinar la mejor tecnología postcosecha en cacao. Tras realizar el análisis de cada una de estas tecnologías con las diferentes metodologías empleadas, se concluye que el mejor tratamiento, teniendo en consideración los criterios de calidad, costo de transformación y capacidad de adopción

6. Conclusiones

tecnológica, es el que emplea el método de fermentación en “montón” y el secado en tendal.

La ventaja que ofrece el método AHP para la valoración de las tecnologías es que se pueden clasificar y priorizar las tecnologías en base a las puntuaciones de los expertos. Igualmente, se puede averiguar cómo valoran los expertos los diferentes criterios, qué tecnología es la mejor según cada uno de los criterios y, también, de manera global. Una posible desventaja que pudo haberse generado en este trabajo es si los expertos diferían sustancialmente en sus opiniones. Sin embargo, la literatura cita metodologías complementarias al AHP; en caso de generarse estas dificultades.

En lo que respecta a lógica difusa, una de las ventajas es que se pueden realizar valoraciones de manera continua, debido a que ya se ha creado previamente la matriz de ingreso de datos, mediante la lógica SI-ENTONCES. En otras palabras, introduciendo en el sistema experto valoraciones de calidad, costos y adopción tecnológica, se puede recalcular continuamente lo que ocurre si mejora o cambia una tecnología, extrapolándose así a nuevas situaciones. Por ejemplo, las nuevas variaciones introducidas pueden deberse a la influencia de la época del año, por lo que se pueden reprogramar los rangos de entrada.

Los pequeños productores toman sus decisiones en base a múltiples criterios, lo que es parte de la dinámica de los seres humanos para hacer elecciones. Haber evaluado los criterios de calidad, costo de transformación y capacidad de adopción tecnológica para la elección de una tecnología postcosecha en cacao, con metodologías como AHP y lógica difusa, se acerca más a la realidad de las elecciones tecnológicas que realizan los productores. Esta es la razón de que todo plan de mejora tecnológica debe tener en cuenta todos los criterios por las repercusiones que tienen en la economía.

Las futuras líneas de investigación pueden ser conducidas a determinar y analizar nuevos criterios además de coste y capacidad de adopción tecnológica. Otro criterio que convendría analizar en un futuro es la comercialización, ya que de este se derivan sub

6. Conclusiones

critérios como el acceso a mercados, capacidad de negociación del productor, volumen de demandantes, precios, entre otros. También se puede plantear la utilización de otras metodologías como, por ejemplo, Analytic Network Process (ANP).

Finalmente, se hace necesario que, a nivel de estado, se haga una revisión de las políticas de comercialización que regulan la compensación comercial de la calidad del cacao tipo Nacional a fin que el incremento de calidad se vea compensado en el beneficio costo de los productores y la facilidad adopción tecnológica. De esta manera, se genera un factor en el cual el incremento de beneficios, la reducción de costos y la facilidad de adopción tecnológica, genere un incremento directo en la calidad. Por consiguiente los efectos micro y macroeconómicos serán evidentes, debido al volumen de pequeños productores de cacao a nivel de todo el país.

7. Bibliografía

7. Bibliografía

- Abdulai, A., Owusu, V., & Bakang, J. (2011). Adoption Of Safer Irrigation Technologies And Cropping Patterns: Evidence Form Southern Ghana. *Ecological Economics*, 70, 1415-1423.
- Aguilar, V. A., & Guerra, G. E. (2001). *El riesgo y la incertidumbre en los agronegocios*. Torreón, Coahuila, México: Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria, A/C.
- Ahumada, V., Engler, A., & Toledo, R. (2011). Evaluación de factores de riesgo en la agricultura: Una aplicación de la metodología de proceso analítico jerárquico. *Chilean journal of agricultural research*, 71, 114 - 121.
- Al-Subbi, K. (2001). Application of the AHP in Project management. *Journal of Project Management*, 19, 19 - 28.
- Alvarado, M., & Bullard, E. (1961). Variation of bean characteristics in hybrid cacao progenies, Proceeding of the Caribbean region. *American Society of horticultural science*, 105.
- Amores, F. (2004). Concepto de Calidad Integral del Cacao. *Taller Internacional "Calidad Integral del Cacao: Teoría y Practica"* (pág. 10). Quevedo: INIAP.
- Amores, F. (2009a). *Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el nororiente de la provincia de Esmeraldas*. Quevedo, Ecuador: INIAP.
- Amores, F. (2009b). La investigación en cacao y el desarrollo económico de su cadena de valor. *Investigaciones del INIAP y el sector privado*. INIAP - Estación experimental Boliche.
- Amores, F. (2011). *Micro fermentación y análisis sensorial para la selección de árboles superiores de cacao*. Quevedo, Ecuador: INIAP.
- Amores, F., Agama, J., Mite, F., Jiménez, J., Loor, G., & Quiroz, J. (2009). *EET 544 y EET 558 nuevos clones de cacao nacional para la producción bajo riego en la Península de Santa Elena*. Quevedo, Ecuador: INIAP.

7. Bibliografía

- Amores, F., Butler, D., Ramos, G., Suche, D., Espín, S., Gómez, A., . . . Seguiré, E. (2007). *Proyecto para establecer los parámetros químicos, físicos y organolépticos para determinar la diferencia entre el cacao fino y ordinario*. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). Quevedo: INIAP.
- Amores, F., Suárez, C., & Garzón, I. (2010). *Manual de Producción Intensiva de Cacao Nacional con Sabor Arriba: Tecnología, Presupuesto y Rentabilidad*. Quevedo, Ecuador: INIAP.
- ANECACAO. (2012). *Informe sobre exportacion de cacao segun pais de destino*. Boletín Estadístico, Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (ANECACAO), Departamento de Estadísticas. Recuperado el Octubre de 2012, de www.anecacao.com
- ANECACAO. (2013). *Asociación Nacional de Exportadores de Cacao - ANECACAO Ecuador*. Recuperado el 30 de Julio de 2013, de El Cacao CCN-51: <http://www.anecacao.com/index.php/es/cacao-en-ecuador/el-cacao-ccn-51.html>
- Anonymous. (1994). Fuzzy logic applied to catchment modelling. *Water & Wastewater International*, 9, 40-43.
- Arévalo, E. Z. (2004). *Cacao* (1ra ed.). Chiclayo, Perú: Impresiones Castillo S.A.
- Arguello, O., Mejía, A., & Palencia, G. (2000). Clasificación de especies cultivares de *Theobroma cacao*. *Tecnología para el Mejoramiento del Sistema de Multiplicación de Cacao*, 11.
- Armijos, A. (2002). Caracterización de acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino y ordinario de producción Nacional. *durante la fermentación, Tesis Lic. en Química*. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica.
- Bartley, B. G. (2005). *The genetic diversity of cacao and its utilization*. Cabi.

7. Bibliografía

- Bartolini, F., Bazzani, G., Gallerani, V., Raggi, M., & Viaggi, D. (2007). The impact of water and agriculture policy scenarios on irrigated farming systems in Italy: An analysis based on farm level multi-attribute linear programming models. *Agricultural Systems*, 93(1), 90-114.
- Baum, B. A., Tovinkere, V., Titlow, J., & Welch, R. M. (1997). Automated cloud classification of global AVHRR data using a fuzzy logic approach. *Journal of Applied Meteorology*, 36(11), 1519-1540.
- Bazzani, G. M. (2005). A decision support for an integrated multi-scale analysis of irrigation: DSIRR. *Journal of Environmental Management*, 301-314.
- BCE - Banco Central del Ecuador. (2012). *Estadísticas Económicas*. Obtenido de Banco Central del Ecuador: <http://www.bce.fin.ec/contenido.php?CNT=ARb0000003>
- Bellman, R., & Zadeh, L. (1970). Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science*, 17, 141-164.
- Berumen, S. A., & Llamazares, F. (2007). La utilidad de los Métodos de Decisión Multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente. *Cuadernos de Administración*, 20(34), 65-87.
- Binswanger, H., & Sillers, D. (1983). Risk aversion and credit constraints in farmers' decision-making: a reinterpretation. *Journal of Development Studies*, 20(1), 5-21.
- Blonda, P., Bennardo, A., Satalino, G., & Pasquariello, G. (1996). Fuzzy logic and neural techniques integration: an application to remotely sensed data. *Pattern Recognition Letters*, 17, 1343-1349.
- Braudeau, J. (1970). Técnicas agrícolas y producciones tropicales. En J. Braudeau, *El cacao* (1ra ed., pág. 292). Barcelona, España: Editorial Blume.
- Cáceres, D. (1995). Pequeños productores e innovación tecnológica: un abordaje metodológico. *Agrosur*, 23(2), 127-139.
- Cáceres, D., Silvetti, F., Soto, G., & Rebolledo, W. (1997). La adopción tecnológica en sistemas agropecuarios de pequeños productores. *Agrosur*, 25.

7. Bibliografía

- Calderón, L. (2002). Evaluación de los compuestos fenólicos del cacao (*Theobroma cacao* L.) de tipo fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación en relación a la calidad. *Tesis de Lic. En Química*. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Campos, R. (2011). Estudio de factibilidad para la cadena productiva del cacao fino de aroma en la Provincia Santo Domingo de los Tsáchilas. *Diplomado superior en gestión y evaluación de proyectos*. Quito, Ecuador: IAEN.
- Cardona, F. (1984). La participación de los grupos campesinos en los programas de desarrollo rural. *Tesis de Maestría en Ciencias*, 170. Chapingo, México: Colegio de Postgraduados.
- Carrillo, R., & Carvajal, T. (2010). Costos de producción y estimación de rentabilidad en el cultivo de cacao fino y de aroma. *Manejo técnico del cultivo de cacao en Manabí*, 75, 116-132.
- Carrillo, R., & Vega, T. (2008). *Producción de cacao para la agroindustria y el aprovechamiento de las oportunidades de mercado*. Portoviejo: Universidad Técnica de Manabí (UTM).
- Castellanos, D., Domínguez, K., & Sánchez, A. (2008). *Mejoramiento de la postcosecha del cacao a partir del roadmapping*. Universidad Nacional de Colombia. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Ceballos-Silva, A. P., & López-Blanco, J. (2010). Delimitación de áreas adecuadas para cultivos de alternativa: una evaluación multicriterio-SIG. *Terra Latinoamericana*, 28(2), 109-118.
- Chambers, R. (1991). *Rural Development: Putting the Last First*. Essex, New York, EEUU: Longman.
- Cheng, E., & Li, H. (2001). Analytic hierarchy process: an approach to determine measures for business performance. *Measuring Business Excellence*, 5, 30-37.

7. Bibliografía

- Contreras, C., de Bertorelli, L. O., de Fariñas, L. G., & Parra, P. (2004). Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de cumboto, Venezuela. *Agronomía Trop*, 54(2), 219-232.
- Cros, E. (2004). Factores condicionantes de la calidad del cacao. En (. CP (Ed.), *Primer congreso venezolano del cacao y su industria*. Francia: Agricultural research for developement.
- Cros, E., & Jeanjean, N. (1995). Qualité Du Cacao. Influence De La Fermentation Et Du Séchage. *Plantation Recherche et Développement*, 2, 25-27.
- Crouzillat, D., Laurence, B., Rigoreau, M., Bucheli, P., & Petiard, V. (2000). Genetic Structure, characterization and selection of National cocoa compared to other genetic groups. In *international workshop on new Technologies and Cocoa Breeding*, (págs. 47-64).
- Custer, R. (1995). Examining the dimensions of technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 5, 219-244.
- de Prada, J., Lee, T., Angeli, A., Cisneros, J., & Cantero-G., A. (2008). Análisis multicriterio de la conservación de suelo: Aplicación a una cuenca representativa del centro argentino. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 9, 45-59.
- De Schutter, A. (1986). *Extensión y Capacitación Rurales*. México: Trillas.
- Delgado, G., Aranda, V., Calero, J., Sánchez-Marañón, M., Serrano, J., Sánchez, D., & Vila, M. (2008). Construcción de un sistema de información y de ayuda a la decisión mediante lógica difusa para el cultivo del olivar en Andalucía. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(2), 252-263.
- Dillon, J., & Scandizzo, P. (1978). Risk attitudes of subsistence farmers in Northeast Brazil: a sampling approach. *American Journal of Agricultural Economics*, 60, 425-435.
- Dorfman, A. (1993). Tecnología e innovaciones tecnológicas. Algunas acotaciones. *Realidad Económica* 116,, 116, 120-127.

- Dyer, R. (1990). Remarks on the analytic hierarchy process. *Management Science*, 36, 249-258.
- Eastman, J. R. (2009). *IDRISI Taiga guide to GIS and image processing*. Clark Labs. Worcester, USA: Clark University.
- Elberg, P. (1992). *Extensión Agrícola Bases Conceptuales* (Vol. 117). Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes.
- Enríquez, G. (1985). Curso sobre el cultivo de cacao. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanzas (CATIE).
- Enríquez, G. (2004). Manual No. 54. En G. Enríquez, *Cacao orgánico, guía para productores ecuatorianos* (págs. 39-294). Quito, Ecuador: INIAP.
- Enríquez, G., & Soria, J. (1981). *International Cacao Cultivar Catalogue* (Vols. Technical Bulletin., Nr. 6). Turrialba : Tropical Agricultural Research and Training Center, CATIE, Perennial Plant Program.
- Feder, G., & Umali, D. (1993). The adoption of agricultural innovations. A review. *Technological Forecast and Social Change*, 43, 215-239.
- Ferguson, A. (1994). Gendered science: a critique of agricultural development. *American Anthropologist*, 96, 540-552.
- Flores, J., & Gómez-Limón, J. (2006). Planificación multicriterio de explotaciones agrarias en áreas tropicales protegidas. El caso de la zona protectora Guanare-Masparro. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 6, 81-108.
- Forman, E., Saaty, T., Selley, M., & Whittaker, R. (1986). *A proprietary software package developed by decision support* (Vol. 412). Pittsburgh: Expert Choice.
- Galindo, G., Sainato, C., Dapeña, C., Fernández-Turiel, J., Gimeno, D., Pomposiello, M., & Panarell, H. (2002). NATURAL AND ANTHROPOGENIC FEATURES INFLUENCING WATER QUALITY IN NE BUENOS AIRES, ARGENTINA. (B. E.-M.-M. H, Ed.) *GROUNDWATER AND HUMAN DEVELOPMENT*.

7. Bibliografía

- García, J., Meza, J., Escamilla, M., & Llamas, R. (2010). Evaluación y selección de tractores agrícolas con análisis dimensional. *Revista de la Ingeniería Industrial*, 4.
- García, J., Salvador, A., Noriega, S., Díaz, J., & Riva, J. (2006). Aplicación del proceso de jerarquía analítica en la selección de tecnología agrícola. *Agronomía Costaricense*, 30, 107-114.
- Gen, M., Tsujimura, Y., & Ida, K. (1992). Method for solving multiobjective aggregate production planning problem with fuzzy parameters. *Computers and Industrial Engineering*, 23, 1-4, 117-120.
- Giordano, M., & de Fraiture, C. (2014). Small private irrigation: Enhancing benefits and managing trade-offs. *Agricultural Water Management*, 131, 175-182.
- Golden, B. L., Wasil, E. A., & Levy, D. E. (1989b). Applications of the Analytic Hierarchy Process, a Categorized Annotated Bibliography. En B. L. Golden, E. A. Wasil, P. Harker, B. L. Golden, E. A. Wasil, & P. Harker (Edits.), *The Analytic Hierarchy Process: Applications and Studies*. New York: Springer.
- Golden, B., Wasil, E., & Harker, P. (1989a). *The analytic hierarchy process: applications and studies*. Springer, Berlin and New York.
- Gomez, D., Mendez, G., Ortiz, G., & Turriago, A. (2008). Metodología basada en proceso de jerarquía analítica (AHP) para seleccionar cadenas productivas que buscan soluciones de automatización a bajo costo. *Ingeniería*, 13, 15-26.
- Gómez-Limón, J. A., & Manuel Arriaza, L. (2003). An MCDM analysis of agricultural risk aversion. *European Journal of Operational Research*, 151(3), 569-585.
- Gutiérrez, H. (1988). El Beneficio del Cacao. *Gobernación de Antioquia - Secretaria de Agricultura*, 9, 55.
- Hahn, A., Pfeiffenberger, P., Wirsam, B., & Leitzmann, C. (1995). Evaluation and optimization of nutrient supply by fuzzy-logic. *Ernährungs-Umschau*, 42(10), 367-375.

7. Bibliografía

- Hardy, F. (1961). *Manual de Cacao. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica.*
- Harker, P. T. (1986). The Analytical hierarchy process. *Socio Economic Planning, 20*(6).
- Harker, P. T., & Vargas, L. G. (1990). Reply to" remarks on the analytic hierarchy process". *by JS Dyer. Management Science, 36*(3), 269-273.
- Holland, J. (1994). Using fuzzy logic to evaluate environmental threats. *Sensors, 11*, 57-61.
- Holt, C., Modigliani, F., & Simon, H. (1995). A linear decisión rule for production and employment scheduling. *Management Science, 2*, 1-30.
- INEN - Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2006). Cacao en grano. *Norma Técnica NTE 176, 1*. Quito, Ecuador: INEN.
- International Cocoa Organization. (2009). *ICCO Annual Report 2008/2009*. London: International Cocoa Organization (ICCO).
- Jang, J., Mizutani, E., & Sun, C. (1997). *Neuro-fuzzy and soft computing: A computational approach to learning and machine intelligence*. New York: Prentice Hall.
- Jiménez, J. (2000). *Efecto de dos métodos de fermentación sobre la calidad de tres grupos de cacao Theobroma cacao L. cultivado en la zona de Quevedo provincia de Los Ríos*. Guaranda: Universidad Estatal de Bolívar.
- Jiménez, J., & Amores, F. (2008). *Acercamiento a los perfiles sensoriales del cacao de la provincia de Esmeraldas. Reporte de Progreso*. Quevedo: INIAP.
- Jinap, S., & Dimick, P. (1990). Acidic characteristics of fermented and dried cocoa beans from different countries of origin. *Journal of Food Science, 55*(2), 547-550.
- Jinap, S., Thien, J., & Yap, T. (1994). Effect of drying on acidity and volatile fatty acids content of cocoa beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 65*(1), 67-75.
- Jinap, S., Thien, J., & Yap, T. (1994). Effect of drying on acidity and volatile fatty acids content of cocoa beans. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture, 65*, 67-75.

7. Bibliografía

- Kim, T., Kim, C., & Kang, Y. (2010). A Priority of Regional Agricultural Policy using the Analytic Hierarchy Process in Changnyeong. *The Journal of the Korean Society of International Agriculture*, 22, 8-14.
- Kumar, S., & Omkarprasad, S. (2004). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of operational research. Department of Mechanical Engineering*.
- Kurwijila, R. (1981). Observations on the use of appropriate technology in agricultural development. *Journal of Tropical Agriculture and Veterinary*, 29(1).
- Lecertau, E., Quiroz, J., J., S., Flipo, S., Petierd, V., & Crouzilal, D. (1997). Genetic differentiation among Ecuadorian Theobroma cacao L. accessions using DNA and morphological analysis. *Euphytica*, 95, 77-87.
- Lee, D. (2005). Agricultural Sustainability And Techology Adoption: Issues And Policies For Developing Countries. *American Journal of Agricultural Economics*, 87, 1325-1334.
- Leeuwis, C. (2000). Reconceptualizing participation for sustainable rural development: towards a negotiation approach. *Develop. Change*, 31, 931-959.
- Liu, Y., & Wang, S. (2006). *Theory of Fuzzy Random Optimization*. Beijing: China Agricultural University Press.
- Loor, R. G. (2007). Domesticación del cacao Theobroma cacao L. variedad acional del Ecuador. Identificación de la variedad nativa acional y sus ancestros salvajes. *Tesis de Doctorado*. Montpellier, FR.
- Loor, R., Risterucci, A., Courtois, B., Fouet, O., Jeanneau, M., Rosenquist, E., . . . Lanaud, C. (2009). Racing the native ancestors of modern Theobroma cacao L. population in Ecuador. *Tree genetics and genomes*, 5(3), 421-433.
- López, E. (2005). Sistemas de lógica difusa en el proceso de secado de café en lecho fluidizado. *Ingeniería e Investigación*, 25(3).

7. Bibliografía

- Mackenzie, D., & Wajcman, J. (1985). *The Social Shaping of Technology*. Philadelphia: Open University Press.
- MAGAP - Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2005). *Acuerdo Ministerial 070*.
- MAGAP - Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2009). *Boletín Técnico de cacao*. Quito: Magap.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons.
- Mamdani, E. A. (1975). An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller 7, 1,. *International Journal of Man-Machine Studies* , 1-13.
- Mariano, M. J., Villano, R., & Fleming, E. (2012). Factors influencing farmers' adoption of modern rice technologies and good management practices in the Philippines. *Agricultural Systems*, 110, 41-53.
- Martínez, E., Álvarez, M., Arquero, A., & Romero, M. (2010). Apoyo a la selección de emplazamientos óptimos de edificios. Localización de un edificio universitario mediante el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). *Informes de la Construcción*, 62(519), 35-45.
- Martínez, L. J. (2006). Modelo para evaluar la calidad de las tierras dedicadas al Cultivo de papa. *Agronomía Colombiana*, 24(1), 96 - 110.
- Mays, M. D., Bogardi, I., & Bardossy, A. (1997). Fuzzy logic and risk-based soil interpretations. *Geoderma*, 77(2), 299-315.
- Mays, M. D., Bogardi, I., & Bardossy, A. (1997). Fuzzy logic and risk-based soil interpretations. *Geoderma*, 77, 299-303.
- McBratney, A., & Odeh, I. (1997). Application of fuzzy sets in soil science: fuzzy logic, fuzzy measurements and fuzzy decisions. *Geoderma*, 77(2), 85-113.
- McBratney, A., & Odeh, I. (1997). Application of fuzzy sets in soil science: Fuzzy logic, fuzzy measurements and fuzzy decisions. *Geoderma*, 77, 85-89.

7. Bibliografía

- Michigan State University. (2013). *Common Bean Atlas of the Americas*. Department of Agricultural Economics. MSU - Department of Agricultural Economics. Obtenido de <https://www.msu.edu/~bernsten/beanatlas/>
- Mikhailov, L. (2004). A fuzzy approach to deriving priorities from interval pairwise comparison judgements. *European Journal of Operational Research*, 159, 687-704.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two. Some limits on our capacity for processing information. *The Psychological Review*, 63, 81-97.
- Moraczewski, I. (1993a). Fuzzy logic for phytosociology 1. Syntaxa as vague concepts. *Vegetatio*, 106, 1-12.
- Moraczewski, I. (1993b). Fuzzy logic for phytosociology 2. Generalizations and prediction. *Vegetatio*, 106, 13-25.
- Moreno, L., & Sánchez, J. (1989). *Beneficio del Cacao*. Tegucigalpa: Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas.
- Mossu, G. (1992). *Cocoa. The tropical agriculturalist*. Macmillan.
- Motamayor, J., Lachenaud, P., Wallace da Silva, J., Loor, R., Kuhn, D., Brown, S., & Schnell, R. (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian Chocolate tree *Theobroma cacao*. *Plos One*, 3(10).
- Motato, N. (2010). Agentes y canales de comercialización. *Manejo técnico del cultivo de cacao en Manabí*, 75, 133-141.
- Ning, H. J., Shao, F., Sun, X. X., & Shan, J. Y. (2011). AHP-based evaluation on plant landscape of Huagangguanyu Park in Hangzhou. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 4, 014.
- Odetunji, O., & Kehinde, O. (2005). Computer simulation of fuzzy control system for gari fermentation plant. *Journal of Food Engineering*, 68, 197-207.
- Openshaw, S. (1996). Fuzzy logic as a new scientific paradigm for doing geography. *Environment & Planning A*, 28, 761-766.

7. Bibliografía

- Ortiz, L., Graziani, L., & Rovedas, G. (2009). Influencia de varios factores sobre características del grano de cacao y fermentado y secado al sol. *Agronomía Tropical*, 59.
- Pfaffenberger, B. (1988). Fetishised objects and humanised nature: towards an anthropology of technology. *Man*, 23(2), 236-252.
- Pino, S. (2010). La cadena de valor del cacao en el Ecuador Diagnóstico actual. *Memoria Técnica del Taller Nacional: La denominación de Origen para el Cacao "Arriba" del Ecuador*.
- Ponce, D., & Vargas, H. (2008). Evaluación de aptitud de tierras del municipio de San José de las Lajas para las clases generales de usos agrícola y ganadero. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17, 64-69.
- Portillo, E. (2000). Influencia de la fermentación en la calidad del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. *Tesis de Maestría*, 147. Maracay, Venezuela: Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.
- Puziah, H., Jinap, S., Sharifah, K., & Asbi, A. (1998). Effect of mass and turning time on free amino acid, peptide-N, sugar and pyrazine concentration during cocoa fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78(4), 543-550.
- Ramos, G., Ramos, P., & Azócar, A. (2004). *Manual del productor de cacao*. Caracas: Fondo Intergubernamental para la Descentralización.
- Ranst, E. V., Tang, H., Groenemans, R., & Sinthurahat, S. (1996). Application of fuzzy logic to land suitability for rubber production in peninsular Thailand. *Geoderma*, 70, 1-9.
- Reyes, H., Vivas, J., & Romero, A. (2004). *La calidad del cacao. Factores determinantes de la calidad del cacao*.
- Rico, M. A., & Tinto, J. (2008). Matemática borrosa: algunas aplicaciones en las ciencias económicas, administrativas y contables. *Contaduría Universidad de Antioquia*, 52, 199-214.

7. Bibliografía

- Rinks, D. (1981). A heuristic approach to aggregate production scheduling using linguistic variables. En G. Lasker, *Applied Systems and Cybernetics* (Vol. VI, págs. 2877-2883). New York: Pergamon Press.
- Rinks, D. (1982a). The performance of fuzzy algorithm models for aggregate planning under differing cost structures. En M. y. Gupta, *Fuzzy Information and Decision Processes* (págs. 267-278). Amsterdam, North Holland.
- Rinks, D. (1982b). A heuristic approach to aggregate planning production scheduling using linguistic variables: methodology and application. En Y. R, *Fuzzy set and possibility theory* (págs. 562-581). New York: Pergamon Press.
- Robusté, F. (1987). *Selección de alternativas de transporte con el proceso analítico de jerarquización: pros y contras*. Berkeley: Ed Universidad de California.
- Roco, L., Engler, A., & Jara, R. (2012). Factores que influyen en la adopción de tecnologías de conservación de suelos en el secano interior de Chile Central. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Cuyo*, 44, 31-45.
- Rodríguez Molina, M. (Septiembre - Diciembre de 2009). Lógica difusa como herramienta para interpretar datos de producción limpia en el sector agrícola. *Idesia*, 27(3), 101-105. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292009000300012>
- Rohan, T. (1964). *El beneficio del cacao bruto destinado al mercado*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Rutkowska, D. (2002). *Neuro-fuzzy architectures and hybrid learning*. New York: Physica Verlag.
- Saaty, T. L. (1980). *Analytical Hierarchy Process planning, priority setting, resource allocation*. New York: Mc Graw-Hill.
- Saaty, T. L. (1986). Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management Science*, 32(7), 841-855.
- Saaty, T. L. (1988). *Decision-Making for Leaders, the Analytical Hierarchy Process for Decision in a Complex World* (1st ed.). Pittsburgh, PA: RWS Publications.

7. Bibliografía

- Saaty, T. L. (1990a). An exposition of the AHP in reply to the paper: Remarks on the analytic hierarchy process. *Management science*, 36(3), 259-268.
- Saaty, T. L. (1990b). An exposition of the AHP in reply to the paper: 'Remarks on the analytic hierarchy process'. *Management science*, 36(3), 259-268.
- Saaty, T. L. (1990c). *The analytical hierarchy process*. RWS Publications.
- Saaty, T. L. (2000). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. Pittsburgh: RWS Publications.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Saaty, T. L., & Alexander, J. (1989). *Conflict Resolution: The Analytic hierarchy approach*. New York: Praeger Publishers.
- Saaty, T. L., & Sagir, M. (2009). Extending the Measurement of Tangibles to Intangibles. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 8(1), 7-27.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (1987). Stimulus-response with reciprocal kernels: The rise and fall of sensation. *Journal of Mathematical Psychology*, 31(1), 83-92.
- Salski, A., & Sperlbaum, C. (1991). Fuzzy logic approach to modelling in ecosystem research. En *Uncertainty in Knowledge Bases* (págs. 520-527). Springer Berlin Heidelberg.
- Saltos, A. (2005). *Efecto de dos métodos de fermentación, frecuencias de remoción y volúmenes de masa fresca de cacao sobre la calidad física y organoléptica del complejo Nacional x Trinitario*. Vinces: Universidad de Guayaquil.
- Sarkis, J., & Talluri, S. (2004). Evaluating and selecting e-commerce software and communicationsystems for a supply chain. *European Journal of Operational Research*, 159, 318–329.
- Schejtman, A. (1980). The peasant economy: internal logic, articulation and persistence. *CEPAL Review*, 11, 115-134.

7. Bibliografía

- Smith, P. N. (1995). A fuzzy logic evaluation method for environmental assessment. *Journal of Environmental Systems*, 24, 275-285.
- Smith, P. N. (1997). Environmental project evaluation: a fuzzy logic based method. *International Journal of Systems Science*, 28, 467-474.
- Solorzano, G., & Mendoza, A. (2010). Clasificación Botánica y cultivares recomendados para Manabí. *Manejo técnico del cultivo de cacao en Manabí*, 75, 141.
- Soria, V. (1966). Principales variedades de cacao cultivadas en América tropical. *Revista Turrialba*, 16(3), 261 – 266.
- Stevenson, C., Corven, J., & Villanueva, G. (1993). *Manual Para Analisis de Cacao en Laboratorio*. San José, Costa Rica: IICA.
- Stevenson, C., Corven, J., & Villanueva, G. (1993). *Manual para análisis de laboratorio*. San José Costa Rica.
- Tayfun, C., & Meylut, U. (2013). Evaluation of reallocation criteria in land consolidation studies using the Analytic Hierarchy Process (AHP). *Land Use Policy*, 30, 541–548.
- Triantaphyllou, E., & Mann, S. H. (1995). Using the Analytic Hierarchy Process for Decision-Making in Engineering Applications: Some Challenges. *International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, 2(1), 35-44.
- Trigo, E., Piñeiro, M., & Sabato, J. (1983). La cuestión tecnológica y la organización de la investigación agropecuaria en América Latina. *Desarrollo Económico*, 23(89), 99-119.
- Turksen, I. (1998a). Approximate reasoning for production planning. *Fuzzy sets and systems*, 26(1), 23-37.
- Turksen, I. (1998b). An approximate reasoning framework for aggregate production planning. *Computer Integrated Manufacturing, NATO ASI SERIES*, 243-266.
- Urquhart, D. (1963). *Cacao*. (J. Valerio, Trad.) Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

7. Bibliografía

- Vargas, V., Soto, J., & Enríquez, G. (1989). Métodos de fermentación de cacao para pequeños productores en seis localidades de Costa Rica. Pruebas de calidad". Memoria. *Seminario regional sobre tecnología post cosecha y calidad mejorada del cacao* (págs. 147-161). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Vera, J. (1987). Zonificación y Ecología del cultivo de cacao. En C. Suárez, *Manual del cultivo de cacao* (1ra ed., págs. 11–15). Quevedo, Ecuador: INIAP Estación Experimental Tropical Pichilingue.
- Vera, J. (1993). Antecedentes históricos y zonificación y ecología del cultivo. En C. Suárez, *Manual del cultivo de cacao, Instituto Nacional Autónomo* (2nd ed., Vol. 25, págs. 2-294). Quevedo, Ecuador: INIAP - Estación Experimental "Pichilingue".
- Wakao, H. (2002). Estudio de la variación del contenido de alcaloides en cacao (*Theobroma cacao* L.) de producción nacional durante el proceso de beneficio. *Diss. Tesis de Licenciatura en ciencias químicas, especialidad Química analítica*. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas.
- Wang, L. (1997). *A course in Fuzzy Systems and Control*. New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Wang, R., & Fang, H. (2001). Aggregate production planning with multiple objectives in a fuzzy environment. *European Journal of Operational Research*, 133, 521-536.
- Wasil, E., & Golden, B. (2003). Celebrating 25 years of AHPbased decision making. *Computers & Operations Research*, 30, 1419-1420.
- Watson, I., & Dallwitz, J. (1992). *The Families of Flowering Plant*. Oxford: Oxford University Press.
- Watson, S., & Buede, D. (1987). En *Decision Synthesis: The principles and practice of decision making*. England: Cambridge University Press.
- Wedley, W. C., Schoner, B., & Tang, T. S. (1993). Starting rules for incomplete comparisons in the analytic hierarchy process. *Mathematical and Computer Modelling*, 17(4-5), 93-100.

- Wood, G., & Lass, R. (2001). *Cocoa*. Chichester, UK: John Wiley and Sons.
- Xu, S. (1988). Application of AHP to the Determination of the Quality Class of City Ecological Environment. *International Symposium on The Analytic Hierarchy Process* (págs. 606-612). China: Tianjin University.
- Ying, H. (2000). *Fuzzy Control and Modeling: Analytical Foundations and Applications*. Wiley.
- Yusuff, R., Yee, P. K., & Hashmi, S. M. (2001). A preliminary study on the potential use of the analytical hierarchical process (AHP) to predict advanced manufacturing technology (AMT) implementation. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 17(5), 421– 427.
- Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353.
- Zadeh, L. (1966). Shadows of fuzzy sets. *Problemy Peredachi Informatsii*, 2(1), 37-44.
- Zadeh, L. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-I. *Information sciences*, 8(3), 199-249.
- Zadeh, L. (1994). Fuzzy Logic, Neural Networks and Softcomputing. *Communications of the ACM*, 77-84.
- Zadeh, L. (1996). Fuzzy logic = computing with words. *IEEE Transactions On Fuzzy Systems*, 4(2), 103-111.
- Zhang, Y., Zhang, W., Dai, S., Ji, Y., & He, J. (2011). AHP-based screening of traditional potted chrysanthemum for industrialized production. *Scientia Agricultura Sinica*, 44(21), 4438-4446.
- Zimmermann, H. (1983). Using fuzzy sets in operational research. *European Journal of Operational Research*, 13, 201-216.
- Zimmermann, H. (1996). *Fuzzy Set Theory and its applications* (3ra ed.). Ed. Kluwer Academic Publishers.

8. Anexos

Anexo #1

Humedad relativa promedio, pluviosidad y heliofania en los meses de estudio de campo.

REPORTE MENSUAL DEL 01 AL 30 DE NOVIEMBRE DEL 2012				
FECHA	SEMANA	HR %	Lluvia mm	Heliofania
01/11/2012	SEMANA 1	81%	0	0,7
02/11/2012		84%	0	3,7
03/11/2012		81%	0	0
04/11/2012		75%	0	0,6
05/11/2012		76%	0	2,3
06/11/2012		80%	3	1
07/11/2012		84%	0	1,2
08/11/2012	SEMANA 2	77%	0	5
09/11/2012		76%	0	5,7
10/11/2012		80%	0	2
11/11/2012		84%	0	9
12/11/2012		75%	0	7,7
13/11/2012		83%	0	2,8
14/11/2012		76%	0,2	6,2
15/11/2012	SEMANA 3	80%	0,1	0,6
16/11/2012		75%	0	6,6
17/11/2012		82%	0	2
18/11/2012		83%	0	0
19/11/2012		77%	0	5,9
20/11/2012		74%	0	8
21/11/2012		79%	0	1
22/11/2012	SEMANA 4	82%	0	2,1
23/11/2012		81%	0	5,6
24/11/2012		82%	0	1,2
25/11/2012		77%	0,9	3,8
26/11/2012		75%	0,1	3,8
27/11/2012		86%	1	0
28/11/2012		85%	0	0,8
29/11/2012		0%	0	4,7
30/11/2012		80%	0	2,7
PROMEDIO		77%		
TOTALES			5,3 mm	96,7 h/s

REPORTE MENSUAL DEL 01 AL 31 DE DICIEMBRE DEL 2012				
FECHA	SEMANA	HR %	Lluvia mm	Heliofanía
01/12/2012	SEMANA 1	77%	0	0,4
02/12/2012		77%	0	0,4
03/12/2012		75%	0	0,4
04/12/2012		80%	0	0,4
05/12/2012		74%	0	6,6
06/12/2012		84%	0	0
07/12/2012		75%	0	1,9
08/12/2012	SEMANA 2	76%	0	0
09/12/2012		77%	0	3,7
10/12/2012		83%	0,2	0
11/12/2012		82%	0	0
12/12/2012		74%	0,6	4,8
13/12/2012		79%	0	2,9
14/12/2012		71%	0	6,7
15/12/2012	SEMANA 3	76%	0	0
16/12/2012		79%	0	0,1
17/12/2012		75%	0	8,6
18/12/2012		71%	0	9,2
19/12/2012		73%	0	6
20/12/2012		78%	0	5
21/12/2012		76%	0	2,7
22/12/2012	SEMANA 4	78%	0	4,1
23/12/2012		78%	0	1,4
24/12/2012		69%	0	3
25/12/2012		76%	0	2
26/12/2012		75%	0	1,9
27/12/2012		72%	0	4,2
28/12/2012		69%	0	9
29/12/2012		74%	11,9	7,6
30/12/2012		82%	0,1	0,5
31/12/2012	80%	23,3	3,6	
PROMEDIO		76%		
TOTALES			36,1 mm	97,1 h/s

REPORTE MENSUAL DEL 01 AL 31 DE ENERO DEL 2013								
Promedio Mensual								
FECHA	SEMANA	HR %	TMAX °C	TMIN °C	TA °C	EVAPORACIÓN mm	RR mm	Heliofanía
01/01/2013	SEMANA 1	80%	31,4	21	25,7	2,5	2,5	1,1
02/01/2013		87%	26,4	22,8	24,3	0,3	1,6	0
03/01/2013		82%	32,6	23	26,4	6	4,8	4,6
04/01/2013		78%	32,3	22,8	27,1	6	0	5,3
05/01/2013		77%	28,9	24	25,9	3	5,7	0,2
06/01/2013		85%	27,8	23	25	0,5	18,1	0
07/01/2013		87%	27,2	22,6	24,8	1,2	0,1	0
08/01/2013	SEMANA 2	84%	30	23,5	25,4	1,5	1,9	1
09/01/2013		84%	29	23	25	0,2	7,5	0,4
10/01/2013		81%	29	22,6	25,2	2	0,6	0,2
11/01/2013		79%	31,1	22,8	26,6	4,5	22	1,5
12/01/2013		86%	27,7	23	24,4	0,2	52	0,2
13/01/2013		82%	29,8	22,2	25	1,3	1,7	0,9
14/01/2013		86%	26,9	22,6	24,1	0,5	15,8	0
15/01/2013	SEMANA 3	84%	28,2	22,7	24,7	1	2	0
16/01/2013		82%	30,1	22,8	25,4	2,9	0,9	1
17/01/2013		83%	28,7	22,9	25,2	2	2,3	0,9
18/01/2013		80%	30,3	23,1	25,5	2	7,7	2
19/01/2013		81%	30,7	22,9	25,3	1,5	4,4	2
20/01/2013		79%	30,5	23,8	26	3	1,3	1,7
21/01/2013		83%	29,8	23,2	25,2	0,8	7,3	0,4
22/01/2013	SEMANA 4	83%	29,4	22,9	25,2	0,3	3,5	0,7
23/01/2013		87%	26,4	24,2	24,5	0	8,5	0
24/01/2013		93%	26,7	23	24,5	0	3,5	0
25/01/2013		84%	30,4	23,4	26,4	0,6	1,4	1,6
26/01/2013		88%	29,4	24	26	0,3	16	0,5
27/01/2013		87%	29,2	22,6	25,8	2,1	2,7	0,3
28/01/2013		90%	29,2	23	25,5	0,3	1,7	0
29/01/2013		86%	30,2	23,6	26,4	2,5	1,9	1,9
30/01/2013		81%	30,5	24	26,2	2	49,7	2,7
31/01/2013		81%	30,8	23,2	25,8	2	18,5	0,5
PROMEDIO		84%	29,4 °C	23,0 °C	25,4 °C			
TOTALES						53mm	267,6mm	31,6 h/s

REPORTE MENSUAL DEL 01 AL 28 DE FEBRERO DEL 2013				
Mensual				
FECHA	SEMANA	HR %	Lluvia mm	Heliofania
01/02/2013	SEMANA 1	90%	24,7	0,2
02/02/2013		87%	3,3	1,7
03/02/2013		87%	11,5	0,6
04/02/2013		86%	15,4	0
05/02/2013		83%	14,9	0,2
06/02/2013		88%	0,3	1,6
07/02/2013		88%	0	1,8
08/02/2013	SEMANA 2	85%	1,2	0
09/02/2013		87%	0	0
10/02/2013		80%	0	4,7
11/02/2013		86%	0	4,9
12/02/2013		83%	0	6,1
13/02/2013		88%	0,5	7,8
14/02/2013		88%	0	0,5
15/02/2013	SEMANA 3	85%	0	6
16/02/2013		87%	9,2	2
17/02/2013		80%	30,9	1,5
18/02/2013		85%	1,2	4,8
19/02/2013		84%	0,1	3,7
20/02/2013		83%	0	0
21/02/2013		80%	1	3,2
22/02/2013	SEMANA 4	81%	5,4	4,4
23/02/2013		83%	4,3	6,4
24/02/2013		85%	0	2,9
25/02/2013		90%	0,8	3
26/02/2013		78%	5,1	3,4
27/02/2013		86%	31,2	4,8
28/02/2013		85%	2,8	0
PROMEDIO		85%		
TOTALES			163,8 mm	76,2 h/s

REPORTE MENSUAL DEL 01 AL 31 DE MARZO DEL 2013				
Mensual				
FECHA	SEMANA	HR %	Lluvia mm	Heliofanía
01/03/2013	SEMANA 1	78%	3,5	4,3
02/03/2013		82%	10,3	2,9
03/03/2013		88%	82,5	1,4
04/03/2013		84%	71	5,6
05/03/2013		85%	7	4,6
06/03/2013		78%	8,1	4,6
07/03/2013		82%	6,9	5,6
08/03/2013	SEMANA 2	84%	0	5,3
09/03/2013		79%	0,1	6
10/03/2013		78%	1,1	5,3
11/03/2013		87%	10	1,9
12/03/2013		89%	11,7	6,2
13/03/2013		81%	8,3	0,4
14/03/2013		87%	3,9	2,9
15/03/2013	SEMANA 3	84%	65,8	3,7
16/03/2013		88%	2,5	4,4
17/03/2013		79%	0,3	0
18/03/2013		81%	0	1,4
19/03/2013		77%	2	5,3
20/03/2013		83%	0	0,9
21/03/2013		79%	0	3,4
22/03/2013	SEMANA 4	80%	0	4
23/03/2013		85%	5,6	0,4
24/03/2013		77%	2,1	3
25/03/2013		83%	1,7	1,4
26/03/2013		86%	0,6	5,3
27/03/2013		81%	7,1	0,9
28/03/2013		81%	23,2	3,4
29/03/2013		88%	12,3	4
30/03/2013		88%	24,5	0,4
31/03/2013	80%	0	3	
PROMEDIO		83%		
TOTALES			372,1 mm	101,9 h/s

Anexo #2

Época seca: evaluación por método de Duncan de factores por separado

Variable buena fermentación.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Buena	27	0,12	0,00	28,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	117,70	4	29,43	0,76	0,5639
fermentador	46,52	2	23,26	0,60	0,5582
secado	71,19	2	35,59	0,92	0,4147
Error	854,59	22	38,85		
Total	972,30	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 38,8451 gl: 22

fermentador Medias n E.E.

CAJON	22,67	9	2,08	A
MONTON	22,44	9	2,08	A
SACO	19,78	9	2,08	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 38,8451 gl: 22

secado Medias n E.E.

CARRO	22,78	9	2,08	A
TENDAL	22,78	9	2,08	A
MARQUESINA	19,33	9	2,08	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Variable mediana fermentación.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mediana	27	0,15	0,00	17,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	430,89	4	107,72	0,98	0,4373
fermentador	104,00	2	52,00	0,47	0,6285
secado	326,89	2	163,44	1,49	0,2470
Error	2411,78	22	109,63		
Total	2842,67	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 109,6263 gl: 22

fermentador Medias n E.E.

CAJON	62,44	9	3,49	A
MONTON	59,11	9	3,49	A
SACO	57,78	9	3,49	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 109,6263 gl: 22

secado Medias n E.E.

TENDAL	63,67	9	3,49	A
CARRO	60,44	9	3,49	A
MARQUESINA	55,22	9	3,49	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Variable total fermentación.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TOTAL	27	0,26	0,13	13,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	933,93	4	233,48	1,97	0,1348
fermentador	256,96	2	128,48	1,08	0,3560
secado	676,96	2	338,48	2,85	0,0791
Error	2610,37	22	118,65		
Total	3544,30	26			

Test:Duncan Alfa=0,05
Error: 118,6532 gl: 22
fermentador Medias n E.E.

CAJON	85,11	9	3,63	A
MONTON	81,44	9	3,63	A
SACO	77,56	9	3,63	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:Duncan Alfa=0,05
Error: 118,6532 gl: 22
secado Medias n E.E.

TENDAL	86,44	9	3,63	A
CARRO	83,11	9	3,63	A B
MARQUESINA	74,56	9	3,63	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Variable grano violeta.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Violeta	27	0,26	0,12	58,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	938,59	4	234,65	1,92	0,1423
fermentador	342,74	2	171,37	1,40	0,2668
secado	595,85	2	297,93	2,44	0,1103
Error	2685,26	22	122,06		
Total	3623,85	26			

Test:Duncan Alfa=0,05
Error: 122,0572 gl: 22
fermentador Medias n E.E.

SACO	23,56	9	3,68	A
MONTON	18,33	9	3,68	A
CAJON	14,89	9	3,68	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:Duncan Alfa=0,05
Error: 122,0572 gl: 22
secado Medias n E.E.

MARQUESINA	25,44	9	3,68	A
CARRO	16,78	9	3,68	A
TENDAL	14,56	9	3,68	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Variable Índice de Semilla.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
INDICE DE SEMILLA	27	0,08	0,00	7,56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	172,19	4	43,05	0,51	0,7297
fermentador	11,96	2	5,98	0,07	0,9320
secado	160,24	2	80,12	0,95	0,4031
Error	1860,84	22	84,58		
Total	2033,04	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 84,5837 gl: 22

fermentador Medias n E.E.

SACO	122,37	9	3,07	A
MONTON	121,79	9	3,07	A
CAJON	120,76	9	3,07	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 84,5837 gl: 22

secado Medias n E.E.

CARRO	124,76	9	3,07	A
TENDAL	121,35	9	3,07	A
MARQUESINA	118,81	9	3,07	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Variable porcentaje de testa.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% TESTA	27	0,28	0,15	7,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11,36	4	2,84	2,17	0,1061
fermentador	10,06	2	5,03	3,84	0,0371
secado	1,31	2	0,65	0,50	0,6142
Error	28,82	22	1,31		
Total	40,19	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,3100 gl: 22

fermentador Medias n E.E.

CAJON	15,02	9	0,38	A
MONTON	14,80	9	0,38	A
SACO	13,63	9	0,38	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,3100 gl: 22

secado Medias n E.E.

MARQUESINA	14,79	9	0,38	A
TENDAL	14,35	9	0,38	A
CARRO	14,30	9	0,38	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Variable porcentaje de cotiledón.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
% cotiledon	27	0,28	0,15	1,34	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11,36	4	2,84	2,17	0,1061
fermentador	10,06	2	5,03	3,84	0,0371
secado	1,31	2	0,65	0,50	0,6142
Error	28,82	22	1,31		
Total	40,19	26			

Test:Duncan Alfa=0,05
Error: 1,3100 gl: 22

	Medias	n	E.E.
SACO	86,37	9	0,38 A
MONTON	85,20	9	0,38 B
CAJON	84,98	9	0,38 B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:Duncan Alfa=0,05
Error: 1,3100 gl: 22

	Medias	n	E.E.
CARRO	85,70	9	0,38 A
TENDAL	85,65	9	0,38 A
MARQUESINA	85,21	9	0,38 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Época seca: evaluación por método de Duncan por tratamientos Variable buena fermentación.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Buena	27	0,17	0,00	30,87	

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	169,63	8	21,20	0,48	0,8577
TRATAMIENTO	169,63	8	21,20	0,48	0,8577
Error	802,67	18	44,59		
Total	972,30	26			

Test:Duncan Alfa=0,05
Error: 44,5926 gl: 18

	Medias	n	E.E.
Cajón C	24,67	3	3,86 A
Monton C	24,33	3	3,86 A
Saco T	23,67	3	3,86 A
Cajón T	22,67	3	3,86 A
Monton T	22,00	3	3,86 A
Monton M	21,00	3	3,86 A
Cajón M	20,67	3	3,86 A
Saco C	19,33	3	3,86 A
Saco M	16,33	3	3,86 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Variable mediana fermentación.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mediana	27	0,23	0,00	18,44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	656,67	8	82,08	0,68	0,7067
TRATAMIENTO	656,67	8	82,08	0,68	0,7067
Error	2186,00	18	121,44		
Total	2842,67	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 121,4444 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
Monton T	66,00	3	6,36 A
Cajón T	64,00	3	6,36 A
Cajón M	63,00	3	6,36 A
Saco C	62,00	3	6,36 A
Saco T	61,00	3	6,36 A
Cajón C	60,33	3	6,36 A
Monton C	59,00	3	6,36 A
Monton M	52,33	3	6,36 A
Saco M	50,33	3	6,36 A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Variable total fermentación.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TOTAL	27	0,33	0,03	14,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1154,30	8	144,29	1,09	0,4152
TRATAMIENTO	1154,30	8	144,29	1,09	0,4152
Error	2390,00	18	132,78		
Total	3544,30	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 132,7778 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
Monton T	88,00	3	6,65 A
Cajón T	86,67	3	6,65 A
Cajón C	85,00	3	6,65 A
Saco T	84,67	3	6,65 A
Cajón M	83,67	3	6,65 A
Monton C	83,00	3	6,65 A
Saco C	81,33	3	6,65 A
Monton M	73,33	3	6,65 A
Saco M	66,67	3	6,65 A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Variable grano violeta.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Violeta	27	0,31	0,01	62,11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1136,52	8	142,06	1,03	0,4510
TRATAMIENTO	1136,52	8	142,06	1,03	0,4510
Error	2487,33	18	138,19		
Total	3623,85	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 138,1852 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
Saco M	33,33	3	6,79 A
Monton M	26,67	3	6,79 A
Saco C	18,67	3	6,79 A
Saco T	18,67	3	6,79 A
Monton C	16,67	3	6,79 A
Cajón M	16,33	3	6,79 A
Cajón C	15,00	3	6,79 A
Cajón T	13,33	3	6,79 A
Monton T	11,67	3	6,79 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Variable índice de semilla.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
INDICE DE SEMILLA	27	0,22	0,00	7,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	442,29	8	55,29	0,63	0,7460
TRATAMIENTO	442,29	8	55,29	0,63	0,7460
Error	1590,75	18	88,37		
Total	2033,04	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 88,3749 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
Cajón C	128,39	3	5,43 A
Saco T	126,80	3	5,43 A
Monton C	123,62	3	5,43 A
Monton T	122,37	3	5,43 A
Saco C	122,26	3	5,43 A
Monton M	119,40	3	5,43 A
Cajón M	118,99	3	5,43 A
Saco M	118,04	3	5,43 A
Cajón T	114,90	3	5,43 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Variable porcentaje de testa.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
% TESTA	27	0,43	0,17	7,81	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17,19	8	2,15	1,68	0,1712
TRATAMIENTO	17,19	8	2,15	1,68	0,1712
Error	23,00	18	1,28		
Total	40,19	26			

Test:Duncan Alfa=0,05
Error: 1,2778 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
Cajón T	15,59	3	0,65 A
Cajón M	15,45	3	0,65 A
Monton M	15,22	3	0,65 A B
Monton C	14,79	3	0,65 A B
Monton T	14,38	3	0,65 A B
Saco C	14,09	3	0,65 A B
Cajón C	14,02	3	0,65 A B
Saco M	13,71	3	0,65 A B
Saco T	13,09	3	0,65 B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Variable porcentaje de cotiledón.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
% cotiledon	27	0,43	0,17	1,32	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17,19	8	2,15	1,68	0,1712
TRATAMIENTO	17,19	8	2,15	1,68	0,1712
Error	23,00	18	1,28		
Total	40,19	26			

Test:Duncan Alfa=0,05
Error: 1,2778 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
Saco T	86,91	3	0,65 A
Saco M	86,29	3	0,65 A B
Cajón C	85,98	3	0,65 A B
Saco C	85,91	3	0,65 A B
Monton T	85,62	3	0,65 A B
Monton C	85,21	3	0,65 A B
Monton M	84,78	3	0,65 A B
Cajón M	84,55	3	0,65 B
Cajón T	84,41	3	0,65 B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Época húmeda: evaluación por método de Duncan de factores separado.

Variable buena fermentación.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² A _j	CV
Buena	27	0,20	0,06	11,53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	275,56	4	68,89	1,41	0,2628
fermentador	78,00	2	39,00	0,80	0,4622
secado	197,56	2	98,78	2,03	0,1559
Error	1073,11	22	48,78		
Total	1348,67	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 48,7778 gl: 22

fermentador Medias n E.E.

CAJON 62,22 9 2,33 A

MONTON 61,22 9 2,33 A

SACO 58,22 9 2,33 A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 48,7778 gl: 22

secado Medias n E.E.

MARQUESINA 64,22 9 2,33 A

TENDAL 59,67 9 2,33 A

CARRO 57,78 9 2,33 A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Variable mediana fermentación.

Variable	N	R ²	R ² A _j	CV
Mediana	27	0,11	0,00	29,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	137,70	4	34,43	0,65	0,6347
fermentador	73,41	2	36,70	0,69	0,5120
secado	64,30	2	32,15	0,60	0,5552
Error	1169,99	22	53,18		
Total	1307,63	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 53,1785 gl: 22

fermentador Medias n E.E.

SACO 28,33 9 2,43 A

CAJON 28,33 9 2,43 A

MONTON 22,44 9 2,43 A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 53,1785 gl: 22

secado Medias n E.E.

CARRO 26,11 9 2,43 A

TENDAL 25,44 9 2,43 A

MARQUESINA 22,56 9 2,43 A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Variable total fermentación.

Variable	N	R ²	R ² A _j	CV
TOTAL	27	0,10	0,00	6,07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	68,89	4	17,22	0,64	0,6423
fermentador	60,67	2	30,33	1,12	0,3442
secado	8,22	2	4,11	0,15	0,8600
Error	595,78	22	27,08		
Total	664,67	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 27,0808 gl: 22

fermentador Medias n E.E.

CAJON 87,67 9 1,73 A

SACO 85,67 9 1,73 A

MONTON 84,00 9 1,73 A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 27,0808 gl: 22

secado Medias n E.E.

TENDAL 86,22 9 1,73 A

MARQUESINA 86,11 9 1,73 A

CARRO 85,00 9 1,73 A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Variable grano violeta.

Variable N R² R² Aj CV
 Violeta 27 0,11 0,00 36,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	76,89	4	19,22	0,71	0,5954
fermentador	72,67	2	36,33	1,34	0,2831
secado	4,22	2	2,11	0,08	0,9255
Error	597,78	22	27,17		
Total	674,67	26			

Test:Duncan Alfa=0,05
 Error: 27,1717 gl: 22

fermentador	Medias	n	E.E.
MONTON	16,00	9	1,74 A
SACO	14,33	9	1,74 A
CAJON	12,00	9	1,74 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:Duncan Alfa=0,05
 Error: 27,1717 gl: 22

secado	Medias	n	E.E.
CARRO	14,67	9	1,74 A
MARQUESINA	13,89	9	1,74 A
TENDAL	13,78	9	1,74 A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Variable índice de semilla.

Variable N R² R² Aj CV
 INDICE DE SEMILLA 27 0,76 0,72 2,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	572,53	4	143,13	17,43	<0,0001
fermentador	280,93	2	140,47	17,10	<0,0001
secado	291,60	2	145,80	17,75	<0,0001
Error	180,71	22	8,21		
Total	753,24	26			

Test:Duncan Alfa=0,05
 Error: 8,2140 gl: 22

fermentador	Medias	n	E.E.
SACO	121,67	9	0,96 A
MONTON	118,50	9	0,96 B
CAJON	113,82	9	0,96 C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:Duncan Alfa=0,05
 Error: 8,2140 gl: 22

secado	Medias	n	E.E.
MARQUESINA	121,52	9	0,96 A
TENDAL	118,86	9	0,96 A
CARRO	113,61	9	0,96 B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Variable porcentaje de testa.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% TESTA	27	0,33	0,21	8,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19,67	4	4,92	2,72	0,0558
fermentador	0,66	2	0,33	0,18	0,8348
secado	19,01	2	9,51	5,26	0,0136
Error	39,77	22	1,81		
Total	59,44	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,8079 gl: 22

fermentador Medias n E.E.

CAJON	15,24	9	0,45	A
MONTON	15,06	9	0,45	A
SACO	14,86	9	0,45	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p< 0,05)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,8079 gl: 22

secado Medias n E.E.

MARQUESINA	16,24	9	0,45	A
TENDAL	14,52	9	0,45	B
CARRO	14,40	9	0,45	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p< 0,05)

Variable porcentaje de cotiledón.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% cotiledon	27	0,33	0,21	1,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19,67	4	4,92	2,72	0,0558
fermentador	0,66	2	0,33	0,18	0,8348
secado	19,01	2	9,51	5,26	0,0136
Error	39,77	22	1,81		
Total	59,44	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,8079 gl: 22

fermentador Medias n E.E.

SACO	85,14	9	0,45	A
MONTON	84,94	9	0,45	A
CAJON	84,76	9	0,45	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p< 0,05)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,8079 gl: 22

secado Medias n E.E.

CARRO	85,60	9	0,45	A
TENDAL	85,48	9	0,45	A
MARQUESINA	83,76	9	0,45	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p< 0,05)

Época húmeda: evaluación por método de Duncan por tratamientos

Variable buena fermentación.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Buena	27	0,32	0,02	11,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	434,00	8	54,25	1,07	0,4266
TRATAMIENTOS	434,00	8	54,25	1,07	0,4266
Error	914,67	18	50,81		
Total	1348,67	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 50,8148 gl: 18

TRATAMIENTOS Medias n E.E.

Cajón M	69,00	3	4,12	A
Monton M	63,67	3	4,12	A
Cajón T	62,33	3	4,12	A
Monton C	62,00	3	4,12	A
Saco M	60,00	3	4,12	A
Saco T	58,67	3	4,12	A
Monton T	58,00	3	4,12	A
Saco C	56,00	3	4,12	A
Cajón C	55,33	3	4,12	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Variable mediana fermentación.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mediana	27	0,29	0,00	29,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	374,30	8	46,79	0,90	0,5353
TRATAMIENTOS	374,30	8	46,79	0,90	0,5353
Error	933,33	18	51,85		
Total	1307,63	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 51,8519 gl: 18

TRATAMIENTOS Medias n E.E.

Saco C	30,67	3	4,16	A
Cajón T	28,00	3	4,16	A
Saco T	27,33	3	4,16	A
Cajón C	27,33	3	4,16	A
Monton M	26,00	3	4,16	A
Monton T	21,00	3	4,16	A
Saco M	21,00	3	4,16	A
Cajón M	20,67	3	4,16	A
Monton C	20,33	3	4,16	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

.. . . .

Variable total fermentación.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
TOTAL	27	0,52	0,31	4,91	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	345,33	8	43,17	2,43	0,0559
TRATAMIENTOS	345,33	8	43,17	2,43	0,0559
Error	319,33	18	17,74		
Total	664,67	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 17,7407 gl: 18

TRATAMIENTOS Medias n E.E.

Cajón T	90,33	3	2,43	A
Cajón M	90,00	3	2,43	A
Saco C	90,00	3	2,43	A
Monton M	87,33	3	2,43	A B
Saco T	86,00	3	2,43	A B
Cajón C	82,67	3	2,43	A B
Monton T	82,33	3	2,43	A B
Monton C	82,33	3	2,43	A B
Saco M	81,00	3	2,43	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Variable grano violeta.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Violeta	27	0,49	0,26	31,04	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	329,33	8	41,17	2,15	0,0852
TRATAMIENTOS	329,33	8	41,17	2,15	0,0852
Error	345,33	18	19,19		
Total	674,67	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 19,1852 gl: 18

TRATAMIENTOS Medias n E.E.

Saco M	19,00	3	2,53	A
Monton T	17,67	3	2,53	A B
Monton C	17,67	3	2,53	A B
Cajón C	16,33	3	2,53	A B
Saco T	14,00	3	2,53	A B
Monton M	12,67	3	2,53	A B
Cajón M	10,00	3	2,53	B
Saco C	10,00	3	2,53	B
Cajón T	9,67	3	2,53	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Variable índice de semilla.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
INDICE DE SEMILLA	27	0,89	0,83	1,86	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	666,89	8	83,36	17,38	<0,0001
TRATAMIENTOS	666,89	8	83,36	17,38	<0,0001
Error	86,35	18	4,80		
Total	753,24	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 4,7975 gl: 18

TRATAMIENTOS Medias n E.E.

Saco M	126,10	3	1,26	A
Saco T	123,39	3	1,26	A B
Monton T	121,57	3	1,26	B C
Monton M	119,30	3	1,26	C D
Cajón M	119,17	3	1,26	C D
Saco C	115,53	3	1,26	D E
Monton C	114,63	3	1,26	E
Cajón T	111,62	3	1,26	E F
Cajón C	110,67	3	1,26	F

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Variable N R² R² Aj CV

Variable porcentaje de testa.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
% TESTA	27	0,44	0,19	9,03	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26,20	8	3,27	1,77	0,1491
TRATAMIENTOS	26,20	8	3,27	1,77	0,1491
Error	33,25	18	1,85		
Total	59,44	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,8470 gl: 18

TRATAMIENTOS Medias n E.E.

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
Cajón M	17,23	3	0,78 A
Saco M	16,09	3	0,78 A B
Monton M	15,40	3	0,78 A B
Monton T	15,14	3	0,78 A B
Monton C	14,65	3	0,78 B
Cajón C	14,30	3	0,78 B
Saco C	14,27	3	0,78 B
Saco T	14,22	3	0,78 B
Cajón T	14,19	3	0,78 B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Variable porcentaje de cotiledón.

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
% cotiledon	27	0,44	0,19	1,60	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26,20	8	3,27	1,77	0,1491
TRATAMIENTOS	26,20	8	3,27	1,77	0,1491
Error	33,25	18	1,85		
Total	59,44	26			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,8470 gl: 18

TRATAMIENTOS Medias n E.E.

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
Cajón T	85,81	3	0,78 A
Saco T	85,78	3	0,78 A
Saco C	85,73	3	0,78 A
Cajón C	85,70	3	0,78 A
Monton C	85,35	3	0,78 A
Monton T	84,86	3	0,78 A B
Monton M	84,60	3	0,78 A B
Saco M	83,91	3	0,78 A B
Cajón M	82,77	3	0,78 B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Anexo #3

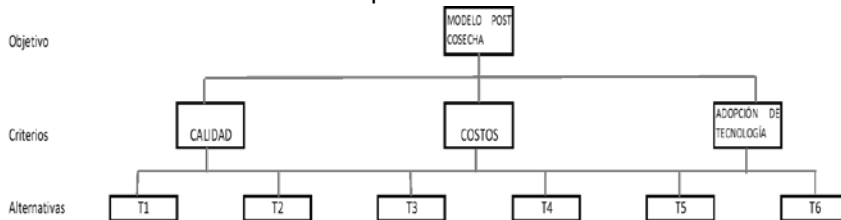
Encuesta a expertos para AHP (combinaciones pareadas)

Nombre:

Institución:

La post cosecha en cacao, conocida también como beneficio, afecta directamente la calidad del grano, tanto en sus condiciones físicas, como químicas; afectando también las características organolépticas del producto. Al ser la fermentación y el secado partes importantes de la postcosecha, la elección de la metodología post cosecha estaría en base al conocimiento de cuál de las posibles combinaciones brinda los mejores parámetros de calificación del producto. Sin embargo existen otros parámetros como la inversión de la tecnología post cosecha y la capacidad de adopción tecnológica por parte del productor, que influirían directamente sobre la elección de la tecnología a implementar.

Por ello mediante esta investigación se desea por medio de la consulta a expertos, estudiar y determinar los rangos de importancia de los criterios para la elección tecnológica. Cabe destacar que previa a esta encuesta se realizó una fase de campo, en la cual se determinaron las seis mejores alternativas desde el punto de vista de métodos de fermentación y secado. Con este trabajo se pretende generar un modelo post cosecha que contempla otros factores adicionales de decisión, que normalmente no han sido valorados en estudios de calidad y con esto una probable adopción tecnológica que maximice la utilidad en las unidades de producción.



Con la finalidad de determinar la importancia relativa de los criterios, a continuación se le consulta sobre la importancia que Usted como experto nacional otorga a cada criterio, utilizando una comparación por pares. Para una mejor comprensión de los grados de importancia a distinguir entre cada criterio, a continuación se otorga la escala de importancia:

Expresión verbal de la preferencia	Valor numérico
Extremadamente más importante	9
	8
Muchísimo más importante	7
	6
Más importante	5
	4
Moderadamente más importante	3
	2
Igual de importante	1

Por ejemplo si hacemos la comparación entre T1 en relación a T2, y a su criterio considera que T1 es muchísimo más importante que T2, Usted marcará la casilla 7 en T1 de color amarillo, por ejemplo:

T1										=	T2																						
0	9	0	8	0	7	0	6	0	5	0	4	0	3	0	2	0	1	0	2	0	3	0	4	0	5	0	6	0	7	0	8	0	9

Si su opinión hubiese sido distinta, es decir T2 es muchísimo más importante que T1, Usted marcará la casilla 7 en T2 color rojo, por ejemplo:

T1										=	T2																						
0	9	0	8	0	7	0	6	0	5	0	4	0	3	0	2	0	1	0	2	0	3	0	4	0	5	0	6	0	7	0	8	0	9

Criterios de selección:

- Criterio calidad
- Criterio costos
- Criterio adopción tecnológica

CALIDAD										=	COSTOS																						
0	9	0	8	0	7	0	6	0	5	0	4	0	3	0	2	0	1	0	2	0	3	0	4	0	5	0	6	0	7	0	8	0	9

CALIDAD										=	ADOPCIÓN TECNOLÓGICA																						
0	9	0	8	0	7	0	6	0	5	0	4	0	3	0	2	0	1	0	2	0	3	0	4	0	5	0	6	0	7	0	8	0	9

COSTOS										=	ADOPCIÓN TECNOLÓGICA																						
0	9	0	8	0	7	0	6	0	5	0	4	0	3	0	2	0	1	0	2	0	3	0	4	0	5	0	6	0	7	0	8	0	9

Alternativas.

Para las alternativas; Usted basado en la anterior valoración; ahora realizará en la misma escala presentada una comparación entre las alternativas, considerando primeramente una matriz pareada en base a los tipos de fermentación para poder elegir la mejor alternativa de cada una y posteriormente comparar las mejores alternativas de cada matriz.

Recuerde que debe dar una valoración en la comparación, considerando su respuesta desde el criterio: calidad, costo o adopción tecnológica; por ejemplo: si al comparar la alternativa “cajas corredizas”, con “cajas marquesina” desde el criterio calidad y cree que con igual de importantes su respuesta en esa casilla debe de ser (1-1); si a su criterio la alternativa “cajas corredizas” es moderadamente importante al de “cajas marquesina”, su respuesta sería (3-1); si fuera lo contrario que “cajas marquesina” es moderadamente importante en relación a “cajas corredizas” su valoración sería (1-3). La misma comparación debe realizarla en cada combinación.

CALIDAD	ALTERNATIVAS	Cajas Corrediza	Cajas Marquesina	Cajas Tendal
	Cajas Corrediza			
	Cajas Marquesina			
	Cajas Tendal			
COSTO	ALTERNATIVAS	Cajas Corrediza	Cajas Marquesina	Cajas Tendal
	Cajas Corrediza			
	Cajas Marquesina			
	Cajas Tendal			
ADOPCIÓN TECNOLÓGICA	ALTERNATIVAS	Cajas Corrediza	Cajas Marquesina	Cajas Tendal
	Cajas Corrediza			
	Cajas Marquesina			
	Cajas Tendal			
CALIDAD	ALTERNATIVAS	Montón Corrediza	Montón Marquesina	Montón Tendal
	Montón Corrediza			
	Montón Marquesina			
	Montón Tendal			
COSTO	ALTERNATIVAS	Montón Corrediza	Montón Marquesina	Montón Tendal
	Montón Corrediza			
	Montón Marquesina			
	Montón Tendal			
ADOPCIÓN TECNOLÓGICA	ALTERNATIVAS	Montón Corrediza	Montón Marquesina	Montón Tendal
	Montón Corrediza			
	Montón Marquesina			
	Montón Tendal			
CALIDAD	ALTERNATIVAS	Sacos Corrediza	Sacos Marquesina	Sacos Tendal
	Sacos Corrediza			
	Sacos Marquesina			
	Sacos Tendal			
COSTO	ALTERNATIVAS	Sacos Corrediza	Sacos Marquesina	Sacos Tendal
	Sacos Corrediza			
	Sacos Marquesina			
	Sacos Tendal			
ADOPCIÓN TECNOLÓGICA	ALTERNATIVAS	Sacos Corrediza	Sacos Marquesina	Sacos Tendal
	Sacos Corrediza			
	Sacos Marquesina			
	Sacos Tendal			

Anexo #4

Cuestionario para matriz 3X3

Nombre:

Institución:

Estimados expertos: En una evaluación preliminar Ustedes brindaron resultados que han permitido finalmente construir una matriz 3x3, con los mejores resultados de las alternativas brindadas. Siguiendo la misma metodología le solicito realizar la evaluación pareada considerando los criterios: calidad, costos y adopción tecnológica. De antemano gracias por su colaboración.

CALIDAD	ALTERNATIVAS	Cajas Tendal	Sacos Tendal	Montón Tendal
	Cajas Tendal			
	Sacos Tendal			
	Montón Tendal			
COSTO	ALTERNATIVAS	Cajas Tendal	Sacos Tendal	MontónTendal
	Sacos Corrediza			
	Sacos Marquesina			
	Sacos Tendal			
ADOPCIÓN TECNOLOG	ALTERNATIVAS	Cajas Tendal	Sacos Tendal	MontónTendal
	Sacos Corrediza			
	Sacos Marquesina			
	Sacos Tendal			

Anexo #5

Cuestionario para la selección de expertos a nivel nacional.

La siguiente matriz tiene la intención de realizar una escala mínima para la selección de expertos nacionales en temas relacionados a la post cosecha del cacao, posteriormente a esta validación se seleccionarán los perfiles más idóneos para los objetivos de la investigación. Este cuestionario no tiene por intención clasificar ni mucho menos valorar la experiencia profesional de las personas que llenen este cuestionario, sino que el mismo se seleccionará como ya se enuncio, en base a los objetivos que se plantean en la investigación.

1.- Cuántos años de experiencia tiene en el sector cacaotero:

Menos de 3: ___ Entre 3 y 5: ___ Entre 5 y 10: ___ Más de 10: ___

2.- Su ámbito de especialidad en el sector cacaotero es (puede elegir hasta dos opciones):

Vivero y reproducción: ___ Manejo del cultivo en general: ___ Poda y rehabilitación: ___

Fertilización y riego: ___ Manejo Post cosecha: ___ Calidad: ___

Industrialización: ___ Laboratorio: ___

3.- En los últimos cinco años, ha realizado alguna publicación técnica referente a temas del cultivo del cacao o de la post cosecha del cacao, en revistas, boletines, libros u otros:

SI: ___ NO: ___ SI LA RESPUESTA FUE SÍ, CUÁNTAS: ___

4.- Considera la estandarización de tecnología post cosecha como una necesidad prioritaria en la cadena de valor del cacao:

SI: ___ NO: ___

5.- Considera que la calidad, es el único criterio elegible para implementar un método post cosecha en el cultivo de cacao.

SI: ___ NO: ___

6.- Estaría dispuesto (a) en colaborar con un proyecto nacional que valore las tecnologías post cosecha utilizadas actualmente por los productores en el país.

SI: ___ NO: ___