

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y
ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE PULPA DE CAFÉ
(*Coffea arabica* L.) DESHIDRATADA**

Autor: Bach. Orlando Güivin Rios

Asesor: Mg. Robert Javier Cruzalegui Fernández

Co-Asesores: M.sc. Armstrong Barnard Fernández Jeri

Ing. Editha Fernández Romero

Registro: 59574

CHACHAPOYAS – PERÚ

2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y
ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE PULPA DE CAFÉ
(*Coffea arabica* L.) DESHIDRATADA**

Autor: Bach. Orlando Güivin Rios

Asesor: Mg. Robert Javier Cruzalegui Fernández

Co-Asesores: M.sc. Armstrong Barnard Fernández Jeri

Ing. Editha Fernández Romero

Registro: 59574

CHACHAPOYAS – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios por haberme dado la vida y la oportunidad de estudiar en esta casa superior de estudios, por haber puesto en mí camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio y que hoy se ve reflejado con la culminación de este trabajo con éxito.

Este triunfo se le dedico en especial a mi padre VICTOR MEJO GUIVIN PINEDO que está en el cielo, que fortaleció mi corazón me dio fuerzas iluminando cada paso que doy para alcanzar mi meta como resultado de este logro, siendo un ejemplo de admiración, perseverancia, coraje de luchador, porque creyó en mí, gracias por haber formado parte de este triunfo en la vida.

A mi madre CONSUELO ADELA RIOS REYNA, el regalo más valioso que me otorgo dios, gracias madre por formar parte de este logro, enseñarme los valores que me fortalecieron cada paso que daba durante mi carrera universitaria y apoyarme incondicionalmente en todo momento para poder cumplir mi sueño.

A mí querido hijo LIAM GAEL GÜIVIN VELA, que fue un pilar muy importante de superación para cumplir mi meta de este logro y es mi inspiración de seguir logrando mis sueños y objetivos.

A mis queridos hermanos por su apoyo incondicional y darme fuerzas de superación en cumplir este logro muy importante en mi vida.

A todos mis familiares y amigos por su apoyo y formar parte en mi formación profesional, de superación a alcanzar nuevos retos con la ayuda de dios ya que él nos brinda sabiduría para conseguir nuestros logros.

Orlando

AGRADECIMIENTOS

Dar gracias a Dios por la fortaleza que me ha dado a través de todo el camino que he recorrido y permitirme realizar una de mis metas anheladas, y de manera especial: A mi madre, por haberme brindado su apoyo incondicional, por sus consejos, valores y motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por todo su amor en este logro de mi meta. A mi padre que está en el cielo, por los ejemplos de perseverancia y valores que me inculcaron, por su ejemplo de lucha y perseverancia para salir adelante cuando estuvo con nosotros en el logro de mi meta que lo dedico a él. A mis hermanos, por el apoyo constante de la cual aprendí cosas importantes de luchar en la vida y a todos aquellos que me ayudaron incondicionalmente en mi carrera profesional.

Al Mg. Robert Javier Cruzalegui Fernández, asesor de la presente tesis, al M.sc. Armstrong Barnard Fernández Jeri, y a la Ing. Editha Fernández Romero co - asesores de la actual tesis por su dedicación, amabilidad y apoyo con todos los conocimientos compartidos durante el desarrollo de la tesis. A mis amigos y compañeros de estudios que formaron de otra manera en la contribución de compartir conocimientos en el desarrollo de mi formación profesional.

Este trabajo fue financiado por el CONCYTEC – FONDECYT, convocatoria E041-2018-01-BM en el marco del CONTRATO N° 158-2018-FONDECYT-BM-IADT-SE del subproyecto “Obtención de antioxidantes naturales a partir de pulpa de café para incrementar la vida útil de trucha arco iris eviscerada refrigerada en la región Amazonas”

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, a los docentes de la Facultad de Ingeniería y ciencias agrarias, de manera especial a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial por su empeño y esfuerzo que me brindaron durante mis estudios de formación universitaria, gracias por ayudarme a construir el amor, cariño y respeto que siento por esta carrera profesional. Asimismo, agradecer de manera especial a las personas que trabajan en el laboratorio de Biología, Tecnología de alimentos, Ingeniería de operaciones agroindustriales, Química, y al laboratorio Fisiobveg por su amabilidad, conocimientos compartidos y haberme guiado en el proceso de aprendizaje en el desarrollo de esta investigación.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

RECTOR

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Dr. ERICK ALDO AUQUIÑIVIN SILVA

DECANO (e) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

VISTO BUENO DEL ASESOR

El docente adscrito a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Mg. Robert Javier Cruzalegui Fernández que suscribe, hace constar que ha asesorado el proyecto y realización de la tesis de tal manera otorga su Visto Bueno:

A la tesis titulada “EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE PULPA DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DESHIDRATADA” realizado por el Bach. Orlando Güivin Rios, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial; que será presentado al jurado evaluador, comprometiéndose a brindar su apoyo para el levantamiento de observaciones y la sustentación de la tesis.

Se expide la presente, a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Chachapoyas, 12 de octubre de 2020



Mg. Robert Javier Cruzalegui Fernández
Docente de la FICA-UNTRM – Amazonas
DNI: 41717033

VISTO BUENO DEL COASESOR

El docente adscrito a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, M.sc. Armstrong Barnard Fernández Jeri que suscribe, hace constar que ha coasesor el proyecto y realización de la tesis de tal manera otorga su Visto Bueno:

A la tesis titulada “EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE PULPA DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DESHIDRATADA” realizado por el Bach. Orlando Güivin Rios, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial; que será presentado al jurado evaluador, comprometiéndose a brindar su apoyo para el levantamiento de observaciones y la sustentación de la tesis.

Se expide la presente, a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Chachapoyas, 12 de octubre de 2020



Ing. Msc. Armstrong Barnard Fernández Jeri
Docente de la FICA-UNTRM – Amazonas
DNI: 09304921

VISTO BUENO DEL COASESOR

La investigadora adscrita a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Ing. Editha Fernández Romero que suscribe, hace constar que ha coasesor el proyecto y realización de la tesis de tal manera otorga su Visto Bueno:

A la tesis titulada “EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE PULPA DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DESHIDRATADA” realizado por el Bach. Orlando Güivin Rios, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial; que será presentado al jurado evaluador, comprometiéndose a brindar su apoyo para el levantamiento de observaciones y la sustentación de la tesis.

Se expide la presente, a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Chachapoyas, 12 de octubre de 2020



Ing. Editha Fernández Romero

FICA-UNTRM – Amazonas

DNI: 47255860

JURADO EVALUADOR



Ing. Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo
PRESIDENTE

Aline Camila Caetano

M. Sc. Aline Camila Caetano
SECRETARIA



Ing. Ms. Guillermo Idrogo Vásquez
VOCAL

ANEXO 3-0**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

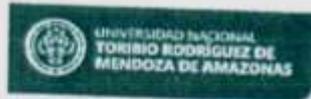
EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y ACTIVIDAD
ANTIOXIDANTE DE PULPA DE CAFÉ (COFFEA ARABICA L.) DESHIDRATADApresentada por el estudiante () egresado (X) ORLANDO GUVEN RIOSde la Escuela Profesional de INGENIERIA AGROINDUSTRIALcon correo electrónico institucional D.31002.A192@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 21 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 17 de Diciembre del 2020Alme Camila Costano
SECRETARIO[Signature]
PRESIDENTE[Signature]
VOCALOBSERVACIONES:
.....
.....

ACTA DE EVALUACIÓN Y SUSTENTACIÓN DE TESIS



Secretaría General
OFICINA DE GRADOS Y TÍTULOS

ANEXO 3-1

DICTAMEN N° _____

EVALUACIÓN DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis para obtener el Título Profesional denominada:
EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE PULPA DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DESHIDRATADA

presentado por el (la) estudiante () / egresado (a) ()

Bach. Orlando Gúlvín Ríos

de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

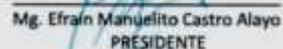
después de revisar y analizar el contenido de la citada Tesis, acordamos:

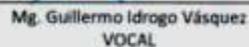
- a) La citada Tesis para obtener el Título Profesional, cumple () los requisitos establecidos en el artículo 82 ° del Reglamento General para el Otorgamiento del Grado Académico de Bachiller, Maestro o Doctor y del Título Profesional en la UNTRM; en consecuencia se debe autorizar su impresión y sustentación.
- b) La citada Tesis para obtener el Título Profesional, no cumple () los requisitos establecidos en el artículo 82 ° del Reglamento General para el Otorgamiento del Grado Académico de Bachiller, Maestro o Doctor y del Título Profesional en la UNTRM, por graves e insalvables deficiencias de forma y/o fondo () o no levantar el (la) recurrente las observaciones () en el plazo establecido en el artículo 91 ° del citado Reglamento.

Chachapoyas, 19 de octubre de 2020.



M.Sc. Aline Camila Caetano
SECRETARIA


Mg. Efraín Manuelito Castro Alayo
PRESIDENTE


Mg. Guillermo Idrogo Vásquez
VOCAL

OBSERVACIONES: _____

ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	vi
VISTO BUENO DEL CO ASESOR.....	vii
VISTO BUENO DEL CO ASESORA.....	viii
JURADO EVALUADOR.....	ix
CONSTANCIA DE CONFORMIDAD DE LA TERSIS	x
ACTA DE EVOLUCIÓN Y SUSTENTACIÓN DE TESIS	xi
ÍNDICE O CONTENIDO GENERAL.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xix
I. INTRODUCCIÓN	20
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	27
2.1. Ubicación	27
2.2. Materia Prima.....	27
2.3. Muestra.....	28
2.4. Diseño de la investigación	28
2.4.1. Descripción del diseño experimental.....	28
2.4.2. Factores de estudio.....	29
2.4.3. Tratamientos	30
2.4.4. Modelo Lineal Aditivo.....	32
2.5. Metodología del procedimiento experimental de operaciones y análisis.....	32
2.5.1. Recolección de la muestra	32
2.5.2. Deshidratación de la pulpa de café	33
2.5.3. Obtención de Extractos	36
2.5.4. Capacidad de extracción	37
2.5.5. Determinación de Fenoles Totales.....	37

2.5.6.	Determinación de Actividad Antioxidante	41
2.6.	Análisis de datos	42
III.	RESULTADOS	43
3.1.	Determinación de la capacidad de extracción (CE)	43
3.2.	Determinación de Fenoles Totales (FT).....	47
3.3.	Determinación de Actividad Antioxidante (AA)	51
3.4.	Análisis de correlación entre la CE, FT y AA	55
IV.	DISCUSIÓN	56
V.	CONCLUSIONES	59
VI.	RECOMENDACIONES.....	61
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	62
	ANEXO	66
□	Anexo 1. Formación de la curva de calibración para la cuantificación de contenidos fenólicos	66
□	Anexo 2. Capacidad de extracción, Fenoles totales y Actividad antioxidante de la provincia de Rodríguez de Mendoza	67
□	Anexo 3. Capacidad de extracción, Fenoles totales y Actividad antioxidante de la provincia de la provincia de Utcubamba	70
□	Anexo 4. Capacidad de extracción, Fenoles totales y Actividad antioxidante de la provincia de la provincia de luya.....	73
□	Anexo 5. Estadísticos descriptivos de las medias y cuadro ANOVA de las variables de estudio	77
□	Anexo 6. Medias marginales estimadas de las variables de estudio según los factores (procedencia de la muestra, tipo de deshidratado y según el tipo de solvente).....	84
□	Anexo 7. Prueba Pos hoc, comparaciones múltiples de Tukey, subconjuntos homogéneos para cada variable dependiente.....	86
□	Anexo 8. Fotos del desarrollo del proyecto de tesis	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de campo durante la visita (provincias) a las fincas de café.....	27
Tabla 2. Fechas de cosecha de los frutos de café (provincias)	28
Tabla 3. Procedencia de las muestras de pulpa de café variedad catimor	29
Tabla 4. Tipo de deshidratado de las muestras de pulpa de café variedad catimor	29
Tabla 5. Tipo de solvente para la extracción de FT y AA de la pulpa de café	29
Tabla 6. Diseño estadístico de los tratamientos para el análisis estadístico.	30
Tabla 7. Datos del diseño estadístico	31
Tabla 8. Codificaciones de los tratamientos experimentales	31
Tabla 9. Preparación de la curva patrón de ácido gálico a partir de una disolución concentrada de 1000 mg/L.....	38
Tabla 10. Diluciones de los extractos antes de evaluar los compuestos fenólicos de la muestra.....	39
Tabla 11. Correlación entre las variables de análisis multivariado.....	55
Tabla 12. Lectura de absorbancia según las concentraciones de ácido gálico.....	66
Tabla 13. Datos generados de la curva de calibración de ácido gálico, para el análisis de Fenoles Totales.	66
Tabla 14. Volumen (ml) del extracto de pulpa de café y capacidad de extracción.	67
Tabla 15. Contenido de fenoles totales expresados en (mg AG/100g Pulpa Deshidratada) medidos a una longitud de onda 760 nm.	68
Tabla 16. Capacidad antioxidante dado en (%), medidos mediante el método DPPH, con una longitud de onda de 517 nm.....	69
Tabla 17. Volumen (ml) de extracto de pulpa de café y capacidad de extracción (%)..	70
Tabla 18. Contenido de fenoles totales expresados en (mg AG/100g Pulpa Deshidratada) medidos a una longitud de onda 760 nm.	71
Tabla 19. Capacidad antioxidante dado en (%), medidos mediante el método DPPH, con longitud de onda de 517 nm.....	72
Tabla 20. Volumen (ml) de extracto de pulpa de café y capacidad de extracción (%)..	73
Tabla 21. Contenido de fenoles totales expresados en (mg AG/100g Pulpa Deshidratada) medidos a una longitud de onda 760 nm.	74

Tabla 22. Capacidad antioxidante dado en (%), medidos mediante el método DPPH, con longitud de onda de 517 nm.....	75
Tabla 23. Cuadro de resumen general de las variables de estudio (capacidad de extracción, fenoles totales y capacidad antioxidante	76
Tabla 24. Estadísticos descriptivos de medias, desviación típica de las variables de estudio en función a los factores.....	77
Tabla 25. Cuadro Anova, pruebas de efectos inter sujetos de las variables de estudio..	82
Tabla 26. Medias marginales estimadas de las variables de estudio según lugar de procedencia de la muestra (LP).....	84
Tabla 27. Medias marginales estimadas de las variables de estudio según el tipo de deshidratado (TD).....	84
Tabla 28. Medias marginales estimadas de las variables de estudio según el tipo de solvente (TS).....	85
Tabla 29. Comparaciones múltiples de tukey según lugar de procedencia de la muestra	86
Tabla 30. Comparaciones múltiples de tukey para los subconjuntos homogéneos de la capacidad de extracción según lugar de procedencia de la muestra	87
Tabla 31. Comparaciones Múltiples de tukey para los subconjuntos homogéneos de fenoles totales según lugar de procedencia de la muestra	87
Tabla 32. Comparaciones Múltiples de tukey para los subconjuntos homogéneos de capacidad antioxidante según lugar de procedencia de la muestra.....	88
Tabla 33. Comparaciones múltiples de tukey de según lugar el tipo de solvente	89
Tabla 34. Comparaciones múltiples de tukey para los subconjuntos homogéneos de la capacidad de extracción según tipo de solvente	91
Tabla 35. Comparaciones Múltiples de tukey para los subconjuntos homogéneos de fenoles totales según el tipo de solvente	92
Tabla 36. Comparaciones Múltiples de tukey para los subconjuntos homogéneos de capacidad antioxidante según el tipo de solvente	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Finca de café en lugar Ocscho.....	31
Figura 2. Frutos de café con madurez.....	32
Figura 3. Dando las condiciones adecuadas a la muestra para su traslado de campo hacia el laboratorio de la UNTRM.	33
Figura 4. Equipo estufa para el secado de la pulpa de café.	34
Figura 5. Equipo de liofilizado para la liofilización de la pulpa de café.	35
Figura 6. Diseño experimental del proyecto de tesis, realizado a nivel laboratorio	37
Figura 7. Porcentaje de la capacidad de extracción para cada tratamiento de la pulpa de café deshidratada durante el proceso de extracción	43
Figura 8. Capacidad de extracción de la pulpa de café deshidratada según procedencia de la muestra	44
Figura 9. Capacidad de extracción de la pulpa de café deshidratada según tipo de deshidratado	45
Figura 10. Capacidad de extracción de la pulpa de café deshidratada según el tipo de solvente	46
Figura 11. Contenido de Fenoles Totales para cada tratamiento de la pulpa de café deshidratada expresados en mg AG/100g PD.....	47
Figura 12. Fenoles Totales de la pulpa de café deshidratada según procedencia de la muestra.....	48
Figura 13. Fenoles Totales de la pulpa de café deshidratada según tipo de deshidratado	49
Figura 14. Fenoles Totales de la pulpa de café deshidratada según el tipo de solvente.....	50
Figura 15. Actividad Antioxidante para cada tratamiento de la pulpa de café deshidratada, expresados en porcentaje de capacidad antioxidante....	51
Figura 16. Porcentaje de capacidad antioxidante de la pulpa de café deshidratada según procedencia de la muestra.....	52
Figura 17. Porcentaje de capacidad antioxidante de la pulpa de café deshidratada según el tipo de deshidratado	53
Figura 18. Porcentaje de capacidad antioxidante de la pulpa de café deshidratada según el tipo solvente	54
Figura 19. Recta de calibrado de patrón ácido gálico (760 nm).....	66
Figura 20. Recolección de la muestra en la finca de café.....	93

Figura 21. Pesado de la pulpa de café.....	93
Figura 22. Deshidratación de la pulpa de café mediante aire caliente (equipo de estufa)	94
Figura 23. Deshidratación de la pulpa de café mediante el proceso de liofilizado.....	944
Figura 24. Pulpa de café deshidratada por aire caliente (equipo de estufa)	95
Figura 25. Pulpa de café liofilizada	95
Figura 26. Proceso de extracción sólido-líquido de la muestra pulpa de café deshidratada	96
Figura 27. Equipo centrifuga contenido de muestras de pulpa de café y solvente	96
Figura 28. Proceso de filtración de los extractos de las muestras de pulpa de café deshidratada	97
Figura 29. Obtención de los extractos de las muestras de pulpa de café deshidratada..	97
Figura 30. Extractos de pulpa de café reaccionando con los reactivos trabajados (método Folin Ciocalteu) para evaluar el contenido de fenoles totales.	98
Figura 31. Extracto de las muestras de pulpa de café deshidratadas reaccionando con el reactivo DPPH, ocurriendo así la captación de los radicales libres de las muestras y está dada en % de capacidad antioxidante.	98
Figura 32. Equipo espectrofotómetro utilizado observar las lecturas de absorbancia de las muestras de extracto de pulpa de café deshidratadas para determinar los compuestos fenólicos y actividad antioxidante.	99
Figura 33. Disolución concentrada de ácido gálico (mg/l) para la curva de fenoles totales.	99
Figura 34. Curva de calibración de ácido gálico para la cuantificación de fenoles totales..	100
Figura 35. Equipo de trabajo del proyecto FONDECYT.	100

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de la pulpa de café, sometido a dos procesos de deshidratación por aire caliente y por liofilización. Las muestras de café fueron de variedad catimor, recolectadas en época de cosecha cafetalera provenientes de tres provincias de Amazonas: Rodríguez de Mendoza, distrito San Nicolás, Sector Onche (1673 m.s.n.m), Utcubamba, distrito Bagua Grande, Sector San Juan (1690 m.s.n.m) Luya, distrito Camporredondo, Sector Ocscho (1719 m.s.n.m). Fueron utilizados cinco solventes orgánicos para su extracción: agua ultra pura, etanol 50%, etanol 95%, metanol 50% y metanol 95%. Se aplicó el diseño completamente al azar (DCA) con 30 tratamientos por triplicados. la capacidad de extracción se midió por fórmula, los fenoles totales fueron medidos utilizando la técnica de Folin Ciocalteu y la técnica DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazilo) fue utilizada para medir la actividad antioxidante. El contenido de compuestos fenólicos de los extractos de pulpa de café liofilizada proveniente de Utcubamba, seguido por Luya y Mendoza, con el solvente etanol 95% presentó los mejores resultados 402.6, 177.8 y 171.8 mg GAE/100g PD respectivamente, en cuanto la actividad antioxidante se obtuvo el valor más alto en los extractos liofilizados provenientes de la provincia de Utcubamba (86.4%), seguido por Luya (84.9%) y Mendoza (83.0%). El extracto de la pulpa de café proveniente de la provincia de Luya obtuvo mayor capacidad de extracción con los extractos de pulpa de café secado por estufa (66.3%), seguido por Utcubamba (65.2%) y finalmente Mendoza (64.5%).

Palabras claves: Pulpa de café, actividad antioxidante, compuestos fenólicos, solvente, tipo de deshidratación.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the content of phenolic compounds and the antioxidant capacity of coffee pulp, subjected to two processes of dehydration by hot air and by lyophilization. The coffee samples were of the catimor variety, collected during the coffee harvest season from three provinces of Amazonas: Rodríguez de Mendoza, San Nicolás district, Onche Sector (1673 m.s.n.m), Utcubamba, Bagua Grande district, San Juan Sector (1690 m.s.n.m) Luya, Camporredondo district, Ocsho Sector (1719 m.s.n.m). Five organic solvents were used for its extraction: ultra pure water, 50% ethanol, 95% ethanol, 50% methanol and 95% methanol. The completely randomized design (DCA) was applied with 30 treatments in triplicates. the extraction capacity was measured by formula, total phenols were measured using the Folin Ciocalteu technique and the DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl hydrazyl) technique was used to measure antioxidant activity. The content of phenolic compounds of the freeze-dried coffee pulp extracts from Utcubamba, followed by Luya and Mendoza, with the ethanol solvent 95% presented the best results 402.6, 177.8 and 171.8 mg GAE / 100g PD respectively, in terms of antioxidant activity the highest value was obtained in the lyophilized extracts from the province of Utcubamba (86.4%), followed by Luya (84.9%) and Mendoza (83.0%). The coffee pulp extract from the province of Luya obtained higher extraction capacity with the extracts of coffee pulp dried by stove (66.3%), followed by Utcubamba (65.2%) and finally Mendoza (64.5%).

Keywords: Coffee pulp, antioxidant activity, phenolic compounds, solvent, type of dehydration.

I. INTRODUCCIÓN

La región Amazonas cuenta con un potencial crecimiento y desarrollo, teniendo como la actividad principal la agropecuaria, que cuenta con muchos cultivos de gran importancia, entre ellos tenemos el cultivo de café (46369 ha instaladas), con una producción de (28341.33 TM), y con un rendimiento del cultivo de café de 15 qq/ha. Es uno de los principales productores de café de calidad, debido que cuenta con características de altitud y manejo agronómico de campo orgánico (Dircetur, 2017).

La cereza del café después del beneficio húmedo, se obtiene la pulpa de café con un 45% de su cereza como sub producto importante de la industria del café, a la vez importante para la industria de los alimentos gracias a su contenido de polifenoles, taninos y cafeína, el contenido de estos compuestos es debido a diversos factores como la genética del cultivo, variedad, estado de maduración y su proceso que se realiza a la muestra (Esquivel & Jiménez M., 2012).

Para el análisis de compuestos fenoles totales y capacidad antioxidante de pulpa de café, utilizaron la metodología propuesta por Slinkard, y Singleton modificada por el autor (Pantelidis, M, G.A., & Gr., 2006). Para fenoles totales los extractos fueron leídos a 765 nm y para el caso de la capacidad antioxidante se utilizó el método propuesto por Brand-Williams et al. medidos a una absorbancia de 517 nm, para estos análisis la pulpa de café fue sometido a una deshidratación de 65°C por una estufa de secado a aire caliente por 24 horas, después que ha sido almacenada a diferentes tiempos (0h, 24h, 48h y 96h), los resultados fueron: compuestos fenoles totales alcanzan su mayor concentración a los 48 horas (8.11 ± 0.80 mg GAE/g peso seco), luego de este tiempo sus valores decrecieron, y su capacidad antioxidante se midió en porcentaje de inhibición del radical DPPH alcanzando su valores constantes de ($93.89 \pm 3.85\%$) durante las 24 horas de almacenamiento, después de este tiempo de almacenamiento la capacidad antioxidante fueron inferiores, por eso es importante el factor de tiempo de almacenamiento de la pulpa de café en el comportamiento de los compuestos fenólicos y actividad antioxidante (Valdez Rodríguez , y otros, 2018).

Pérez et al. (2012) analizaron compuestos fenólicos, melanoidinas y actividad antioxidante de café verde y procesado de las especies *Coffea arabica* (caracol verde y caracolillo) y *Coffea canephora* (robusta verde y robusta soluble), donde concluyeron que el café procesado de ambas especies (caracolillo y robusta soluble) presenta mayor actividad antioxidante respecto al café verde de ambas especies (caracol verde y robusta verde), además en sus resultados en el contenido de compuestos fenólicos del caracol verde y caracolillo fueron de 65.56 mg/g y 63.56 mg/g respectivamente donde se dice que no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre sus resultados de la misma especie (*Coffea arabica*), en cambio en robusta soluble fue mucho mayor (140.78 mg/g) el contenido de compuestos fenólicos respecto al robusta verde (56.73), esto es debido a que a la concentración de los componentes del café soluble ya que es sometido a un proceso deshidratación (evaporación o liofilización).

Los compuestos fenólicos o polifenoles son metabolitos secundarios sintetizados por los vegetales, en su estructura química agrupan a un amplio grupo de moléculas caracterizadas por la presencia de un anillo aromático, unido a uno o más grupos hidroxilos. Dentro de los compuestos polifenoles tenemos al ácido gálico, sináptico, cafeico, firúlico, p-cumárico, flavonoides y glucósidos, que son de mucha importancia para la industria de alimentos debido a sus propiedades organolépticas y farmacéuticas (Morales Gómez, 2011).

La pulpa de café representa el 40% del peso húmedo de la cereza del café considerado el sub producto rico en proteínas, carbohidratos, aminoácidos, sales minerales, taninos, cafeína, polifenoles y alta capacidad antioxidante, lo que le hace importante para el uso a la industria alimentaria, ya que el proceso de fermentación o degradación de la pulpa de café en el campo agrícola genera severa contaminación ambiental (Padmapriya , Tharian, & Thirunalasundari , 2013).

El sub producto más importante del procesamiento húmedo del café es la pulpa de café. Para el análisis de cafeína y ácido clorogénico (importante antioxidante) contenidos en pulpa húmeda y seca, en la extracción de estos componentes, utilizo solvente etanol, agua con una proporción de pulpa/solvente de 1:20 w/v, concluyendo que en la pulpa seca mayor contenido de cafeína se obtuvo con etanol: agua (40:60) y para ácido clorogénico

etanol: agua (60:40); en pulpa húmeda tanto para cafeína y ácido clorogénico se obtuvo mayor contenido con etanol: agua (60:40); 18 mg de cafeína/g con un 87% de pureza y 8 mg/g con un 85% puro respectivamente y a partir de pulpa seca con etanol (60:40) se obtuvieron 21 y 16 mg de polvo/g y con 62 y 71% de pureza respectivamente (Peña Aguilar, y otros, 2017).

El tiempo y la temperatura en la preparación de la muestra de pulpa de café son factores significativos para el análisis de los compuestos fenólicos y actividad antioxidante, la pulpa de café de Colombia variedad castillo, fue sometida aun secado de 60°C a 420 minutos empleando una estufa de circulación forzada y utilizando como solvente agua, dando resultados que la extracción a 90°C y un tiempo de 4,5 minutos genero mayor capacidad antioxidante de 92%, equivalente a 2024.26 $\mu\text{M ET/g}$ esto indica que la relación de la temperatura de atracción, afirma que la capacidad antioxidante es proporcional al aumento de la temperatura. Por otro lado el contenido mayor en los polifenoles fue de 356.78 mg/L, esto indica que la pulpa de café seca es considerada materia prima con alto contenido de polifenoles e importante para el uso de la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética, así aprovecharíamos el residuo o subproducto del café (Serna Jiménez, Torres Valenzuela, Martínez Cortínez, & Hernández Sandoval, 2018).

Por cada dos toneladas de café se genera casi una tonelada de pulpa de café y esto a la vez es una fuente rica en nutrientes esenciales. Se analizó fenoles totales y capacidad antioxidante de la pulpa de café de la especie *Coffea arabica*, para esto la muestra fue sometida a un secado de $40 \pm 5^\circ\text{C}$ a un tiempo de 48 horas mediante un horno hasta alcanzar una humedad de 12%, en su evaluación dando como resultados de compuestos fenoles totales de 4.09 mg de equivalente de ácido gálico (GAE) por gramo de pulpa seca y con una capacidad antioxidante de 132.54 $\mu\text{mol Etrolox g}^{-1}$ (Fierro Cabrales, Contreras Oliva, González Ríos, Rosas Mendoza, & Morales Ramos, 2018).

(Cortes Meza, Aristofeles Ortiz, Stella Ramirez, & Aristizabal, 2015) determinaron compuestos fenólicos y actividad antioxidante en diferentes subproductos de café; (borra industrializada y de la cafetería de la UTP y pulpa de finca tecnificada y no tecnificada), las muestras fueron sometidas aun secado por horno a 60°C hasta obtener una humedad de 5%, para luego ser una dilución de 1:20 w/v en su proceso de extracción, donde

concluyeron que con mayor contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante tuvo la pulpa de café no tecnificada 10.54 ± 1.32 mg EAG/g y 32.56 ± 0.38 $\mu\text{mol trolox/g}$ respectivamente, con respecto a las demás muestras, esto es debido a su proceso de preparación de las muestras y a su contenido de humedad.

Extracto de pulpa de café fermentada contiene mayor capacidad antioxidante respecto al extracto de café no fermentada, pero en cuanto a los polifenoles el extracto de pulpa de café no fermentada es mucho mayor la concentración de compuestos fenólicos respecto al extracto de pulpa de café fermentada, esto es debido a la acción enzimática de *Aspergillus tamari* sobre la pared celular y que a su vez parte de estos ácidos hidroxicinámicos liberados son metabolizados por el mismo hongo (Arellano Gonzáles, 2009).

(Herrera Rincon, 2016) evaluó el contenido de compuestos fenoles totales y actividad antioxidante en el epicarpio del grano del café variedad *Coffea arabica* L., dando como resultado 1.316 mg de ácido gálico en cada 100 gramos de epicarpio de café para la actividad antioxidante y en compuestos fenólicos 0.796 mg de ácido gálico en cada 100 gramos de epicarpio de café. Además en su investigación para la extracción utilizó solventes (hexano, acetato de etilo, etanol), dando como resultado el solvente de mayor rendimiento en los extractos fue el etanol respecto a los demás solventes, en cuanto al mayor actividad antioxidante fue con el solvente acetato de etilo y en la capacidad en el contenido de compuestos fenólicos fue el solvente etanol respecto a los demás solventes, esto es debido a la polaridad del solvente y del comportamiento de la muestra en su proceso.

El secado de la cáscara de café se realizó mediante una estufa de circulación forzada a temperatura de 60°C por 7 horas de secado, por ello se recomienda aumentar el tiempo de secado para disminuir el contenido de humedad y así tener un producto más estable Torres *et al.* (2019).

Andrade *et al.* (2012) evaluaron la composición química y la actividad antioxidante de los granos de café gastados y extractos de cáscaras de café, mediante método de alta presión como fluidos supercríticos (SFE) y métodos de baja presión (LPE), los extractos obtenidos por LPE con etanol mostraron mejores resultados para el rendimiento de

extracción global, en comparación con los resultados de SFE. El mejor rendimiento de extracción fue del $15 \pm 2\%$ para los granos de café gastados con etanol y del $3.1 \pm 0.4\%$ para las cáscaras de café. El potencial antioxidante se evaluó mediante el método DPPH, el método ABTS y el método de Folin Ciocalteu. La mejor actividad antioxidante fue mostrada por extractos de cáscara de café obtenidos por LPE.

Chirinos et al. (2007) señalaron que las condiciones óptimas para la extracción de compuestos fenólicos, antocianinas y la actividad antioxidante ORAC para dos genotipos de mashua, muy similar a lo reportado por Heeger et al. (2016). Quienes estudiaron los bioactivos de la pulpa y cereza de café y su utilización para la producción de bebida cáscara, mediante el método de extracción acuosa identificaron que estos residuos agroindustriales producto del beneficio húmedo del proceso de obtención de café pergamino contiene cantidades considerables de compuestos fenólicos totales entre, 4.9 y 9.2 mg equivalentes de ácido gálico (GAE) / g DM. Además, la capacidad antioxidante estaba entre 51 y 92 mol equivalentes de Trolox (TE)/g DM, según lo medido por el ensayo con el radical ABTS.

Días (2011) determinó el rendimiento de extracto de pulpa fresca de café de tres distintos lugares, concluyendo que el solvente metanol (55.6% en promedio), obtuvo mayor rendimiento de extracción con respecto al solvente etanol (30.3% en promedio), esto es debido que el metanol es de mayor polaridad que el etanol. Además, determinó la actividad de antioxidantes en los extractos de la pulpa de café mediante cuatro métodos DPPH, ABTS, FRAP y Fenoles Totales, obteniendo resultados que el extracto metanol/acetona en los cuatro métodos tuvo mayor actividad de antioxidantes. También concluye que el tipo de solvente si influye en el rendimiento de extracción, así como en los valores de actividad antioxidante. Los extractos etanólicos presentaron los valores más bajos en comparación al metanol (2 veces mayor) y a la mezcla de solventes (10 veces mayor).

Duangjai et al. (2016) estudiaron las bioactividades y las composiciones de nutrientes de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.). Los resultados mostraron composiciones de nutrientes ligeramente diferentes. El contenido fenólico total fue mayor en extractos de pulpa de café (CPE), y disminuyó en el siguiente orden: CPE1 > CPE2 > CPE3.

Magoni et al. (2018) desarrollaron un protocolo de extracción ecológico de fitocomplejos a partir de pulpa de café, los ensayos de actividad antioxidante (ensayos de Folin-Ciocalteu y DPPH), obtuvieron resultados que el uso de equipos técnicos blandos y solventes sostenibles (proceso de maceración, extracción acuosa) puede extraer fitocomplejos con propiedades antioxidantes.

Marina (2014) determinó la actividad antioxidante de los extractos de antocianinas a partir de arándanos por las dos metodologías de extracción: “Extracción sólido-líquido de antocianinas” (ESLA) y la otra consistió en un proceso fermentativo, que se denominó “Extracción de antocianinas por fermentación” (EAF), por dos métodos: Método ABTS y Método DPPH. La capacidad antioxidante (mg EAA/100 mL) fue superior en el EAF (p-valor < 0.05) este resultado fue porque la concentración de fenoles totales en éste fue superior respecto del ESLA.

Tobón (2015) determinó el contenido de fenoles totales en pulpa de café (*Coffea arabica* L.), con una extracción asistida por ultra sonido utilizando el método de Folin-Ciocalteu, para la extracción de compuestos fenólicos de la pulpa de café utilizó tres solventes (agua destilada, etanol 96.6% y metanol 99.9%), el tamaño de partícula de la muestra ($D_p=0,5$ mm) y con una relación de (1:10 w/v materia seca/solvente). Los resultados nos muestran de la siguiente manera para agua (4781.42 mg AGE/100 g muestra seca), para etanol (4456.967 mg AGE/100 g muestra seca) y para metanol (6967.213 mg AGE/100 g muestra seca), siendo este último con mayor contenido de fenoles totales, donde concluyo que el solvente metanol tiene mayor extracción de fenoles totales al respecto de los dos solventes, esto fue debido a su polaridad y afinidad por estos componentes. Además, analizó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos de agua y etanol empleados en la extracción de compuestos fenólicos, la actividad antioxidante lo realizó por métodos generales como ORAC y por TEAC ABTS, y los valores encontrados fueron 6426 mg TE/g y 11010.55 mg TE/g respectivamente.

Vega et al. (2017) realizó un estudio para determinar el contenido de polifenoles totales, flavonoides y la actividad antioxidante de 34 cafés comerciales de Panamá, los resultados se determinó por espectrofotometría donde el contenido de polifenoles totales de las muestras de cafés puros y mezclados estuvo en el rango de 28.60 a 46.82 y 11.17 a 16.10 mg GAE/g, respectivamente. El contenido de flavonoides fue de 22.16 a 38.29 y 9.36 a 14.92 mg equivalentes de catequina/g, respectivamente y la actividad antioxidante estuvo

en el rango de 0.11 a 0.20 y 0.025 a 0.061 mmol trolox (TE)/g, respectivamente. Se encontró una correlación de $R^2 = 0.69$ entre actividad antioxidante y polifenoles totales para café puro y un $R^2 = 0.04$ para café mezclados. Los resultados concluyen que los polifenoles totales son componentes que aportan un porcentaje importante de la capacidad antioxidante del café.

Martínez et al. (2016) emplearon soluciones hidroalcohólicas, factores como temperatura y tiempo en las extracciones solidas-liquidas con una relación de 1/20 (p/v 2g de muestra seca con 40 ml de solvente, para analizar la actividad antioxidante. Los resultados mostraron que al aumentar la temperatura y disminuir la concentración de etanol se obtuvieron mayor actividad antioxidante con las condiciones de 75°C, 30% etanol y un tiempo de 40 minutos mostro la actividad más alta (15.702 mg de ácido ascórbico /g de residuo seco en la muestra de pulpa de café.

Coklar (2017) en su investigación determinó que el mejor solvente de extracción para fenólicos totales, contenido total de antocianinas monoméricas y capacidad antioxidante de las bayas de mahonia fueron metanol puro, etanol puro y metanol: agua (80:20 v / v) mezcla, respectivamente; además vieron que la actividad antioxidante de las bayas de mahonia fue casi el doble que la de fenólicos.

Viteri (2009) realizó una investigación sobre la estabilidad de la pulpa de mora sometida a un proceso de liofilización, como resultado experimental la temperatura ideal del proceso de liofilización fue de 110°C, con presión de 1.15 ± 0.5 Hg, que obtuvieron un producto de buenas características sensoriales, humedad final del producto fue de $2.5\% \pm 0.2$ y el tiempo total que duro la liofilización fue de 6 horas.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de pulpa de café (*Coffea arabica* L.) deshidratada de variedad catimor, además que tipo de solvente orgánico tiene mayor capacidad de extracción en estos compuestos mencionados, para esto se trabajó con muestras de pulpa de café de tres provincias (Rodríguez de Mendoza, Utcubamba y Luya) de la región de amazonas, Perú.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Ubicación

Los frutos de café de la variedad catimor (*Coffea arabica* L.) fueron extraídos de tres provincias: Rodríguez de Mendoza, Utcubamba y Luya de la región Amazonas. Los lugares de las provincias fueron Rodríguez de Mendoza, Nuñajalca y Campo Redondo; fueron seleccionados debido a la calidad de producción de café y a la alta cantidad de superficie sembrada, los granos de café fueron cosechados en estado de madurez comercial (cáscara color rojo), mediante una cosecha técnica-seleccionada de los granos, para luego ser extruido la pulpa, obteniendo muestras de calidad, los frutos de café provenían de cosechas recientes.

2.2. Materia Prima

Los frutos de café fueron proporcionados por los propietarios de las fincas de las provincias de Rodríguez de Mendoza, Utcubamba y Luya que se encuentran en la región Amazonas-Perú.

Durante en campo de cada provincia en las fincas de recolección previamente se registraron los valores con el equipo GPS, a continuación, mostraremos en la tabla 1 sobre la información detallada de la recolección de los frutos de café según sus respectivas provincias-lugares.

Tabla 1. Datos de campo durante la visita (provincias) a las fincas de café

Provincia	Lugar-Finca	Nombre-Finca	Propietario-Finca	Altitud (msnm)
Rodríguez de Mendoza	Sector Onche	Potrero	Pedro Torres Grandez	1673
Utcubamba	Sector San Juan	El Gramalote	María Nonila Fernández Mondragón	1690
Luya	Sector Ocsho	La Lucma	Napoleón Vásquez Tafur	1719

2.3. Muestra

La muestra que se trabajó para la investigación es la pulpa de café de variedad catimor en estado fresco, para cada residuo de pulpa de café fue trabajado por tres fincas que corresponden a las tres provincias de la región Amazonas, fueron recolectados 6 kg. de fruto fresco de café por cada finca-provincia, cosechados en fechas diferentes.

Además, la pulpa fresca de café es un desecho muy importante para la industria de los alimentos, por el beneficio húmedo que presenta la pulpa de café. A continuación, detallamos los momentos de cosecha de los frutos de café de las diferentes fincas-provincias.

Tabla 2. Fechas de cosecha de los frutos de café (provincias)

Provincia	Lugar-Finca	Fecha de Cosecha
Rodríguez de Mendoza	Sector Onche	11 de Julio del 2019
Ucubamba	Sector San Juan	23 de Julio del 2019
Luya	Sector Ocscho	30 de Julio del 2019

Los frutos de café cosechados fueron colocados cubierto con gel congelado para mantener la temperatura de frío y fueron trasladados en un recipiente culer cerrado herméticamente, para su conservación y transportado en movilidad móvil (camioneta) desde el lugar de la finca hasta el laboratorio de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM).

2.4. Diseño de la investigación

2.4.1. Descripción del diseño experimental

En el presente trabajo de investigación por sus características experimentales, se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con un diseño factorial 3k y bajo un arreglo factorial (3P x 2D x 5S), con 10 tratamientos por cada provincia es decir con un total de 30 tratamientos, 3 repeticiones haciendo un total de 90 unidades experimentales, donde consta de 3 factores: el factor **P**: Procedencia de la muestra de pulpa de café (Provincia de Rodríguez de Mendoza, Provincia de Ucubamba y Provincia de Luya), el factor **D**: tipo de deshidratación (aire caliente

y liofilizado), el factor **S**: tipo de solvente (agua ultra pura, etanol 50%, etanol 95%, metanol 50% y metanol 95%).

Para las comparaciones de medidas de los tratamientos se empleó la prueba de Tukey al 95 % de confianza y se utilizó el diseño factorial de 3k ya que la investigación consta de tres factores y se evaluó en función de ellos los compuestos fenólicos, capacidad de extracción y actividad antioxidante para poder determinar el mejor tratamiento.

2.4.2. Factores de estudio

Tabla 3. Procedencia de las muestras de pulpa de café variedad catimor

Código	Procedencia de las muestras de la pulpa de café
P₁	Provincia de Luya
P₂	Provincia de Utcubamba
P₃	Provincia de Rodríguez de Mendoza

Tabla 4. Tipo de deshidratado de las muestras de pulpa de café variedad catimor

Código	Tipo de Deshidratado
D₁	Aire Caliente
D₂	Liofilizado

Tabla 5. Tipo de solvente para la extracción de FT y AA de la pulpa de café

Código	Tipo de Solvente
S₁	Agua Ultra Pura
S₂	Etanol 50 %
S₃	Etanol 95 %
S₄	Metanol 50%
S₅	Metanol 95%

2.4.3. Tratamientos

En la tabla 6 se muestra la distribución de los tratamientos de acuerdo con el diseño que se utilizó para el análisis estadístico.

Tabla 6. Diseño estadístico de los tratamientos para el análisis estadístico.

Muestra	Procedencia de la muestra (p)	Tipo de deshidratación (d)	Tipo de solvente (s)	Tratamientos
Pulpa de Café	Provincia Rodríguez de Mendoza	Aire Caliente	Agua UP	P ₁ D ₁ S ₁
			Etanol 50%	P ₁ D ₁ S ₂
			Etanol 95%	P ₁ D ₁ S ₃
			Metanol 50%	P ₁ D ₁ S ₄
			Metanol 95%	P ₁ D ₁ S ₅
		Liofilizado	Agua UP	P ₁ D ₂ S ₁
			Etanol 50%	P ₁ D ₂ S ₂
			Etanol 95%	P ₁ D ₂ S ₃
			Metanol 50%	P ₁ D ₂ S ₄
			Metanol 95%	P ₁ D ₂ S ₅
	Provincia Utcubamba	Aire Caliente	Agua UP	P ₂ D ₁ S ₁
			Etanol 50%	P ₂ D ₁ S ₂
			Etanol 95%	P ₂ D ₁ S ₃
			Metanol 50%	P ₂ D ₁ S ₄
			Metanol 95%	P ₂ D ₁ S ₅
		Liofilizado	Agua UP	P ₂ D ₂ S ₁
			Etanol 50%	P ₂ D ₂ S ₂
			Etanol 95%	P ₂ D ₂ S ₃
			Metanol 50%	P ₂ D ₂ S ₄
			Metanol 95%	P ₂ D ₂ S ₅
Provincia de Luya	Aire Caliente	Agua UP	P ₃ D ₁ S ₁	
		Etanol 50%	P ₃ D ₁ S ₂	
		Etanol 95%	P ₃ D ₁ S ₃	
		Metanol 50%	P ₃ D ₁ S ₄	
		Metanol 95%	P ₃ D ₁ S ₅	
	Liofilizado	Agua UP	P ₃ D ₂ S ₁	
		Etanol 50%	P ₃ D ₂ S ₂	
		Etanol 95%	P ₃ D ₂ S ₃	
		Metanol 50%	P ₃ D ₂ S ₄	
		Metanol 95%	P ₃ D ₂ S ₅	

Tabla 7. Datos del diseño estadístico

Tratamientos	30
Repeticiones	3
Unidades Experimentales	90

Tabla 8. Codificaciones de los tratamientos experimentales

Tratamiento	Código	Descripción
T1	P ₁ D ₁ S ₁	Pulpa de café de Mendoza seca extraída con agua ultra pura
T2	P ₁ D ₁ S ₂	Pulpa de café de Mendoza seca extraída con etanol 50%
T3	P ₁ D ₁ S ₃	Pulpa de café de Mendoza seca extraída con etanol 95%
T3	P ₁ D ₁ S ₄	Pulpa de café de Mendoza seca extraída con metanol 50%
T5	P ₁ D ₁ S ₅	Pulpa de café de Mendoza seca extraída con metanol 95%
T6	P ₁ D ₂ S ₁	Pulpa de café de Mendoza liofilizada extraída con agua ultra pura
T7	P ₁ D ₂ S ₂	Pulpa de café de Mendoza liofilizada extraída con etanol 50%
T8	P ₁ D ₂ S ₃	Pulpa de café de Mendoza liofilizada extraída con etanol 95%
T9	P ₁ D ₂ S ₄	Pulpa de café de Mendoza liofilizada extraída con metanol 50%
T10	P ₁ D ₂ S ₅	Pulpa de café de Mendoza liofilizada extraída con metanol 95%
T11	P ₂ D ₁ S ₁	Pulpa de café de Utcubamba seca extraída con agua ultra pura
T12	P ₂ D ₁ S ₂	Pulpa de café de Utcubamba seca extraída con etanol 50%
T13	P ₂ D ₁ S ₃	Pulpa de café de Utcubamba seca extraída con etanol 95%
T14	P ₂ D ₁ S ₄	Pulpa de café de Utcubamba seca extraída con metanol 50%
T15	P ₂ D ₁ S ₅	Pulpa de café de Utcubamba seca extraída con metanol 95%
T16	P ₂ D ₂ S ₁	Pulpa de café de Utcubamba liofilizada extraída con agua ultra pura
T17	P ₂ D ₂ S ₂	Pulpa de café de Utcubamba liofilizada extraída con etanol 50%
T18	P ₂ D ₂ S ₃	Pulpa de café de Utcubamba liofilizada extraída con etanol 95%
T19	P ₂ D ₂ S ₄	Pulpa de café de Utcubamba liofilizada extraída con metanol 50%
T20	P ₂ D ₂ S ₅	Pulpa de café de Utcubamba liofilizada extraída con metanol 95%
T21	P ₃ D ₁ S ₁	Pulpa de café de Luya seca extraída con agua ultra pura
T22	P ₃ D ₁ S ₂	Pulpa de café de Luya seca extraída con etanol 50%
T23	P ₃ D ₁ S ₃	Pulpa de café de Luya seca extraída con etanol 95%
T24	P ₃ D ₁ S ₄	Pulpa de café de Luya seca extraída con metanol 50%
T25	P ₃ D ₁ S ₅	Pulpa de café de Luya seca extraída con metanol 95%
T26	P ₃ D ₂ S ₁	Pulpa de café de Luya liofilizada extraída con agua ultra pura
T27	P ₃ D ₂ S ₂	Pulpa de café de Luya liofilizada extraída con etanol 50%
T28	P ₃ D ₂ S ₃	Pulpa de café de Luya liofilizada extraída con etanol 95%
T29	P ₃ D ₂ S ₄	Pulpa de café de Luya liofilizada extraída con metanol 50%
T30	P ₃ D ₂ S ₅	Pulpa de café de Luya liofilizada extraída con metanol 95%

2.4.4. Modelo Lineal Aditivo

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

$i = 1, 2, 3$ (Niveles de factor procedencia)

$j = 1, 2, 3$ (Niveles de factor deshidratación)

$k = 1, 2, 3$ (Niveles de factor solvente)

Dónde:

Y_{ijk} = Variables de respuesta.

μ = Constante media poblacional a la cual pertenece las observaciones.

α_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor de lugar de procedencia de la muestra.

β_j = Efecto del j -ésimo nivel de factor del tipo de deshidratación.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo nivel de factor de procedencia de la muestra con el j -ésimo nivel de factor del tipo de deshidratación.

γ_k = Efecto del k -ésimo nivel de factor del tipo de solvente

ϵ_{ijk} = Efecto del error experimental

2.5. Metodología del procedimiento experimental de operaciones y análisis

2.5.1. Recolección de la muestra

Se cosecharon frutos de café 6 kg/provincia en las fincas de cada propietario, en estado de madurez comercial, descartando frutos sobre maduros y verdes como se muestra en la figura 2.



Figura 1. Finca de café en lugar Ocsho



Figura 2. Frutos de café con madurez comercial variedad catimor

Enseguida fueron colocados los granos de café en recipientes de culer cerrado herméticamente (con capacidad de 8-11 litros), contenido de Gel Pack, Paño absorbente y bolsa Polietileno, como se muestra en la figura 3, de tal manera así dando las condiciones adecuadas de conservación a los frutos de café para su traslado del campo (finca) al laboratorio de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM).



Figura 3. Dando las condiciones adecuadas a la muestra para su traslado de campo hacia el laboratorio de la UNTRM.

2.5.2. Deshidratación de la pulpa de café

Los frutos de café recolectados ya en el laboratorio de la (UNTRM), se procedieron a la extrusión, con la ayuda de un molino semi abierto, proceso que consiste en separar la pulpa de la almendra del fruto de café.

El rendimiento de la pulpa de café con respecto al grano fue de la siguiente: para la provincia de Rodríguez de Mendoza (39.6% y con un porcentaje de humedad de 82.75%), provincia de Utcubamba (39.3% y con un porcentaje de humedad de 81.9%) y para la provincia de Luya (40.3% y con un porcentaje de humedad de 83.55%).

Se realizó el proceso de desmucilagación, en donde el mucílago adherido a la pulpa se retiró mediante un lavado con agua potable.

Enseguida se procedió a un oreo a la pulpa de café durante una hora a temperatura ambiente con el objetivo de eliminar el exceso de agua sobrante del lavado, una vez realizado este paso se procedió a la deshidratación de la pulpa de café por dos métodos que se mencionaran a continuación:

- Aire caliente:

Se realizó el secado de la muestra pulpa de café en una estufa sobre papel aluminio del laboratorio de biología de la UNRTM, por un periodo de 48 horas a 50°C, llegando así a una humedad de 8-10%, como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Equipo estufa para el secado de la pulpa de café.

Luego pasado este tiempo de secado de la pulpa de café se procedió a triturar en un molino y tamizado hasta obtener un tamaño no mayor a 2 mm.

El contenido de humedad de la pulpa de café se determinó por gravimetría y conjuntamente con la balanza de humedad, los resultados se expresan en porcentajes según la siguiente ecuación:

A: Peso de la muestra húmeda (g)

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{A - B}{A} * 100$$

B: Peso de la muestra seca (g)

Luego se almacenó la pulpa de café molida y tamizada en forma de harina (pulpa) en bolsas de polietileno hasta su proceso de extracción.

- Liofilizado:

Las muestras fueron liofilizadas por un equipo liofilizador que se encuentra en el laboratorio de fisiología y biotecnología vegetal de la UNTRM, trabajo bajo condiciones de: temperatura del collector -85.8°C , temperatura inicial del congelador -2.58°C , trabajo con una cámara con vacío a presión de 0.102 mbar , antes de colocar las muestras a liofilizar en el equipo, las muestras fueron congeladas $150^{\circ}\text{C} - -180^{\circ}\text{C}$, utilizando líquido de nitrógeno de $T^{\circ} -196^{\circ}\text{C}$.

El proceso de liofilización se realizó a 110°C durante 48 horas de tiempo para obtener una muestra de humedad final 8 - 10%, como muestra la figura 5.



Figura 5. Equipo de liofilizado para la liofilización de la pulpa de café.

Posteriormente, fueron triturados en un molino de laboratorio y tamizados hasta obtener un tamaño no mayor a 2 mm.

Luego se almacenaron las muestras molidas y tamizadas en forma de harina (pulpa) en bolsas de polietileno hasta su proceso de extracción.

Finalmente obtenemos la pulpa liofilizada y pulpa seca de café variedad catimor con procedencias de las tres provincias.

2.5.3. Obtención de Extractos

Para la obtención de los extractos se realizó una extracción sólido-líquido a la pulpa de café, utilizando solventes orgánicos de extracción: Agua ultra pura, Etanol 50%, Etanol 95%, metanol 50% y metanol 95%, con una relación de 1:20 w/v (g de muestra/ml de solvente), donde se procedió a pesar 0.5 gramos de muestra para mezclar con 10 ml de cada solvente correspondiente, esto se realizó en dos proporciones las mezclas, con la ayuda del equipo vortex orbital a 200 rpm en la oscuridad durante 3 minutos de cada momento a temperatura ambiente aproximadamente 20 °C.

Luego las mezclas se centrifugaron a 5000 rpm durante 10 min y se recogieron los sobrenadantes mediante una filtración con papel filtro lento. Los residuos de pulpa de café se volvieron a extraer adicionándole solvente 5 ml, se agito por vortex 5 min y luego llevándole así a centrifugar (centrifugación 2), se recogieron los sobrenadantes mediante una filtración con papel filtro lento y finalmente al sobrenadante puro de ambas centrifugaciones se realiza la tercera centrifugación quedando así el extracto listo para su análisis. En las repeticiones adicionales se trabaja bajo las mismas condiciones.

Los sobrenadantes de cada extracción se almacenaron a -20 °C para su análisis en compuestos fenólicos totales (TP) y actividad antioxidante (AA) para cada sobrenadante.

Todos los ensayos correspondientes se realizaron por triplicado, es decir se obtuvieron tres extractos por tratamiento. A continuación, se muestra el diseño experimental ver figura 6:

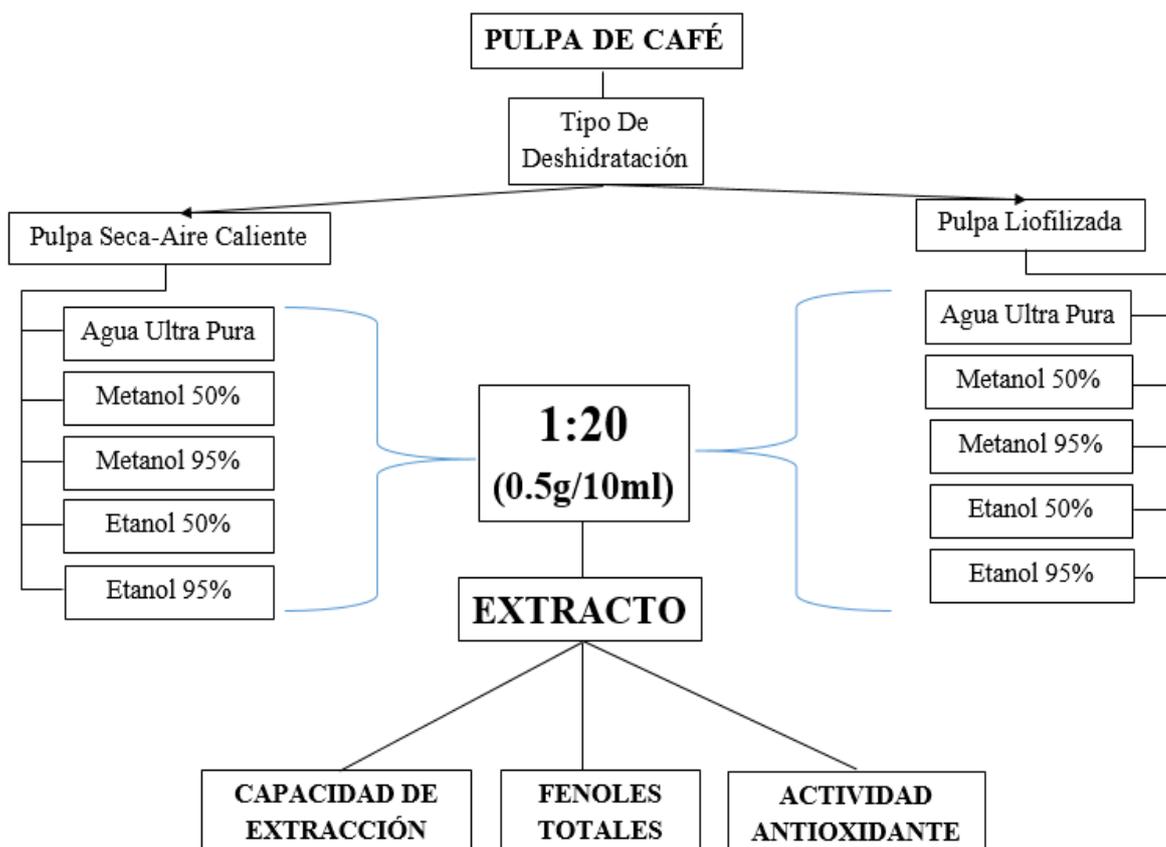


Figura 6. Diseño experimental del proyecto de tesis, realizado a nivel laboratorio

2.5.4. Capacidad de extracción

Para calcular la capacidad de extracción de la pulpa de café se tuvieron en cuenta los volúmenes iniciales y final del proceso de los extractos.

Para determinar la capacidad de los extractos se utilizó la siguiente fórmula y está dado en porcentajes (%).

$$\text{Capacidad de Extracción (\%)} = \left(\frac{\text{ml de Extracto}}{\text{ml de Solvente}} \right) * 100 \%$$

2.5.5. Determinación de Fenoles Totales

Para la determinación de Fenoles Totales se aplicó el método Folin-Ciocalteu propuesto por Singleton y Rossi, en un trabajo de investigación de (Pantelidis, M, G.A., & Gr., 2006), con algunas modificaciones, para la cuantificación de Fenoles Totales de la muestra se hizo a partir de una recta de patrón de ácido gálico según se detallaran a continuación.

A. Formulación de la curva patrón de ácido gálico

Para crear la curva patrón de ácido gálico, nos apoyamos a la metodología de (García Martínez, Fernández Segovia , & Fuentes López, 2015) con algunas modificaciones, se partió primero en realizar una disolución de ácido gálico de 1000 mg/L (disolución concentrada o madre), a partir de esta disolución se preparó 10 mL de disoluciones diluidas de concentraciones crecientes de ácido gálico entre 0 y 64 ppm, según se detalla en la tabla 9.

Tabla 9. Preparación de la curva patrón de ácido gálico a partir de una disolución concentrada de 1000 mg/L.

Reactivos	Concentración (mg/L) de la curva patrón de ácido gálico								
	0	8	16	24	32	40	48	56	64
Ácido gálico (mL)	0	0.8	1.6	2.4	3.2	4	4.8	5.6	6.4
Agua ultra pura (mL)	10	9.2	8.4	7.6	6.8	6	5.2	4.4	3.6

Se procedió de la siguiente manera a preparar los estándares de patrón:

Se preparó nueve tubos de ensayo enumerados y rotulados, luego se añadió a cada tubo la cantidad correspondiente de ácido gálico según tabla 9.

Enseguida se agregó a cada tubo la cantidad correspondiente de agua ultra pura según tabla 9.

A la mezcla de la solución de los nueve tubos de ensayo se agito en vortex por 10-15s, de tal manera quedando preparado los estándares de patrón de ácido gálico, posteriormente se procedió a realizar las concentraciones diluidas en forma ascendente, de la siguiente manera:

Se tomó 50 uL de cada disolución estándar de patrón de ácido gálico y se llevó a los tubos de ensayo ya rotulados para preparar las concentraciones.

Se añadió a esta disolución 450 uL de agua ultra pura, 2500 uL de reactivo de Folin Ciocalteu diluido (1:10) y 2000 uL de solución saturada de carbonato de sodio al 7.5% (w/v).

Los reactivos se mezclaron completamente a través de un agitador eléctrico (vortex) por 10-15s.

La mezcla fue incubada en una estufa a 50°C evitando la luz por un periodo de 5 minutos.

Finalmente, se determinó las concentraciones del patrón de ácido gálico con una absorbancia de 76 nm usando un Espectrómetro UV / Visible (SECOMAM, Uvline-9400), del laboratorio de biología de la UNTRM.

De tal manera se concluyó la formulación de la curva patrón de ácido gálico, con una correlación del valor de $R^2 = 0.0973$, que es aceptable para el análisis de las muestras. A partir de los valores de absorbancia obtenidos de cada concentración de ácido gálico, se construyó la recta de patrón ácido gálico que mostraremos en anexo, cada ensayo se realizó por triplicado.

B. Cuantificación de los Fenoles Totales

Para la cuantificación compuestos fenólicos se utilizó la recta de calibración de ácido gálico, para ello se procedió de la siguiente manera aplicando el método espectrofotométrico de Folin Ciocalteu, propuesto por Singleton y Rossi (2006) con algunas modificaciones.

Primeramente, se realizó una dilución (factor de dilución), a los extractos de pulpa de café deshidratada de la siguiente manera:

Tabla 10. Diluciones de los extractos antes de evaluar los compuestos fenólicos de la muestra.

Lugar de Procedencia	Pulpa deshidratada	Relación (e/s)	Extracto/Solvente
Rodríguez de Mendoza	Estufa	1:3	100 uL de extracto + 200 uL de solvente
	Liofilizada	1:3	100 uL de extracto + 200 uL de solvente
Utcubamba	Estufa	1:3	100 uL de extracto + 200 uL de solvente
	Liofilizada	1:4	100 uL de extracto + 300 uL de solvente
Luya	Estufa	1:3	100 uL de extracto + 200 uL de solvente
	Liofilizada	1:4	100 uL de extracto + 300 uL de solvente

Luego se tomó 50 uL de cada dilución de extractos de pulpa de café deshidratada y se llevó a los tubos de ensayo ya rotulados para preparar las mezclas.

Enseguida a cada tubo de ensayo con extracto de pulpa de café diluida se añadió 450 uL de agua ultra pura, 2500 uL de reactivo de Folin-Ciocalteu diluido (1:10) y 2000 uL de solución saturada de carbonato de sodio al 7.5% (w/v).

Los reactivos y el extracto se mezclaron completamente a través de un agitador eléctrico (vortex) por 10-15s.

La mezcla fue incubada en una estufa a 50 ° C evitando la luz por un periodo de 5 minutos.

Después concurrido el tiempo y de observar la reacción se procedió a la lectura con una longitud de onda 760 nm usando un Espectrofotómetro UV / Visible (SECOMAM, Uvline-9400), del laboratorio de biología de la UNTRM.

Finalmente cuantificamos los fenoles totales en los extractos de las muestras de pulpa de café deshidratada con la ayuda de los datos de la recta patrón de ácido gálico.

Para ello se sustituyó el valor de la absorbancia obtenida para los extractos de las muestras de pulpa de café deshidratada en la ecuación de la recta de calibrado (valor de la ordenada, “y”) y se despeja “x” que corresponde a la concentración de ácido gálico los extractos.

Además, para poder expresar los resultados en mg de ácido gálico por 100 gramos de pulpa de café deshidratada, hemos de tenido en cuenta la cantidad de solvente empleado en la extracción y la cantidad de muestra que hemos tomado para realizar el análisis. Aplicando así de la siguiente manera:

$$\left[\frac{\text{mg ácido gálico}}{100\text{g de pulpa deshidratada}} \right] = [[\quad] \text{ de AG del extracto }] * \left[\frac{\text{Solvente de extracción}}{\text{g muestra deshidratada}} \right] * 100$$

Cada ensayo se realizó las tres repeticiones de los extractos y los resultados demostrativos se detallan en anexo.

2.5.6. Determinación de Actividad Antioxidante

- **Método DPPH**

Se realizó por el método DPPH desarrollado por Brand-Williams desarrollado el método en su investigación por (Castañeda, Ramos , & Dra. Ibáñez, 2008), que consiste en que este radical tiene un electrón desapareado y es de color azul-violeta, decolorándose hacia amarillo pálido por reacción con una sustancia antioxidante, la diferencia de absorbancias, permite obtener el porcentaje de captación de radicales libres.

Procedimiento del método DPPH:

Se preparó 100 ml de una solución de DPPH (2,2-difenil-1-picril hidrazilo) en metanol de 50 mg/L.

Luego se preparó una solución metanólica de los extractos en una concentración de 300 ug/ml (600 uL de muestra/2 ml de metanol) (Solución A).

Se empleó un blanco con metanol agua 2:1 para ajustar el espectrofotómetro a cero.

El blanco de muestra se preparó con 0.75 ml de muestra (solución A) y 1.5 ml de metanol.

Se preparó el patrón de referencia con 1.5 ml de DPPH y 0.75 ml de agua ultra pura.

Enseguida se preparó la muestra con 0.75 ml de la solución A y 1.5 ml de DPPH, obteniéndose una concentración final de 100 ug/ml, dejándose x 5 minutos en un ambiente oscuro.

Luego se procedió a la lectura con una longitud de onda de 517 nm en un espectrofotómetro UV / Visible (SECOMAM, Uvline-9400), del laboratorio de biología de la UNTRM.

Para medir la absorbancia del patrón de referencia, esta observación se procedió por triplicado.

Posteriormente, con los valores de las absorbancias obtenidas se calculó en % de captación de radicales libres (DPPH) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad Antioxidante (\%)} = \left[1 - \frac{A2-A3}{A1} \right] * 100$$

Donde:

A1: Absorbancia del patrón de referencia

A2: Absorbancia de la muestra

A3: Absorbancia del blanco de muestra

2.6. Análisis de datos

Se realizó la prueba estadística del ANOVA, con comparaciones múltiples (Post hoc) y para determinar la diferencia estadística entre las medias de los factores e interpretación se empleó la prueba Tukey al nivel de $p < 0,05$ de significancia. Los resultados fueron expresados en medias \pm desviación estándar. Además, se realizó una correlación entre los factores de estudio por medio del coeficiente de correlación de Pearson. Todos los ensayos fueron realizados por triplicado y analizados por el software SPSS v. 15.

III. RESULTADOS

3.1. Determinación de la capacidad de extracción (CE)

Se realizó la evaluación de la capacidad de extracción en el ambiente del laboratorio de biología de la UNTRM – Amazonas.

En la figura 7 muestra la capacidad de extracción para cada tratamiento expresados en porcentaje de capacidad de extracción; observamos que la CE fue mayor en los tratamientos T3, T10, T15 y T23 de las tres provincias, con respecto a los demás tratamientos debido a sus dos factores de estudio y además al contenido de humedad de la muestra y al tipo de deshidratado sometido en su proceso.

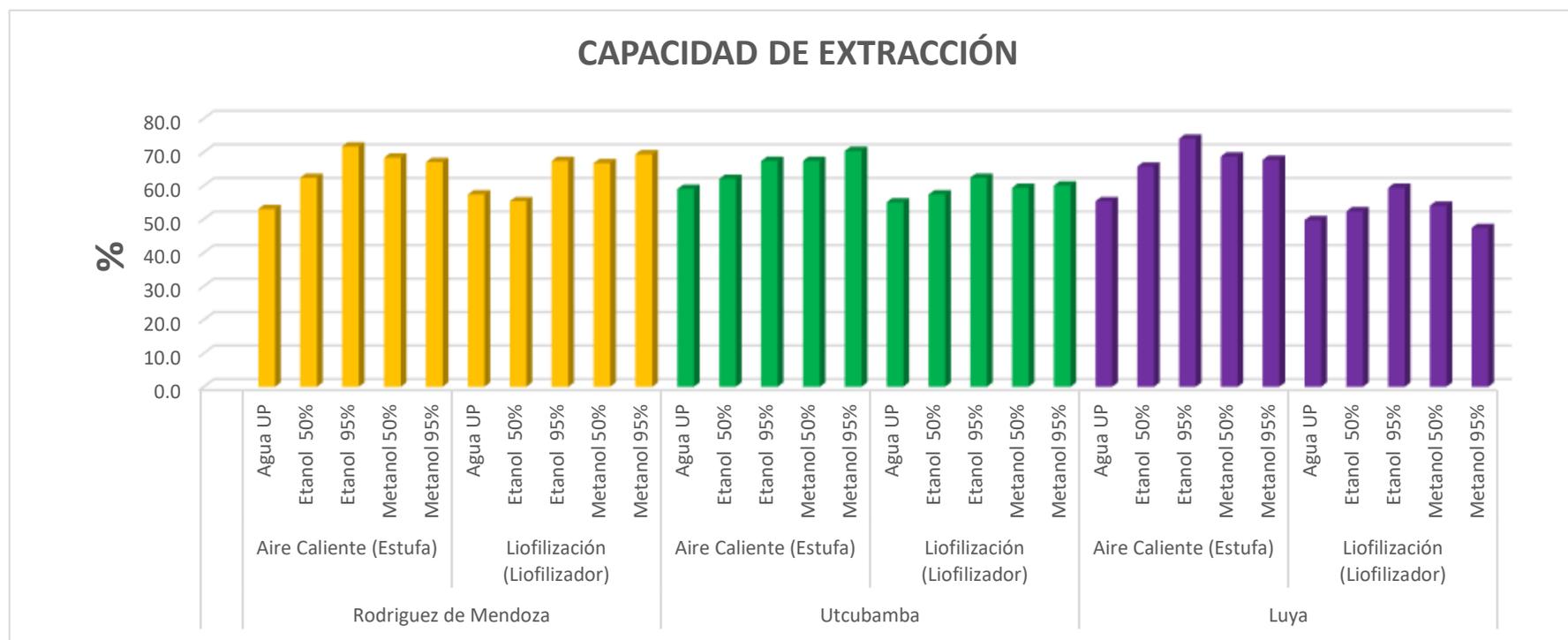


Figura 7. Porcentaje de la capacidad de extracción para cada tratamiento de la pulpa de café deshidratada durante el proceso de extracción

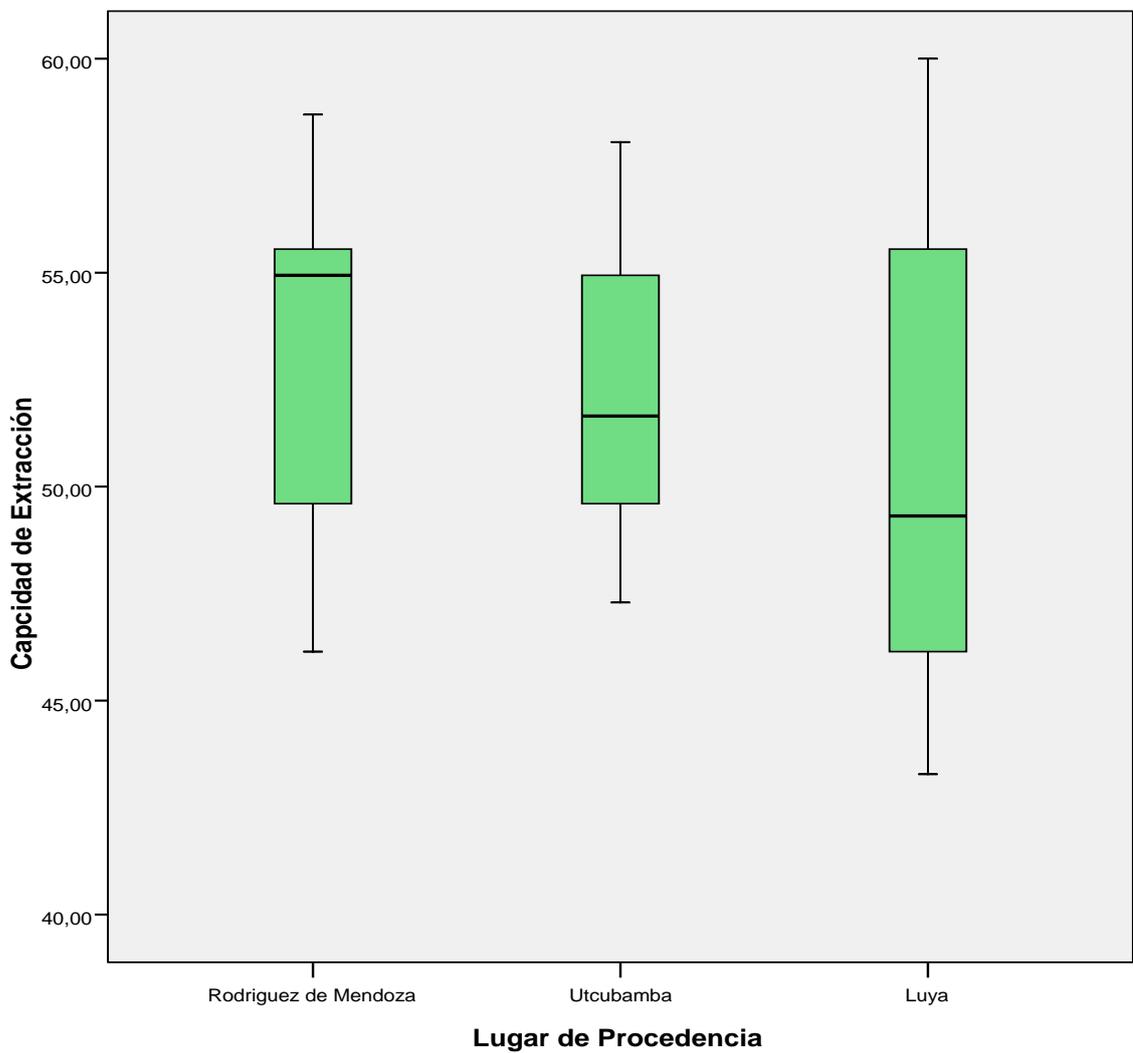


Figura 8. Capacidad de extracción de la pulpa de café deshidratada según procedencia de la muestra

En la figura 8 muestra un diagrama de cajas sobre la capacidad de extracción expresados en porcentaje de capacidad de extracción por cada provincia, observamos que la provincia de Rodríguez de Mendoza tiene mayor capacidad de extracción con respecto a las dos provincias Utcubamba y Luya.

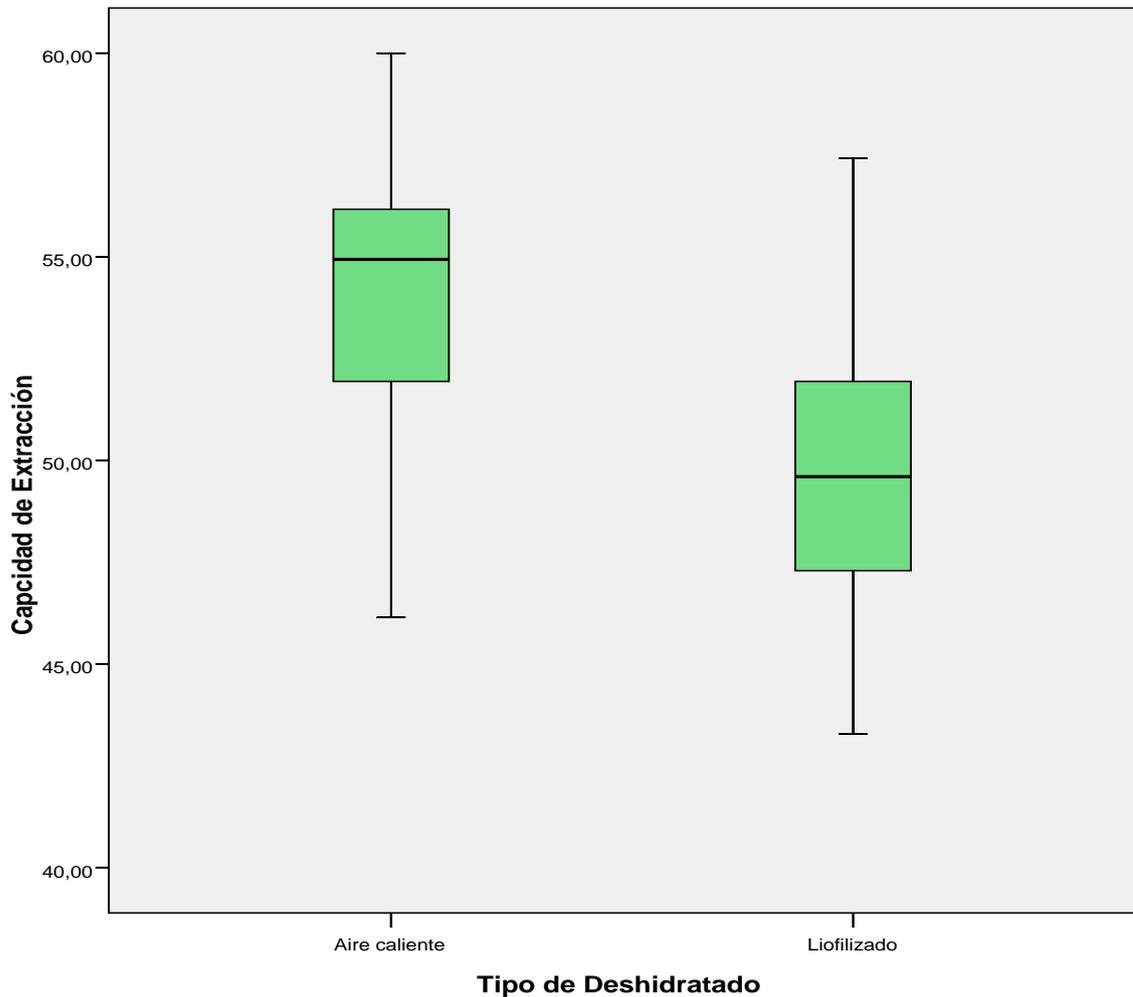


Figura 9. Capacidad de extracción de la pulpa de café deshidratada según tipo de deshidratado

En la figura 9 muestra un diagrama de cajas sobre la capacidad de extracción expresados en porcentaje de capacidad de extracción por cada tipo de deshidratado, observamos que la pulpa de café sometido al proceso de deshidratado por aire caliente tiene mayor capacidad de extracción con respecto a la pulpa sometida al proceso de liofilización; esto es debido a que la pulpa de café liofilizada capta más solvente de extracción con respecto a una pulpa de café secada por estufa.

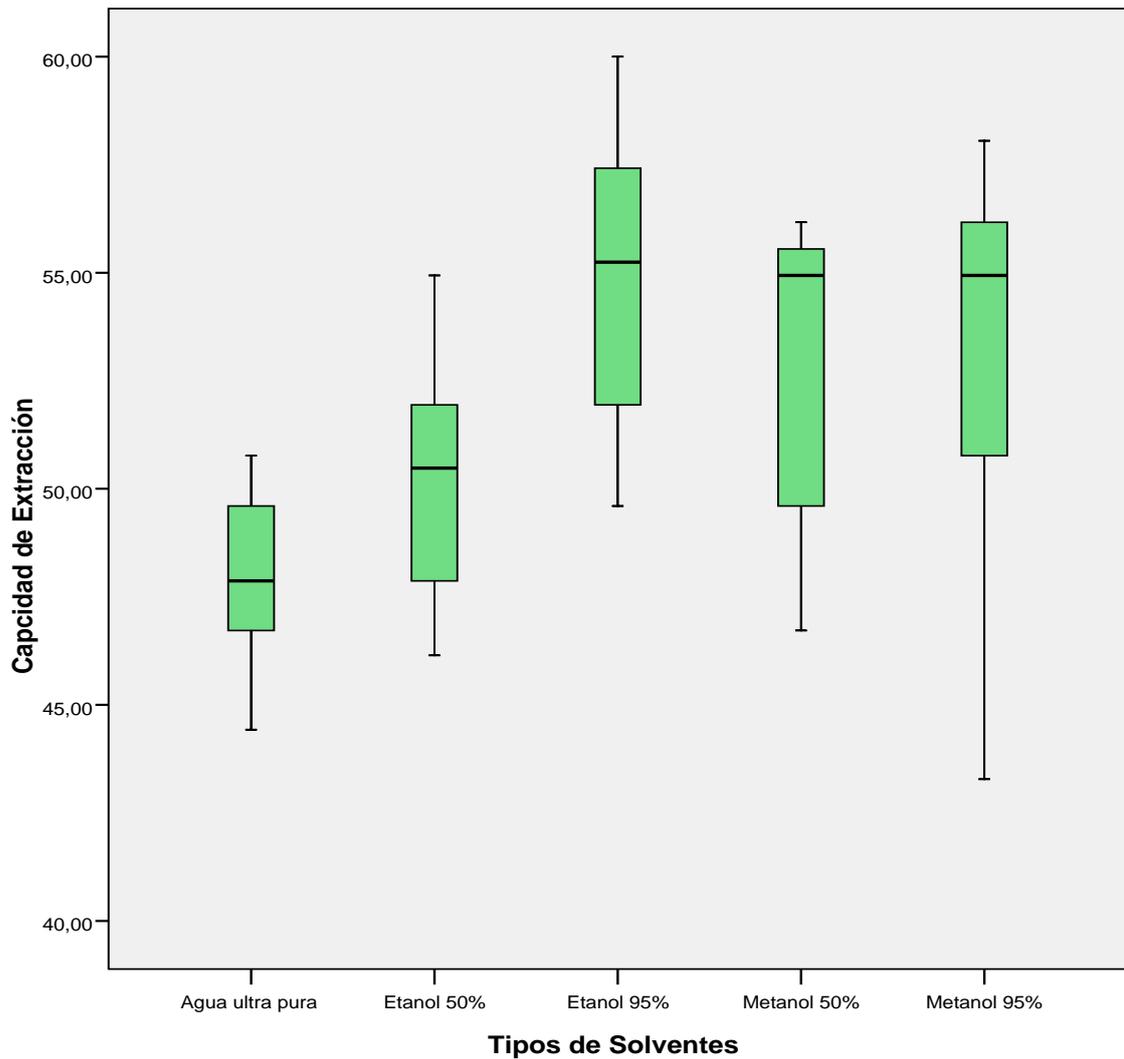


Figura 10. Capacidad de extracción de la pulpa de café deshidratada según el tipo de solvente

En la figura 10 muestra un diagrama de cajas sobre la capacidad de extracción expresados en porcentaje de capacidad de extracción por cada tipo de solvente, observamos que la pulpa de café extraídos con solvente etanol al 95% tiene mayor capacidad de extracción con respecto a los demás solventes (metanol 50% metanol 95%, etanol 50% y agua ultra pura); esto es debido a que el solvente tiene mayor polaridad, afinidad hacia la pulpa de café deshidratada con respectos a los demás solventes.

3.2. Determinación de Fenoles Totales (FT)

Se realizó la evaluación del contenido de FT en el ambiente del laboratorio de biología de la UNTRM – Amazonas.

En la figura 11 muestra la cantidad de FT para cada tratamiento, expresados en miligramos de AG/100g PD; observamos que fue mayor en los tratamientos T8, T13, T18, T19, T20, T28 y T30 con respecto a los demás tratamientos debido a sus dos factores de estudio y además al contenido de humedad de la muestra y al tipo de deshidratado sometido en su proceso

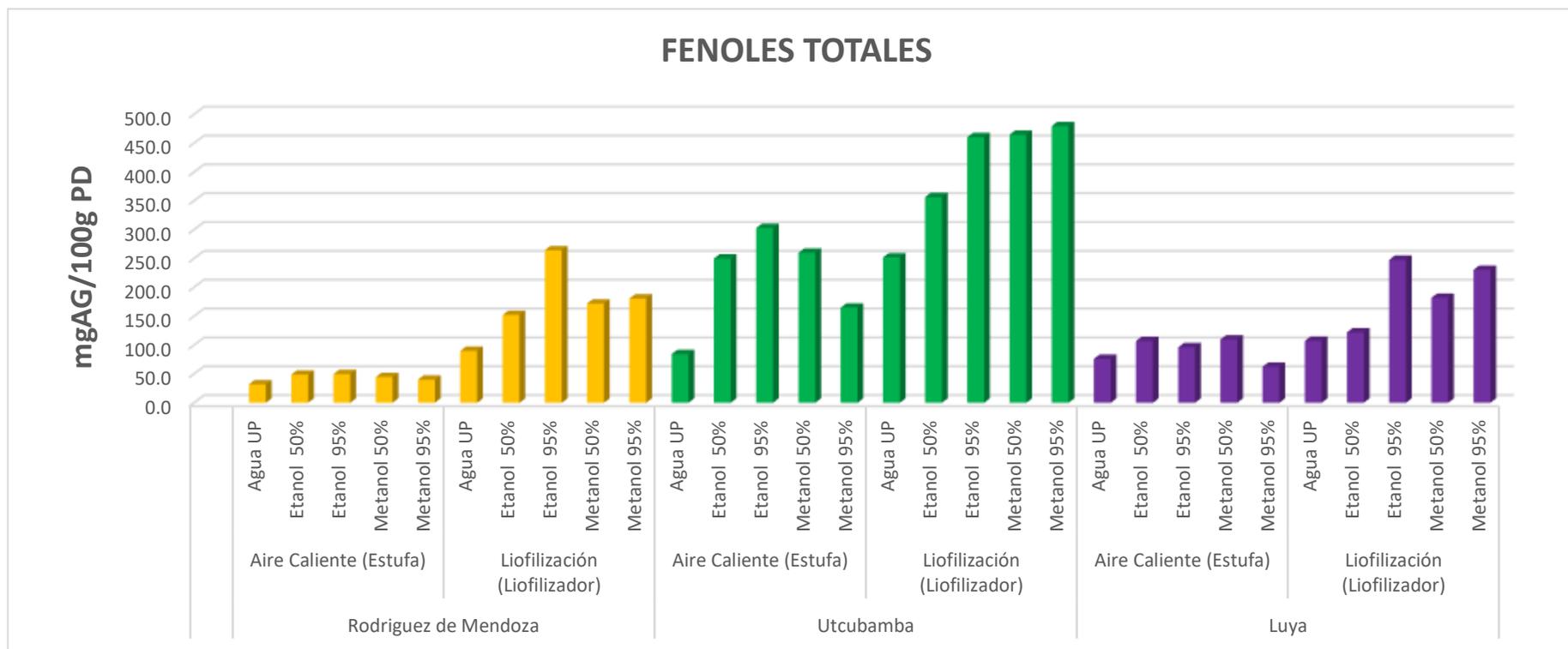


Figura 11. Contenido de Fenoles Totales para cada tratamiento de la pulpa de café deshidratada expresados en mg AG/100g PD

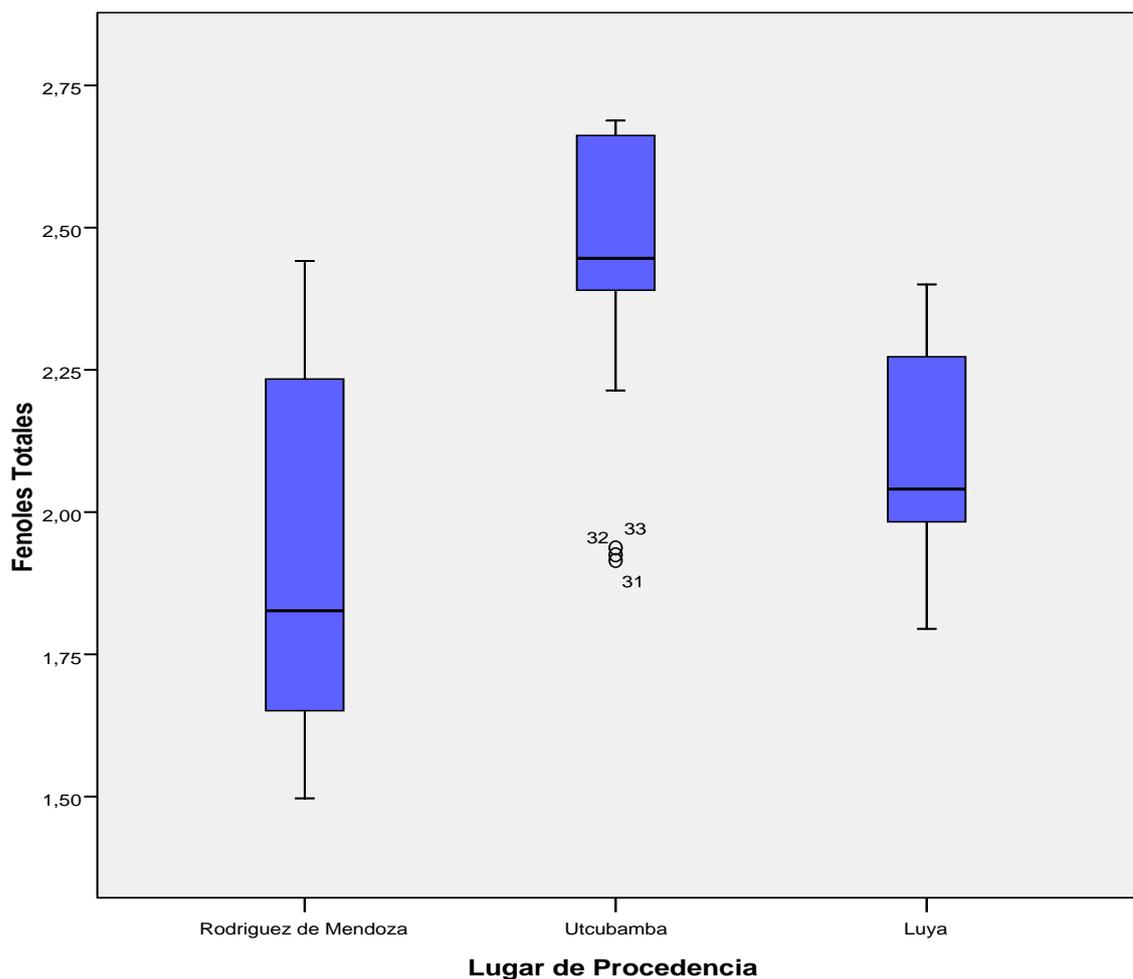


Figura 12. Fenoles Totales de la pulpa de café deshidratada según procedencia de la muestra

En la figura 12 muestra un diagrama de cajas sobre contenido de fenoles totales expresados en mg AG/100g PD por cada provincia, observamos que la provincia de Utcubamba tiene mayor contenido de FT en la pulpa de café con respecto a las dos provincias Luya y Rodríguez de Mendoza; además notamos unos datos que están fuera de la caja en el grafico es debido que algunas unidades experimentales son de pulpa deshidratada por estufa ya que esto ocasiona que sean bajos en contenidos de FT.

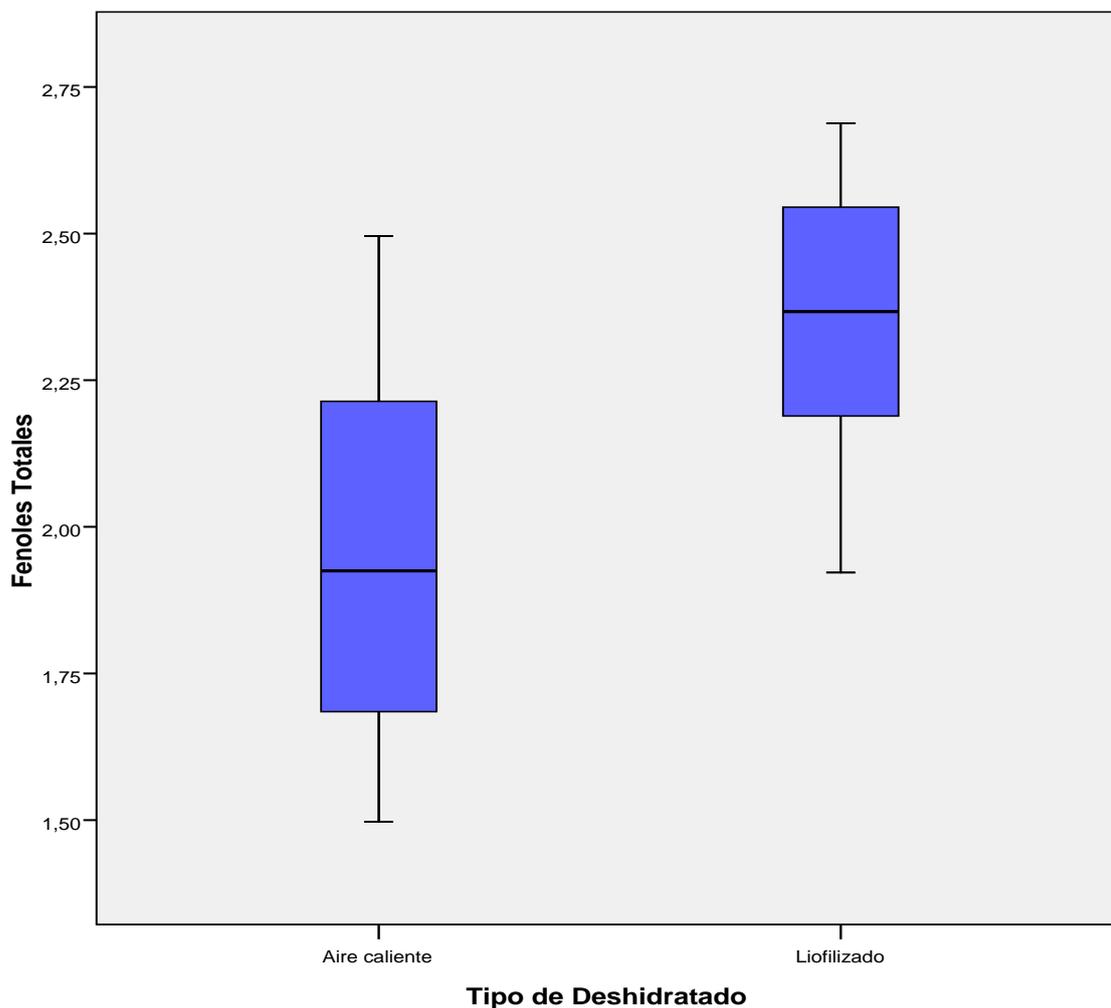


Figura 13. Fenoles Totales de la pulpa de café deshidratada según tipo de deshidratado

En la figura 13 muestra un diagrama de cajas sobre contenido de fenoles totales expresados mg AG/100g PD según el tipo de deshidratado de la pulpa de café, observamos que la pulpa de café sometida al proceso de liofilizado tiene mayor contenido de FT en la pulpa de café con respecto a la pulpa de café sometida a un secado por estufa; esto es debido a que el proceso de liofilizado conserva sus propiedades de los compuestos fenólicos.

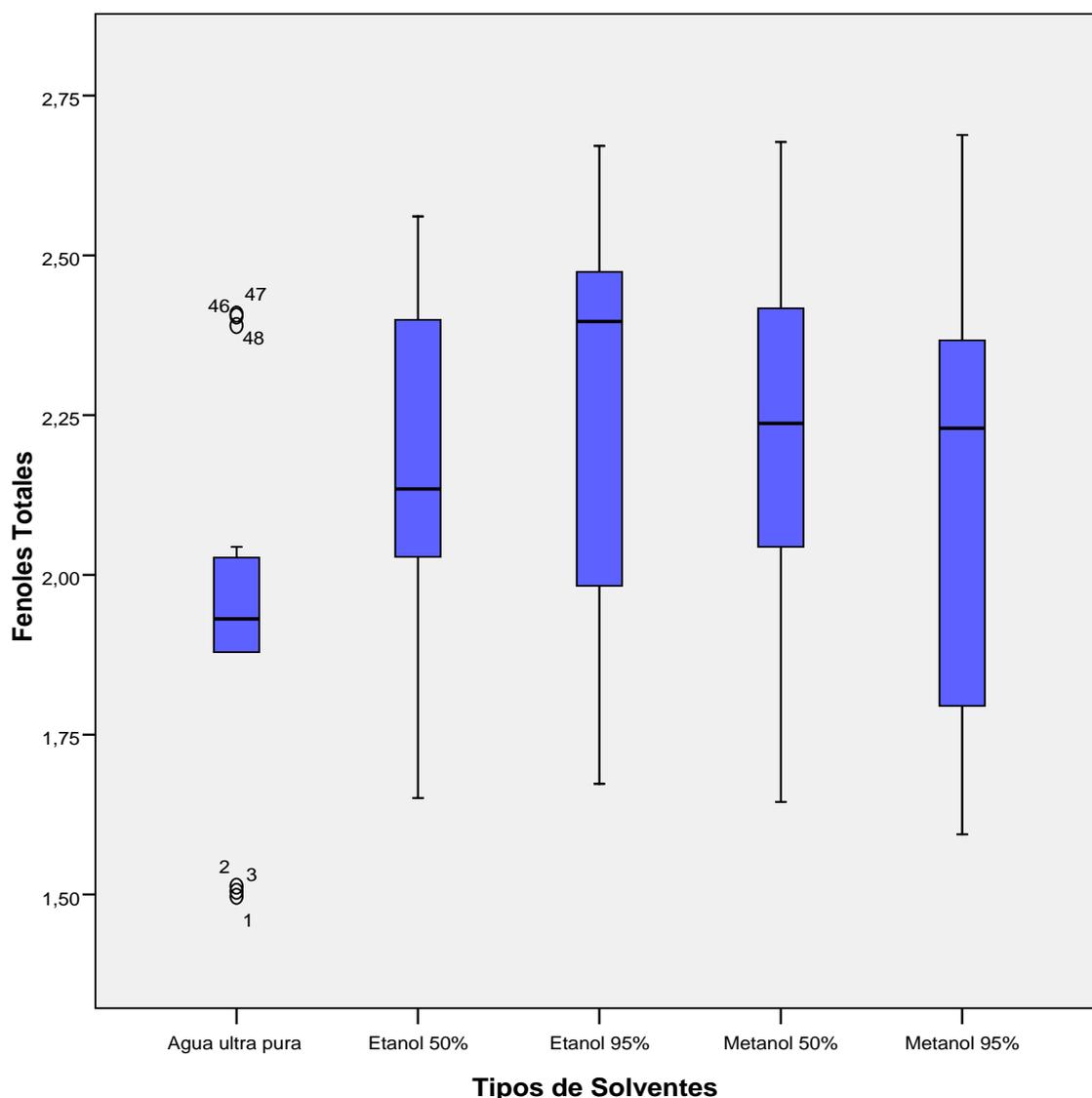


Figura 14. Fenoles Totales de la pulpa de café deshidratada según el tipo de solvente

En la figura 14 muestra un diagrama de cajas sobre contenido de fenoles totales expresados en mg AG/100g PD por tipo de solvente de extracción, observamos que el solvente etanol 95% fue mejor en el proceso de extracción, ya que tiene mayor contenido de FT en la pulpa de café con respecto a los demás solventes, debido a que el solvente tiene mayor afinidad y polaridad en la extracción de estos compuestos con respecto a los demás solventes, además notamos unos datos que están fuera de la caja en el gráfico con el solvente de agua ultra pura es debido que algunas unidades experimentales son de pulpa deshidratada por estufa y por la procedencia de la muestra ya que esto ocasiona que sean bajos en contenidos de FT.

3.3. Determinación de Actividad Antioxidante (AA)

Se realizó la evaluación de la AA en el ambiente del laboratorio de biología de la UNTRM – Amazonas.

En la figura 15 muestra la AA para cada tratamiento, expresados en porcentaje de capacidad antioxidante; observamos que fue mayor en los tratamientos T3, T10, T12, T15, T20, T22 y T30 con respecto a los demás tratamientos debido a sus dos factores de estudio y además al contenido de humedad de la muestra y al tipo de deshidratado sometido en su proceso, los tratamientos no tienen mucha variación dentro de provincia

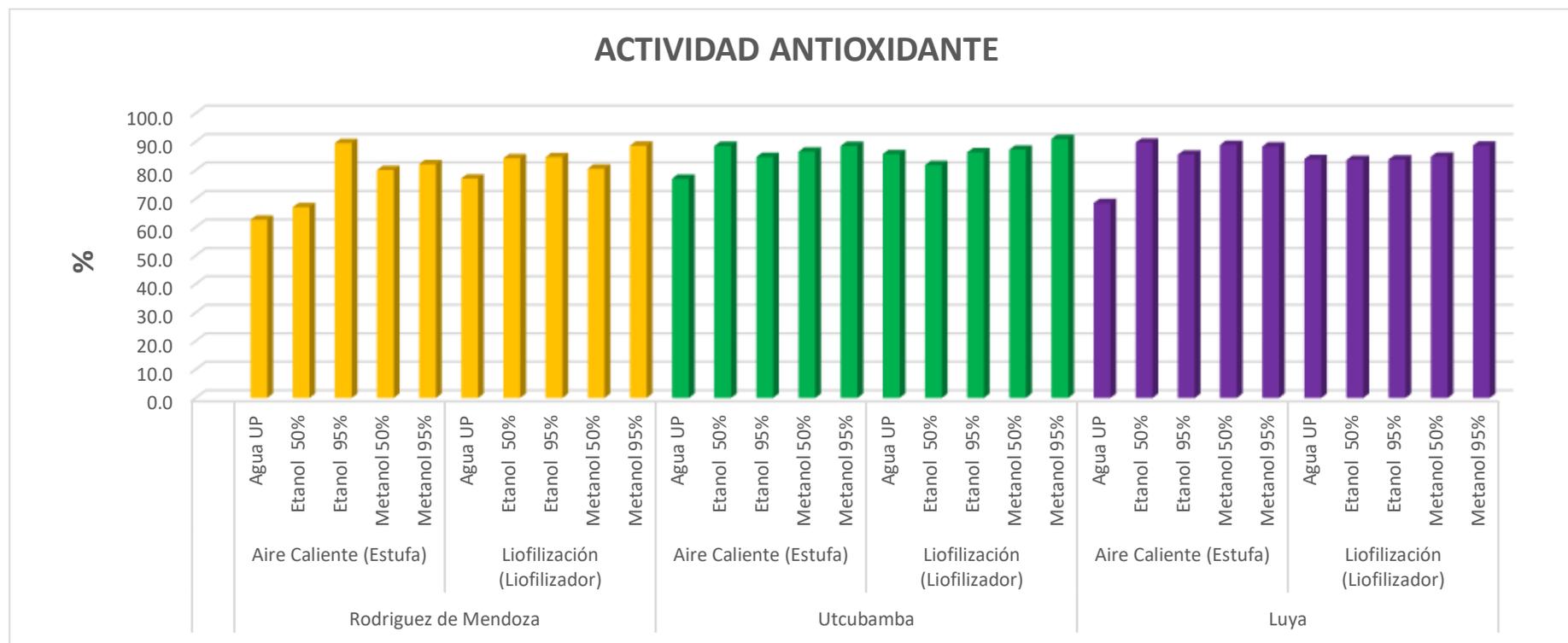


Figura 15. Actividad Antioxidante para cada tratamiento de la pulpa de café deshidratada, expresados en porcentaje de capacidad antioxidante.

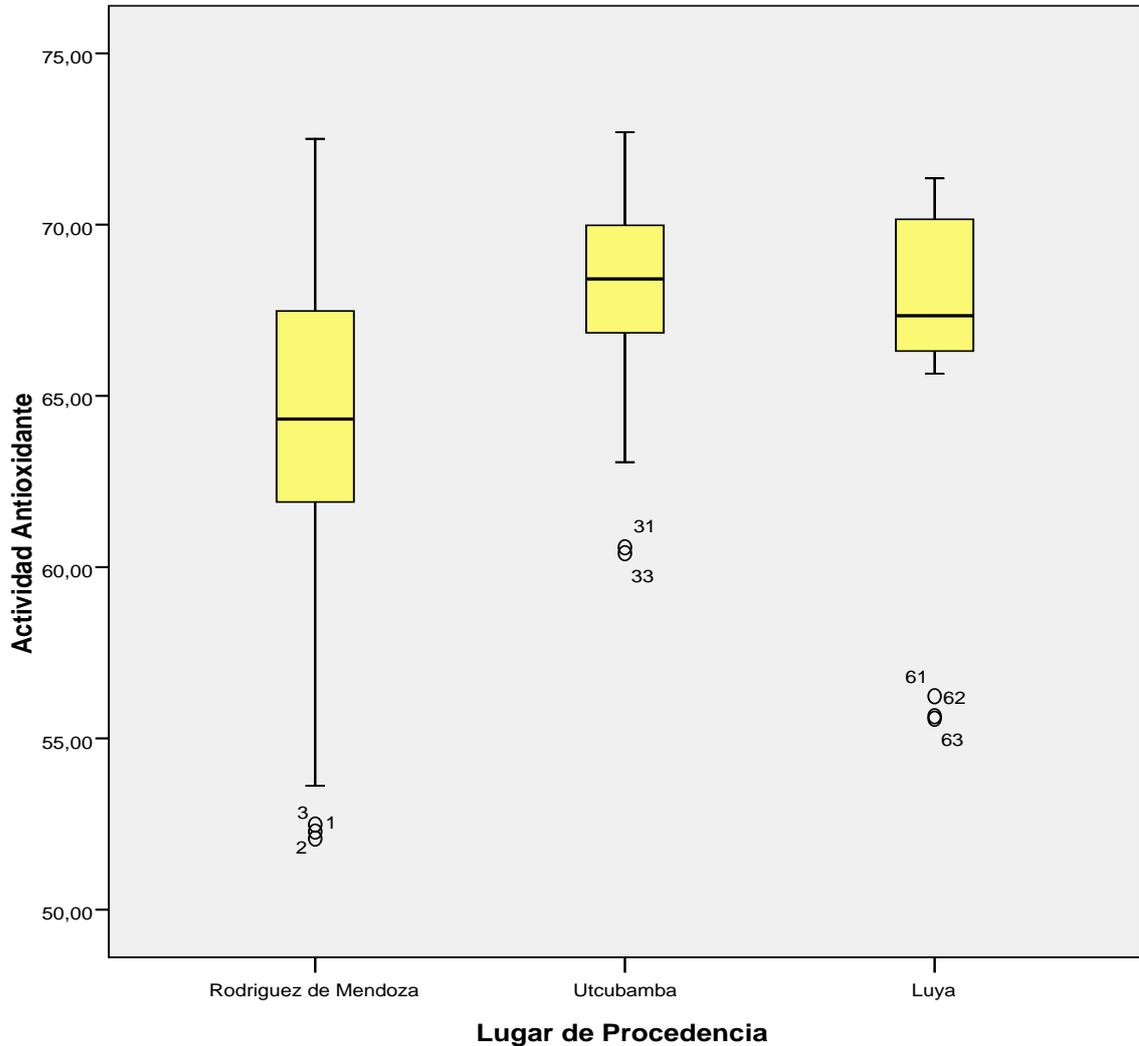


Figura 16. Porcentaje de capacidad antioxidante de la pulpa de café deshidratada según procedencia de la muestra

En la figura 16 muestra un diagrama de cajas sobre actividad antioxidante expresados en porcentaje de capacidad antioxidante por cada provincia, observamos que la provincia de Utcubamba tiene alto actividad antioxidante en la pulpa de café con respecto a las dos provincias Luya y Rodríguez de Mendoza; además notamos unos datos que están fuera de la caja en el grafico es debido que algunas unidades experimentales son de pulpa deshidratada por estufa y por la procedencia de la muestra ya que esto ocasiona que sean bajos en contenidos de FT.

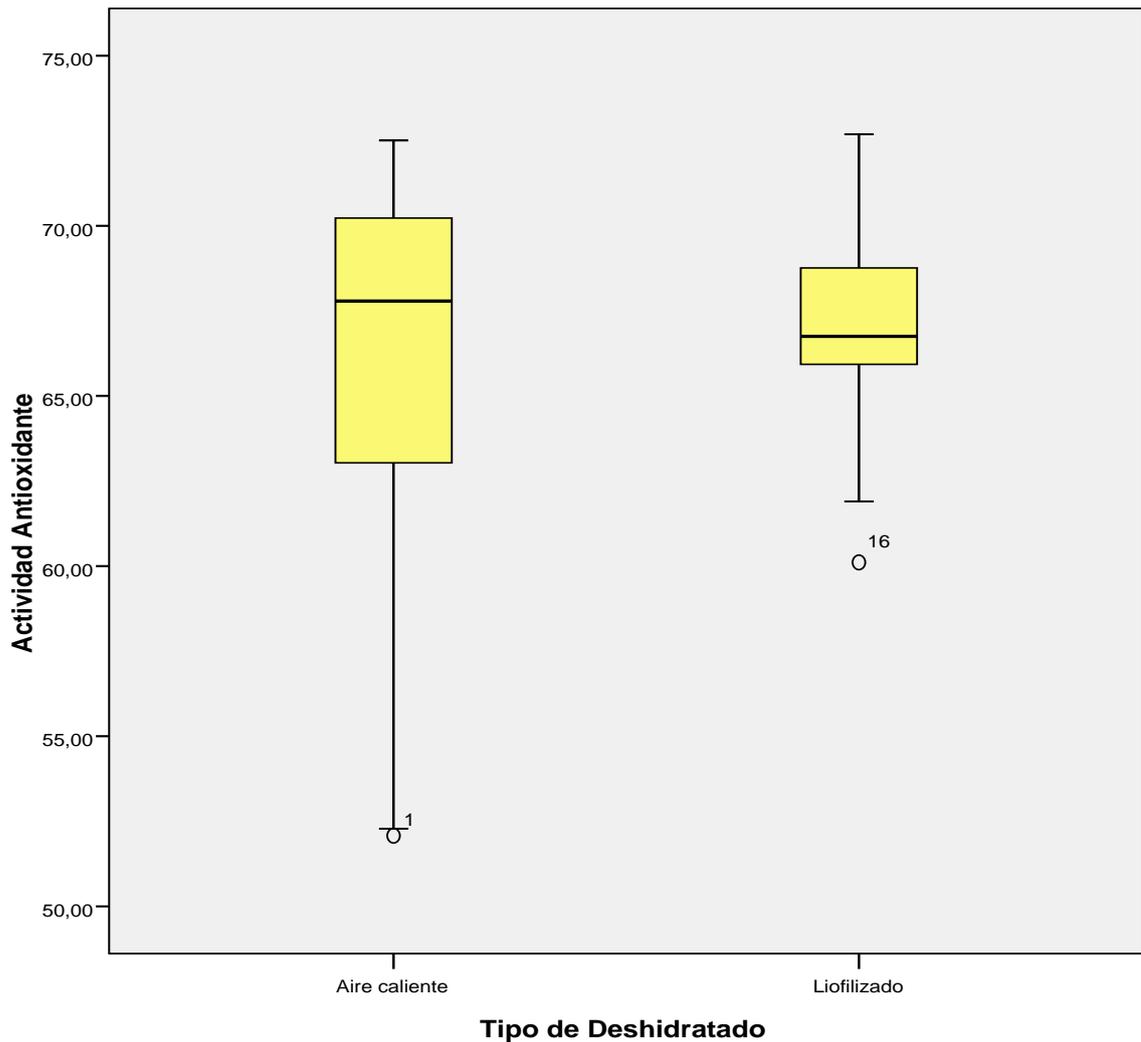


Figura 17. Porcentaje de capacidad antioxidante de la pulpa de café deshidratada según el tipo de deshidratado

En la figura 17 muestra un diagrama de cajas sobre actividad antioxidante expresados en porcentaje de capacidad antioxidante según el tipo de deshidratado de la pulpa de café, observamos que no existe mucha diferencia entre los dos tipos de deshidratado, estadísticamente vemos que la pulpa de café sometida al proceso de secado por estufa tiene mayor actividad antioxidante en la pulpa de café con respecto a la pulpa liofilizada; esto debido que algunas unidades experimentales son de diferentes lugares ya que esto ocasiona que sean altos en AA.

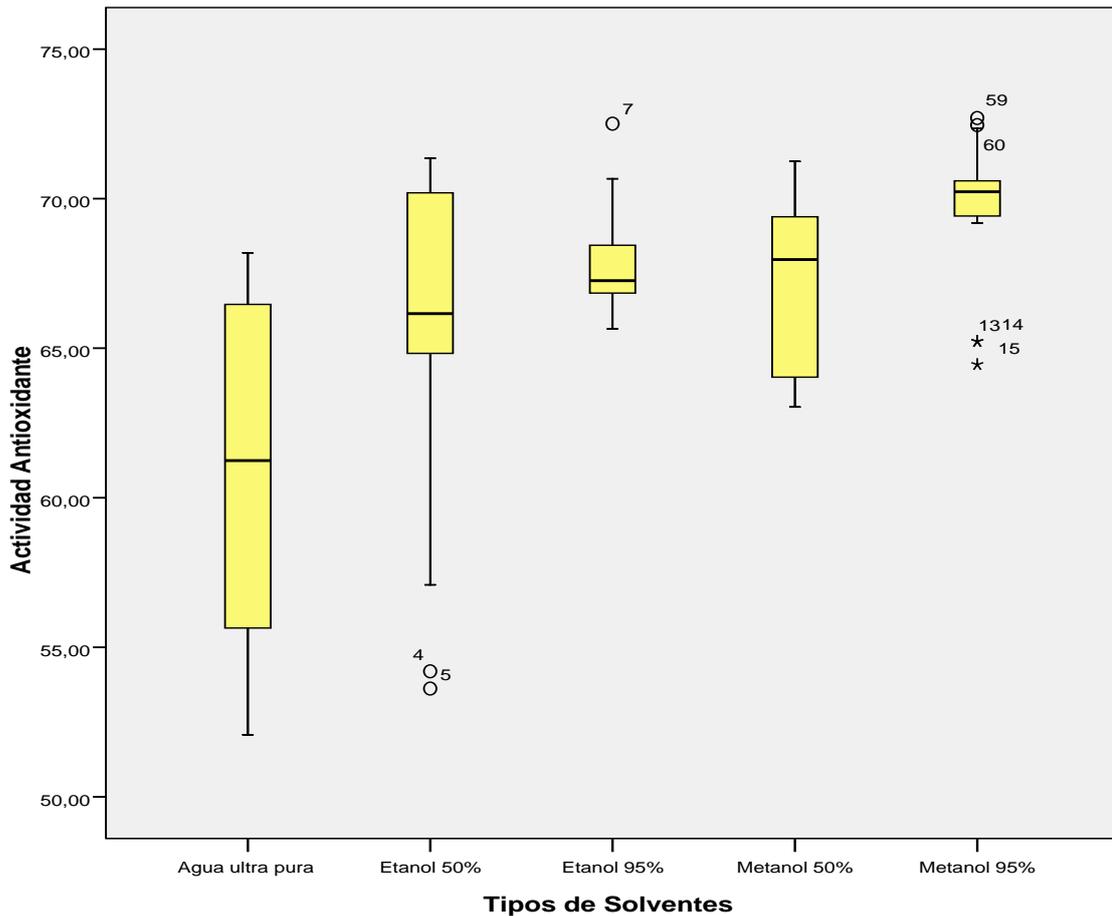


Figura 18. Porcentaje de capacidad antioxidante de la pulpa de café deshidratada según el tipo solvente

En la figura 18 muestra un diagrama de cajas sobre actividad antioxidante expresados en porcentaje de capacidad antioxidante según el tipo de solvente de extracción, observamos que la pulpa de café alcanzo mayor actividad antioxidante extraídos con el solvente metanol 95% , con respecto a los demás solventes, además notamos que en el gráfico de cajas los datos están fuera esto debido que algunas unidades experimentales son de diferentes lugares y por el tipo de deshidratado sometido la muestra ya que esto ocasiona que sean bajos y altos en AA.

3.4. Análisis de correlación entre la CE, FT y AA

Tabla 11. Correlación entre las variables de análisis multivariado

		CE	FT	AA
CE	Correlación de Pearson	1	-.131	.312**
	Sig. (bilateral)		.217	.003
	N	90	90	90
FT	Correlación de Pearson	-.131	1	.527**
	Sig. (bilateral)	.217		.000
	N	90	90	90
AA	Correlación de Pearson	.312**	.527**	1
	Sig. (bilateral)	.003	.000	
	N	90	90	90

CE: Capacidad de extracción, **FT:** Fenoles Totales, **AA:** Actividad Antioxidante

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

IV. DISCUSIÓN

El porcentaje de humedad de la pulpa de café de las tres provincias de Amazonas presento un valor promedio de 82.73%, es un valor muy adecuado de la muestra para su análisis ya que se encuentra en un rango optimo como le describe Bonilla et al. (2014) en su trabajo 82.44% y como también Valencia (2008) con un contenido de humedad 80.31%, los datos generados están relacionados a su altitud, ya que estos favorecen a sus propiedades de contenidos fenólicos y antioxidantes, es decir las muestras fueron satisfactorias al ser seleccionadas los puntos de muestreo por sus condiciones ecológicas ya que las altitudes no superan los 1800 m.s.n.m como le describe Días (2011).

El rendimiento de la pulpa de café con respecto beneficio húmedo del café de las tres provincias de Amazonas presento un valor promedio de 39.73%, es un valor considerable en su rendimiento como un residuo, subproducto para su aprovechamiento en la industria alimentaria, en comparación a los autores que mencionan su rendimiento de 40% y 45%, Padmapriya y otros (2013), Esquivel y Jimenez (2012) respectivamente.

Comparando los resultados de las muestras de las diferentes procedencias observamos en la figura 8 que la capacidad de extracción presenta diferencia significativa de sus medias de los subconjuntos con 30 tratamientos por provincia, analizadas estadísticamente con un alfa de 0.05 entre las procedencias de las muestras siendo mayor la capacidad de extracción que está relacionado con la utilización de los solventes, es la provincia de Rodríguez de Mendoza (53.0935%) con respecto a las demás provincias esto es debido a la altitud de la procedencia de la muestra siendo menor altitud la provincia Rodríguez de Mendoza (1673 m.s.n.m).

En la figura 9 se observa estadísticamente que existe diferencia significativa de las medias marginadas estimadas en el tipo de deshidratado de la pulpa de café, en cuanto a la capacidad de extracción siendo mejor el tipo de deshidratado por aire caliente (53.978%) con respecto al proceso de liofilizado, la razón es que la pulpa liofilizado conserva mayor sus contenidos fenólicos y propiedades nutritivas y eso hace que capte mayor solvente en la muestra y sea menor su volumen del extracto.

Los solventes orgánicos en el proceso de extracción de la pulpa de café deshidratada de los diferentes procedencias tuvieron diferencias significativa estadísticamente en sus

resultados de la capacidad de extracción como se muestra en la figura 10 siendo dos solventes con mayor capacidad de extracción (etanol 95%: 54.9992%, seguido por metanol 50%: 53.2123 y metanol 95%: 52.9840), estos resultados son eficientes al comparar con los resultados de su investigación de Días (2011) que fueron metanol (99.99%: 55.6 % y etanol 99%: 30.3%) notamos que, en la presente investigación, tanto el solvente metanol y etanol tuvieron muy buenos resultados en capacidad de extracción en comparar los resultados del otro autor, estos mejores resultados de los solvente es debido que tienen mayor polaridad.

Comparando los resultados de las muestras de las diferentes procedencias observamos en la figura 12 que mayor contenido de fenoles totales es la provincia de Utcubamba (valor transformado: 2.4401 mg AG/100g PD, valor real: 307.5 mg AG/100g PD) con respecto a las demás provincias esto es debido a muchos factores como manejo agronómico del cultivo, tipo de suelo, altitud, clima. Estos resultados comparamos con algunos autores en su trabajo de investigación fueron de 356.78 mg/L considera que la pulpa de café es una materia seca de alto contenido de polifenoles Serna y otros (2018), vemos que la pulpa de café deshidratada de la provincia de Utcubamba, Amazonas, Perú es mucho mejor que la pulpa de café de Colombia de variedad castillo con respecto al contenido de polifenoles totales.

En la figura 13 notamos los resultados son significativamente diferentes entre los tipos de deshidratado de la pulpa de café sobre el análisis estadístico de las medias marginadas estimadas, resulta que la pulpa liofilizada es mejor en el contenido de fenoles totales (valor transformado: 2.343 mg AG/100g PD, valor real: 250.7 mg AG/100g PD) con respecto al tipo de deshidratado por aire caliente, esto es debido a que la pulpa de café sometida a un secado por estufa ya que a cierta temperatura y tiempo hace que se disminuya la concentración de compuestos fenólicos.

En la figura 14 los solventes orgánicos presentan una diferencia significativa en contenido de compuestos fenólicos en la pulpa de café deshidratada observamos las medias marginadas estimadas de los resultados y vemos que el solvente etanol 95% (valor transformado: 2.2733 mg AG/100g PD, valor real: 236.9 mg AG/100g PD) tiene mayor capacidad en extraer los compuestos fenólicos con respecto al demás solvente que tienen menores, esto es debido a la polaridad el solvente. Herrera (2016) menciona en su investigación que el solvente etanol tuvo mayor extracción en el contenido de fenoles

totales en el epicarpio del grano de café (0.796 mg de ácido gálico en cada 100 gramos de epicarpio de café), notamos que en la pulpa de café deshidratada tiene muchos más fenoles totales que en el epicarpio del grano de café además siendo la misma especie.

En la figura 16 los resultados presentan diferencia significativa entre los subconjuntos homogéneos de la actividad antioxidante de la pulpa de café de diferentes procedencias, de tal manera siendo la mejor provincia Utcubamba en actividad antioxidante de la muestra (valor transformado: 67.9387%, valor real: 85.7%), los polifenoles son componentes que aportan muy importantes en el porcentaje de la capacidad antioxidante Vega y otros (2017). Por eso se dice que los fenoles son directamente proporcionales a la capacidad antioxidante ya que la provincia de Utcubamba presenta alto contenido en fenoles totales y capacidad antioxidante.

El análisis de varianza y la prueba de Tukey mostraron que existe alta diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% ($p > 0.5$) para los distintos lugares de procedencia de la pulpa de café; provincia Rodríguez de Mendoza, provincia Utcubamba y la provincia de Luya (ver Anexo 7. tabla 29).

El análisis de varianza y la prueba de Tukey mostraron que existe alta diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% ($p > 0.5$) para los distintos solventes agua ultra pura, etanol 50%, etanol 95%, metanol 50% y metanol 95% (ver Anexo 7. tabla 33).

V. CONCLUSIONES

- El comportamiento de la pulpa de café en los dos procesos de deshidratación ambas son capaces de obtener una pulpa de café en forma de harina (pulpa seca), además se observó que la pulpa de café liofilizada conserva más sus características originales como color, olor, con respecto a la pulpa secado por estufa.
- La pulpa de café proveniente de la Rodríguez de Mendoza tuvo mayor capacidad de extracción compuestos seguido por la provincia de Utcubamba y finalmente por la provincia de luya, presentando mejores resultados (66.3%), (65.2%), (64.5%), respectivamente con la pulpa de café secada por aire caliente y con el mejor solvente de extracción etanol al 95%.
- La evaluación de compuestos fenólicos con mayor contenido fue la provincia de Utcubamba, seguida de la provincia de luya y por último la provincia de Rodríguez de Mendoza, presentando mejores resultados 402.6, 177.8 y 171.8 mg GAE/100g PD respectivamente, con la pulpa de café liofilizada y con el mejor solvente de extracción etanol al 95%.
- La actividad antioxidante que tuvo mayor fue el café proveniente de la provincia de Utcubamba (86.4%), seguida de la provincia de luya (84.9%) y por último la provincia de Rodríguez de Mendoza (83.0%), presentando mejores resultados con la pulpa de café liofilizada-aire caliente no con mucha diferencia significativa entre los tipos de deshidratado y con el mejor solvente de extracción etanol al 95% y metanol 95%.
- El solvente etanol como metanol presentan casi las mismas capacidades en el proceso de extracción del cometido de compuestos fenólicos y actividad antioxidantes de la pulpa de café deshidratada debido a su polaridad que presentan.

- Los solventes utilizados en la presente tesis los solventes etanol y metanol son los que mayor capacidad tiene al extraer los compuestos fenólicos y actividad antioxidante, aquí vamos a detallar para el uso alimentario los compuestos fenólicos actividad antioxidante extraídos por metanol no se recomendaría por el motivo que es toxico para la salud. Por lo tanto, se utilizaría para uso alimentario los compuestos fenólicos actividad antioxidante extraídos por agua ultra pura y el etanol.

- Los datos generados están relacionados a su altitud, ya que estos favorecen a sus propiedades de contenidos fenólicos y antioxidantes, es decir las muestras fueron satisfactorias al ser seleccionadas los puntos de muestreo por sus condiciones ecológicas ya que las altitudes no superan los 1800 m.s.n.m como le describe Días (2011). También cabe recalcar a menor altura son mejores la producción de café y la calidad, pero esto no se relaciona con el contenido de fenólicos y antioxidantes de sus propiedades.

VI. RECOMENDACIONES

Para realizar posteriores investigaciones sobre la evaluación de compuestos fenólicos y actividad antioxidante, se recomienda:

- Realizar una evaluación de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en una provincia tomando más parcelas de diferente altitud y compararlas.
- Realizar una evaluación de compuestos fenólicos por HPLC, para identificar los fenoles individualmente y en que mayor porcentaje está presente en la muestra.
- Hacer evaluaciones en periodos diferentes de cosecha de la pulpa de café y realizar un diagnóstico según el caso de la evaluación de estos compuestos.
- Fortalecer las capacidades mediante capacitaciones talleres sobre la importancia de su contenido y aprovechamiento de la pulpa de café.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Andrade, K. S., Gonçalves, R. T., Maraschin, M., Ribeiro-do-Valle, R. M., Martínez, J., & Ferreira, S. R. S. (2012). Supercritical fluid extraction from spent coffee grounds and coffee husks: antioxidant activity and effect of operational variables on extract composition. *Talanta*, 88, 544-552. J
- Arellano Gonzáles, M. A. (2009). *Estimación de la capacidad antioxidante de ácidos hidroxicinámicos*. Mexico.
- Bonilla H., Duarte W. y Freitas S. (2014). Utilization of coffee by-products obtained from semi-washed process for production of value-added compounds. *Bioresource Technology*, 166: 142-150
- Castañeda, C. B., Ramos, L. E., & Dra. Ibáñez. (2008). Evaluation of the antioxidant capacity of seven peruvian medicinal plants. *Revista Horizonte Médico*, 56-72.
- Chirinos, R., Rogez, H., Campos, D., Pedreschi, R., & Larondelle, Y. (2007). Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) tubers. Separation and Purification Technology, 55(2), 217-225. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2006.12.005>
- Cortes Meza, S., Aristofeles Ortiz, Stella Ramirez, L., & Aristizabal. (2015). *Determinación de antioxidante en subproductos de café producido y comercializado en Risaralda (Colombia)*. Pereira-Colombia.
- Días, A. T. (2011). Pulpa de café (*Coffea arabica* L) Como fuente alternativa de antioxidantes (Tesis de grado). Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador. Recuperado de http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/707/3/UTPL_D%C3%ADas_Cuay_Alejandra_Tatiana_1064344.pdf
- Dirceur, A. (2017). *BASE COMERCIAL DE INFORMACIÓN REGIONAL AMAZONAS-PERÚ*.
- Duangjai, A., Suphrom, N., Wungrath, J., Ontawong, A., Nuengchamnong, N., & Yosboonruang, A. (2016). Comparison of antioxidant, antimicrobial activities and chemical profiles of three coffee (*Coffea arabica* L.) pulp aqueous extracts. *Integrative Medicine Research*, 5(4), 324-331. <https://doi.org/10.1016/j.imr.2016.09.001>

- Esquivel, P., & Jimenéz M., V. (2012). *Functional properties of coffee and coffee by-products*. Stuttgart - Alemania.
- Fierro Cabrales, N., Contreras Oliva, A., González Ríos, O., Rosas Mendoza, E. S., & Morales Ramos, V. (2018). *CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y NUTRIMENTAL DE LA PULPA DE CAFÉ (Coffea arabica L.)*. Veracruz-Mexico.
- García Martínez, E., Fernández Segovia, I., & Fuentes López, A. (2015). *Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu*. Valencia- España.
- Hacer Coklar, M. A. (2017). *Anthocyanins and phenolic compounds of Mahonia aquifolium berries and their contributions to antioxidant activity*. Konya-Turquia.
- Herrera Rincon, F. R. (2016). *OBTENCIÓN DE ANTIOXIDANTES A PARTIR DEL EPICARPIO DE CAFÉ (Coffea arabica L.) EMPLEANDO FLUIDOS PRESURIZADOS, UNA ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO PARA ESTE RESIDUO AGROINDUSTRIAL*. Bogota – Colombia
- Magoni, C., Bruni, I., Guzzetti, L., Dell'Agli, M., Sangiovanni, E., Piazza, S. Labra, M. (2018). Valorizing coffee pulp by-products as anti-inflammatory ingredient of food supplements acting on IL-8 release. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 112, 129-135. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.026>
- Marina, Z. L. (2014). Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizados como antioxidante y colorante en la industria alimentaria (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39105/Versi%C3%B3n%20%20Tesis%20Luz%20Marina%20Zapata.pdf%20\(1\).PDF?sequence=21](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39105/Versi%C3%B3n%20%20Tesis%20Luz%20Marina%20Zapata.pdf%20(1).PDF?sequence=21)
- Martínez Molina, E. C., Ramírez Castillo, M. L., Álvarez Guitiérrez, P. E., Gayosso Canales, M., & Rodríguez Pastrana, B. R. (2016). *EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE RESIDUOS DE CAFÉ (Coffea arabica) DE LA REGIÓN FRAILESCA DE VILLAFLORES, CHIAPAS*. Chiapas-México.
- Morales Gómez, P. (2011). *VEGETALES SILVESTRES DE USO ALIMENTARIO : DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE*. Madrid-España.
- Pantelidis, G., M, V., G.A., M., & Gr., D. (2006). *Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries*. Thessaloniki Greece.

- Padmapriya , R., Tharian, J. A., & Thirunalasundari , T. (2013). *INT J CURR SCI 2013, 9: E 83-91 REVIEW ARTICLE Coffee waste management-An overview*. India.
- Peña Aguilar, J. M., Murúa Pagola, B., Santos Basurto, M., Reynoso Camachoa, R., Romero Gómez, S. J., Vázquez Barriosa, M. E., & Amaya Llanoa, S. L. (2017). *EXTRACCIÓN Y PURIFICACIÓN DE CAFEÍNA Y ÁCIDO CLOROGÉNICO DE PULPA DE BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ*. Querétaro - México.
- Pérez Hernández, L. M., Chávez Quiroz , K., Medina Juárez, L. Á., & Gámez Meza, N. (2012). COMPUESTOS FENÓLICOS, MELANOIDINAS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE CAFE VERDE Y PROCESADO DE LAS ESPECIES *Coffea arabica* Y *Coffea canephora*. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud* , 51-56.
- Serna Jiménez, J. A., Torres Valenzuela, L. S., Martínez Cortínez, K., & Hernández Sandoval, M. C. (2018). Use of coffee pulp as an alternative for the valorization of by-products. DOI: <http://dx.doi.org/10.18273/revion.v31n1-2018006>, 37-42.
- Tobón, N. (2015). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo (Tesis de maestría). Corporación Universitaria Lasallista, Caldas Antioquilla. Recuperado de http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1800/1/Extraccion_asistida_ultrasonido_compuestos_fenolicos_pulpa_c.pdf
- Torres Valenzuela, L. S., G. Martínez, K., Serna Jimenez, J. A., & C. Hernández, M. (2019). *Secado de Pulpa de Café: Condiciones de Proceso, Modelación Matemática y Efecto sobre Propiedades Físicoquímicas*. Quindío- Colombia.
- Vega, A., De León, J. A., & Reyes, S. M. (2017). Determinación del Contenido de Polifenoles Totales, Flavonoides y Actividad Antioxidante de 34 Cafés Comerciales de Panamá. *Información tecnológica*, 28(4), 29-38. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400005>
- Valdez Rodríguez , B., Oseguera Sánchez , E., Ferández López, L., Cerón García, A., Abraham Juárez , M. R., & Ozuna, C. (2018). *Efecto del Tiempo de Almacenamiento en el Contenido de Compuestos Bioactivos Presentes en la Pulpa de Café Orgánico*. Veracruz-México.
- Valencia, M. 2008. Estudio químico de la pulpa de café. Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Colombia. 2008.
- Viteri Miranda, P. A. (2009). ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LA PULPA DE MORA SOMETIDA A UN PROCESO DE LIOFILIZACIÓN. Guayaquil-Ecuador. Viteri

Miranda, P. A. (2009). *ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LA PULPA DE MORA SOMETIDA A UN PROCESO DE LIOFILIZACIÓN*. Guayaquil-Ecuador.

ANEXO

❖ Anexo 1. Formación de la curva de calibración para la cuantificación de contenidos fenólicos

Tabla 12. Lectura de absorbancia según las concentraciones de ácido gálico

Absorbancia	Concentraciones de la curva de patrón de ácido gálico en ppm								
	0	8	16	24	32	40	48	56	64
ABS1	0.000	0.070	0.142	0.203	0.290	0.382	0.460	0.543	0.625
ABS2	0.000	0.071	0.142	0.205	0.302	0.382	0.465	0.553	0.623
ABS3	0.000	0.070	0.141	0.207	0.305	0.383	0.461	0.543	0.625
Promedio	0.000	0.070	0.142	0.205	0.299	0.382	0.462	0.546	0.624
ABS.									

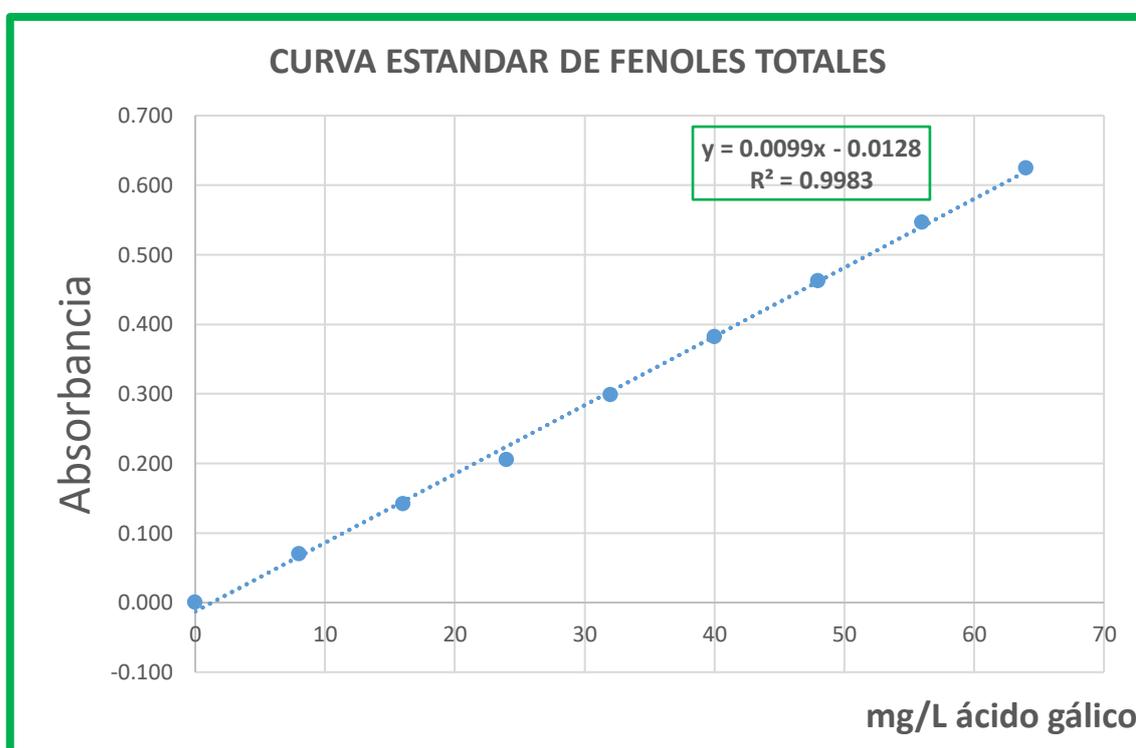


Figura 19. Recta de calibrado de patrón ácido gálico (760 nm)

Tabla 13. Datos generados de la curva de calibración de ácido gálico, para el análisis de Fenoles Totales.

Pendiente	0.0099
Interceptor	0.0128
R²	0.9983

❖ **Anexo 2. Capacidad de extracción, Fenoles totales y Actividad antioxidante de la provincia de Rodríguez de Mendoza**

Tabla 14. Volumen (ml) del extracto de pulpa de café y capacidad de extracción.

Muestra	TD	TS	Extracto final (ml)	Promedio extracto final (ml)	CE (%)			
Pulpa de Café		Agua	5.2	5.3	53.0			
		Ultra Pura	5.4					
			5.3					
	Aire Caliente (Estufa)			6.1	6.2	62.3		
			Etanol 50%	6.2				
				6.4				
		Etanol 95%		7.1	7.2	71.7		
				7.1				
				7.3				
	Liofilización (Liofilizador)			6.7	6.8	68.3		
			Metanol 50%	6.9				
				6.9				
		Etanol 50%		6.7	6.7	67.0		
			Metanol 95%	6.7				
				6.7				
			Agua	5.8	5.7	57.3		
			Ultra Pura	5.6				
				5.8				
Etanol 50%			5.7	5.5	55.3			
		Etanol 50%	5.4					
			5.5					
		Etanol 95%				6.8	6.7	67.3
			Etanol 95%			6.7		
						6.7		
Metanol 50%		6.6	6.7	66.7				
	Metanol 50%	6.7						
		6.7						
Metanol 95%		7.1	6.9	69.3				
	Metanol 95%	6.8						
			6.9					

TD: Tipo de deshidratado, **TS:** Tipo de solvente, **CE:** Capacidad de extracción

Tabla 15. Contenido de fenoles totales expresados en (mg AG/100g Pulpa Deshidratada) medidos a una longitud de onda 760 nm.

Muestra	TD	TS	Abs.	mg AG/l en ED	mg AG/l en EC	FT (mg AG/100g PD)	PFT	
Pulpa de Café		Agua	0.039	5.23	15.7	31.4	32.0	
		Ultra	0.041	5.43	16.3	32.6		
		Pura	0.040	5.33	16.0	32.0		
	Aire Caliente (Estufa)			0.061	7.45	22.4	44.7	48.7
			Etanol	0.068	8.11	24.3	48.7	
			50%	0.074	8.77	26.3	52.6	
		95%		0.076	8.97	26.9	53.8	49.8
			Etanol	0.065	7.86	23.6	47.2	
				0.067	8.06	24.2	48.4	
	Liofilización (Liofilizador)	50%		0.061	7.45	22.4	44.7	44.5
			Metanol	0.060	7.35	22.1	44.1	
				0.061	7.45	22.4	44.7	
		95%		0.052	6.55	19.6	39.3	39.9
			Metanol	0.055	6.85	20.5	41.1	
				0.052	6.55	19.6	39.3	
		Agua		0.125	13.92	41.8	83.5	89.8
			Ultra	0.144	15.84	47.5	95.0	
			Pura	0.137	15.13	45.4	90.8	
		Etanol		0.242	25.74	77.2	154.4	152.2
			50%	0.235	25.03	75.1	150.2	
				0.238	25.33	76.0	152.0	
Etanol			0.392	40.89	122.7	245.3	264.3	
		50%	0.443	46.04	138.1	276.2		
		95%	0.435	45.23	135.7	271.4		
Metanol			0.270	28.57	85.7	171.4	172.0	
		50%	0.269	28.46	85.4	170.8		
			0.274	28.97	86.9	173.8		
Metanol		0.290	30.59	91.8	183.5	180.7		
	50%	0.271	28.67	86.0	172.0			
	95%	0.295	31.09	93.3	186.5			

TD: Tipo de deshidratado, **TS:** Tipo de solvente, **FT:** Fenoles totales, **PFT:** Promedio de fenoles totales, **ED:** Extracto diluido, **EC:** Extracto concentrado, **AG:** Ácido gálico

Tabla 16. Capacidad antioxidante dado en (%), medidos mediante el método DPPH, con una longitud de onda de 517 nm.

Muestra	TD	TS	Abs - A1			PAbs- A1	Abs- A2	Abs- A3	CA- %	PCA- %
			Abs- 1	Abs- 2	Abs- 3					
Pulpa de Café	Aire Caliente (Estufa)	Agua					0.437	0.110	62.2	
		Ultra Pura	0.873	0.861	0.863	0.866	0.441	0.120	62.9	62.6
							0.441	0.117	62.6	
							0.407	0.123	65.8	
		Etanol 50%	0.827	0.831	0.832	0.830	0.409	0.117	64.8	67.0
							0.386	0.141	70.5	
							0.201	0.126	91.0	
		Etanol 95%	0.827	0.831	0.832	0.830	0.142	0.051	89.0	89.5
							0.148	0.053	88.6	
							0.194	0.018	79.7	
	Metanol 50%	0.873	0.861	0.863	0.866	0.175	0.011	81.1	80.1	
						0.196	0.018	79.4		
						0.155	0.003	82.4		
	Metanol 95%	0.873	0.861	0.863	0.866	0.154	0.002	82.4	82.1	
						0.163	0.002	81.4		
	Liofilización (Liofilizador)	Agua					0.544	0.329	75.2	
		Ultra Pura	0.862	0.871	0.864	0.866	0.552	0.363	78.2	77.1
							0.560	0.368	77.8	
							0.541	0.415	85.4	
		Etanol 50%	0.862	0.871	0.864	0.866	0.560	0.419	83.7	84.2
						0.570	0.426	83.4		
						0.344	0.204	83.8		
Etanol 95%		0.862	0.871	0.864	0.866	0.387	0.254	84.6	84.6	
						0.393	0.266	85.3		
						0.372	0.209	80.6		
Metanol 50%	0.830	0.842	0.847	0.840	0.345	0.184	80.8	80.5		
					0.385	0.218	80.1			
					0.122	0.016	87.4			
Metanol 95%	0.830	0.842	0.847	0.840	0.103	0.017	89.8	88.6		
					0.111	0.016	88.7			

TD: Tipo de deshidratado, **TS:** Tipo de solvente, **CA:** Capacidad antioxidante, **PCA:** Promedio de capacidad antioxidante, **Abs:** Absorbancia, **PAbs:** Promedio de absorbancia **A1:** Absorbancia del patrón de referencia, **A2:** Absorbancia de la muestra, **A3:** Absorbancia de blanco muestra

❖ **Anexo 3. Capacidad de extracción, Fenoles totales y Actividad antioxidante de la provincia de la provincia de Utcubamba**

Tabla 17. Volumen (ml) de extracto de pulpa de café y capacidad de extracción (%).

Muestra	TD	TS	Extracto final (ml)	Promedio extracto final (ml)	CE (%)	
Pulpa de Café	Aire Caliente (Estufa)	Agua	5.9	59.0	59.0	
		Ultra Pura	5.8	58.0		
			6	60.0		
				6.2	62.0	62.0
		Etanol	6.2	62.0		
		50%	6.2	62.0		
				6.6	66.0	67.3
		Etanol	6.8	68.0		
		95%	6.8	68.0		
			6.8	68.0	67.3	
	Metanol	6.7	67.0			
	50%	6.7	67.0			
			7.2	72.0	70.3	
	Metanol	6.9	69.0			
	95%	7	70.0			
	Liofilización (Liofilizador)		Agua	5.4	54.0	55.0
			Ultra Pura	5.5	55.0	
				5.6	56.0	
				5.7	57.0	57.3
			Etanol	5.8	58.0	
			50%	5.7	57.0	
				6.1	61.0	62.3
			Etanol	6.2	62.0	
			95%	6.4	64.0	
			5.8	58.0	59.3	
		Metanol	6.2	62.0		
		50%	5.8	58.0		
			6	60.0	60.0	
		Metanol	6	60.0		
		95%	6	60.0		

TD: Tipo de deshidratado, **TS:** Tipo de solvente, **CE:** Capacidad de extracción

Tabla 18. Contenido de fenoles totales expresados en (mg AG/100g Pulpa Deshidratada) medidos a una longitud de onda 760 nm.

Muestra	TD	TS	Abs.	mg AG/l en ED	Mg AG/l en EC	FT (mg AG/100g PD)	PFT	
Pulpa de Café	Aire Caliente (Estufa)	Agua	0.123	13.72	41.2	82.3	84.3	
		Ultra Pura	0.126	14.02	42.1	84.1		
			0.130	14.42	43.3	86.5		
		Etanol 50%		0.385	40.18	120.5	241.1	250.0
				0.413	43.01	129.0	258.1	
				0.401	41.80	125.4	250.8	
		Etanol 95%		0.504	52.20	156.6	313.2	303.1
				0.479	49.68	149.0	298.1	
				0.479	49.68	149.0	298.1	
	Metanol 50%		0.419	43.62	130.8	261.7	260.1	
			0.412	42.91	128.7	257.5		
			0.418	43.52	130.5	261.1		
	Metanol 95%		0.257	27.25	81.8	163.5	164.9	
			0.258	27.35	82.1	164.1		
			0.263	27.86	83.6	167.2		
	Liofilización (Liofilizador)	Agua Ultra Pura		0.291	30.69	122.7	245.5	252.0
				0.302	31.80	127.2	254.4	
				0.304	32.00	128.0	256.0	
		Etanol 50%		0.426	44.32	177.3	354.6	356.5
				0.421	43.82	175.3	350.5	
				0.438	45.54	182.1	364.3	
		Etanol 95%		0.559	57.76	231.0	462.1	460.4
				0.567	58.57	234.3	468.5	
				0.545	56.34	225.4	450.7	
Metanol 50%		0.575	59.37	237.5	475.0	464.5		
		0.556	57.45	229.8	459.6			
		0.555	57.35	229.4	458.8			
Metanol 95%		0.591	60.99	244.0	487.9	479.6		
		0.576	59.47	237.9	475.8			
		0.575	59.37	237.5	475.0			

TD: Tipo de deshidratado, **TS:** Tipo de solvente, **FT:** Fenoles totales, **PFT:** Promedio de fenoles totales, **ED:** Extracto diluido, **EC:** Extracto concentrado, **AG:** Ácido gálico

Tabla 19. Capacidad antioxidante dado en (%), medidos mediante el método DPPH, con longitud de onda de 517 nm.

Muestra	TD	TS	Abs - A1			PAbs- A1	Abs- A2	Abs- A3	CA- %	PCA- %
			Abs- 1	Abs- 2	Abs- 3					
Pulpa de Café	Aire Caliente (Estufa)	Agua					0.551	0.364	75.9	
		Ultra Pura	0.768	0.779	0.778	0.775	0.548	0.389	79.5	77.0
							0.556	0.367	75.6	
							0.176	0.081	88.5	
		Etanol 50%	0.827	0.828	0.828	0.828	0.193	0.096	88.3	88.5
							0.183	0.090	88.8	
	Liofilización (Liofilizador)	Etanol 95%	0.827	0.828	0.828	0.828	0.262	0.136	84.8	84.6
							0.258	0.130	84.5	
		Metanol 50%	0.768	0.779	0.778	0.775	0.176	0.072	86.6	86.5
							0.169	0.066	86.7	
							0.177	0.070	86.2	
							0.091	0.003	88.6	
	Liofilización (Liofilizador)	Metanol 95%	0.768	0.779	0.778	0.775	0.093	0.002	88.3	88.5
							0.091	0.003	88.6	
		Agua					0.363	0.245	86.1	
		Ultra Pura	0.841	0.848	0.854	0.848	0.366	0.249	86.2	85.6
							0.360	0.230	84.7	
							0.389	0.242	81.3	
Liofilización (Liofilizador)	Etanol 50%	0.784	0.785	0.786	0.785	0.387	0.247	82.2	81.8	
						0.385	0.243	81.9		
	Etanol 95%	0.784	0.785	0.786	0.785	0.272	0.169	86.9	86.3	
						0.273	0.159	85.5		
						0.248	0.142	86.5		
						0.251	0.146	87.6		
Liofilización (Liofilizador)	Metanol 50%	0.841	0.848	0.854	0.848	0.243	0.138	87.6	87.2	
						0.227	0.112	86.4		
						0.094	0.016	90.8		
Liofilización (Liofilizador)	Metanol 95%	0.841	0.848	0.854	0.848	0.089	0.014	91.2	91.0	
						0.091	0.014	90.9		

TD: Tipo de deshidratado, **TS:** Tipo de solvente, **CA:** Capacidad antioxidante, **PCA:** Promedio de capacidad antioxidante, **Abs:** Absorbancia, **PAbs:** Promedio de absorbancia **A1:** Absorbancia del patrón de referencia, **A2:** Absorbancia de la muestra, **A3:** Absorbancia de blanco muestra

❖ **Anexo 4. Capacidad de extracción, Fenoles totales y Actividad antioxidante de la provincia de la provincia de luya**

Tabla 20. Volumen (ml) de extracto de pulpa de café y capacidad de extracción (%).

Muestra	TD	TS	Extracto final (ml)	Promedio extracto final (ml)	CE (%)	
Pulpa de Café	Aire Caliente (Estufa)	Agua	5.7	57.0	55.3	
		Ultra	5.4	54.0		
		Pura	5.5	55.0		
		Etanol		6.5	65.0	65.7
			50%	6.7	67.0	
			50%	6.5	65.0	
		Etanol		7.4	74.0	74.0
			95%	7.3	73.0	
			95%	7.5	75.0	
	Metanol		6.9	69.0	68.7	
		50%	6.9	69.0		
		50%	6.8	68.0		
	Metanol		6.7	67.0	67.7	
		95%	6.8	68.0		
		95%	6.8	68.0		
	Liofilización (Liofilizador)	Agua		5	50.0	49.7
			Ultra	4.9	49.0	
			Pura	5	50.0	
		Etanol		5.2	52.0	52.3
			50%	5.3	53.0	
			50%	5.2	52.0	
		Etanol		6	60.0	59.3
			95%	5.8	58.0	
			95%	6	60.0	
Metanol		5.5	55.0	54.0		
	50%	5.4	54.0			
	50%	5.3	53.0			
Metanol		4.7	47.0	47.3		
	95%	4.7	47.0			
	95%	4.8	48.0			

TD: Tipo de deshidratado, **TS:** Tipo de solvente, **CE:** Capacidad de extracción

Tabla 21. Contenido de fenoles totales expresados en (mg AG/100g Pulpa Deshidratada) medidos a una longitud de onda 760 nm.

Muestra	TD	TS	Abs.	mg AG/l en ED	mg AG/l en EC	FT (mg AG/100g PD)	PFT		
Pulpa de Café	Aire Caliente (Estufa)	Agua	0.112	12.61	37.8	75.6	76.0		
		Ultra	0.112	12.61	37.8	75.6			
		Pura	0.114	12.81	38.4	76.8			
					0.161	17.56	52.7	105.3	106.9
		Etanol	0.163	17.76	53.3	106.5			
		50%	0.167	18.16	54.5	109.0			
					0.145	15.94	47.8	95.6	96.2
		Etanol	0.147	16.14	48.4	96.8			
		95%	0.146	16.04	48.1	96.2			
					0.164	17.86	53.6	107.2	109.8
		Metanol	0.170	18.46	55.4	110.8			
		50%	0.171	18.57	55.7	111.4			
				0.090	10.38	31.2	62.3	62.5	
	Metanol	0.091	10.48	31.5	62.9				
	95%	0.090	10.38	31.2	62.3				
				0.119	13.31	53.3	106.5	107.3	
	Agua	0.117	13.11	52.4	104.9				
	Ultra	0.124	13.82	55.3	110.5				
				0.137	15.13	60.5	121.1	121.9	
	Etanol	0.140	15.43	61.7	123.5				
	50%	0.137	15.13	60.5	121.1				
				0.293	30.89	123.6	247.1	247.6	
	Liofilización (Liofilizador)	Etanol	0.290	30.59	122.3	244.7			
		95%	0.298	31.39	125.6	251.2			
			0.198	21.29	85.2	170.3	181.9		
	Metanol	0.220	23.52	94.1	188.1				
	50%	0.219	23.41	93.7	187.3				
			0.275	29.07	116.3	232.6	230.4		
	Metanol	0.277	29.27	117.1	234.2				
	95%	0.265	28.06	112.2	224.5				

TD: Tipo de deshidratado, **TS:** Tipo de solvente, **FT:** Fenoles totales, **PFT:** Promedio de fenoles totales, **ED:** Extracto diluido, **EC:** Extracto concentrado, **AG:** Ácido gálico

Tabla 22. Capacidad antioxidante dado en (%), medidos mediante el método DPPH, con longitud de onda de 517 nm.

Muestra	TD	TS	Abs - A1			PAbs- A1	Abs- A2	Abs- A3	CA- %	PCA- %
			Abs- 1	Abs- 2	Abs- 3					
Pulpa de Café	Aire Caliente (Estufa)	Agua					0.352	0.092	69.1	
		Ultra Pura	0.837	0.835	0.853	0.842	0.329	0.060	68.0	68.4
							0.322	0.054	68.2	
							0.153	0.064	89.7	
		Etanol 50%	0.852	0.860	0.870	0.861	0.150	0.061	89.7	89.7
							0.157	0.069	89.8	
							0.301	0.169	84.7	
		Etanol 95%	0.852	0.860	0.870	0.861	0.298	0.175	85.7	85.5
							0.277	0.157	86.1	
							0.166	0.065	88.0	
	Liofilización (Liofilizador)	Metanol 50%	0.837	0.835	0.853	0.842	0.163	0.076	89.7	88.9
							0.162	0.069	89.0	
							0.109	0.005	87.6	
		Metanol 95%	0.837	0.835	0.853	0.842	0.103	0.006	88.5	88.3
							0.100	0.006	88.8	
		Agua					0.452	0.323	84.2	
		Ultra Pura	0.822	0.817	0.807	0.815	0.449	0.319	84.1	83.9
							0.460	0.325	83.4	
							0.460	0.325	83.4	
		Etanol 50%	0.810	0.806	0.818	0.811	0.453	0.322	83.9	83.6
					0.465	0.332	83.6			
					0.305	0.167	83.0			
Liofilización (Liofilizador)	Etanol 95%	0.810	0.806	0.818	0.811	0.321	0.193	84.2	83.7	
						0.317	0.187	84.0		
						0.312	0.185	84.4		
	Metanol 50%	0.822	0.817	0.807	0.815	0.321	0.204	85.7	84.8	
					0.347	0.218	84.2			
					0.107	0.013	88.5			
Metanol 95%	0.822	0.817	0.807	0.815	0.109	0.019	89.0	88.6		
					0.107	0.013	88.5			

TD: Tipo de deshidratado, **TS:** Tipo de solvente, **CA:** Capacidad antioxidante, **PCA:** Promedio de capacidad antioxidante, **Abs:** Absorbancia, **PAbs:** Promedio de absorbancia **A1:** Absorbancia del patrón de referencia, **A2:** Absorbancia de la muestra, **A3:** Absorbancia de blanco muestra

Tabla 23. Cuadro de resumen general de las variables de estudio (capacidad de extracción, fenoles totales y capacidad antioxidante)

LP	TD	TS	CE (%)	FT (mg AG/100g PD)	CA (%)
Rodríguez de Mendoza	Aire Caliente (Estufa)	Agua UP	53.0	32.0	62.6
		Etanol 50%	62.3	48.7	67.0
		Etanol 95%	71.7	49.8	89.5
		Metanol 50%	68.3	44.5	80.1
		Metanol 95%	67.0	39.9	82.1
	Liofilización (Liofilizador)	Agua UP	57.3	89.8	77.1
		Etanol 50%	55.3	152.2	84.2
		Etanol 95%	67.3	264.3	84.6
		Metanol 50%	66.7	172.0	80.5
		Metanol 95%	69.3	180.7	88.6
Utcubamba	Aire Caliente (Estufa)	Agua UP	59.0	84.3	77.0
		Etanol 50%	62.0	250.0	88.5
		Etanol 95%	67.3	303.1	84.6
		Metanol 50%	67.3	260.1	86.5
		Metanol 95%	70.3	164.9	88.5
	Liofilización (Liofilizador)	Agua UP	55.0	252.0	85.6
		Etanol 50%	57.3	356.5	81.8
		Etanol 95%	62.3	460.4	86.3
		Metanol 50%	59.3	464.5	87.2
		Metanol 95%	60.0	479.6	91.0
Luya	Aire Caliente (Estufa)	Agua UP	55.3	76.0	68.4
		Etanol 50%	65.7	106.9	89.7
		Etanol 95%	74.0	96.2	85.5
		Metanol 50%	68.7	109.8	88.9
		Metanol 95%	67.7	62.5	88.3
	Liofilización (Liofilizador)	Agua UP	49.7	107.3	83.9
		Etanol 50%	52.3	121.9	83.6
		Etanol 95%	59.3	247.6	83.7
		Metanol 50%	54.0	181.9	84.8
		Metanol 95%	47.3	230.4	88.6

LP: Lugar de procedencia de la muestra, **TD:** Tipo de deshidratado, **TS:** Tipo de solvente, **CE:** Capacidad de extracción, **FT:** Fenoles totales, **CA:** Capacidad antioxidante

❖ **Anexo 5. Estadísticos descriptivos de las medias y cuadro ANOVA de las variables de estudio**

Tabla 24. Estadísticos descriptivos de medias, desviación típica de las variables de estudio en función a los factores

	LP	TD	TS	Media	Desv. típ.	N		
Capacidad de Extracción	Rodríguez de Mendoza	Aire Caliente	Agua UP	46.7200	.57400	3		
			Etanol 50%	52.1423	.90462	3		
			Etanol 95%	57.8423	.73670	3		
			Metanol 50%	55.7573	.70956	3		
			Metanol 95%	54.9380	.00000	3		
			Total	53.4800	4.01670	15		
	Liofilizado			Agua UP	49.2173	.66799	3	
				Etanol 50%	48.0623	.88106	3	
				Etanol 95%	55.1420	.35334	3	
				Metanol 50%	54.7357	.35045	3	
				Metanol 95%	56.3780	.95122	3	
				Total	52.7071	3.55131	15	
	Total			Agua UP	47.9687	1.47692	6	
				Etanol 50%	50.1023	2.37313	6	
				Etanol 95%	56.4922	1.56671	6	
				Metanol 50%	55.2465	.75077	6	
				Metanol 95%	55.6580	.99197	6	
				Total	53.0935	3.74590	30	
	Utcubamba	Aire Caliente		Agua UP	50.1853	.58250	3	
				Etanol 50%	51.9430	.00000	3	
				Etanol 95%	55.1437	.70379	3	
				Metanol 50%	55.1420	.35334	3	
				Metanol 95%	57.0027	.96049	3	
				Total	53.8833	2.60210	15	
		Liofilizado			Agua UP	47.8697	.57600	3
					Etanol 50%	49.2170	.33429	3
					Etanol 95%	52.1423	.90462	3
Metanol 50%					50.3830	1.35100	3	
Metanol 95%					50.7680	.00000	3	
Total					50.0760	1.63707	15	
Total				Agua UP	49.0275	1.37008	6	
				Etanol 50%	50.5800	1.50799	6	

		Etanol 95%	53.6430	1.79663	6
		Metanol 50%	52.7625	2.75217	6
		Metanol 95%	53.8853	3.46848	6
		Total	51.9797	2.88296	30
Luya	Aire Caliente	Agua UP	48.0623	.88106	3
		Etanol 50%	54.1320	.69802	3
		Etanol 95%	59.3453	.65350	3
		Metanol 50%	55.9613	.35623	3
		Metanol 95%	55.3460	.35334	3
		Total	54.5694	3.85018	15
	Liofilizado	Agua UP	44.8090	.33082	3
		Etanol 50%	46.3373	.33140	3
		Etanol 95%	50.3797	.67261	3
		Metanol 50%	47.2943	.57450	3
		Metanol 95%	43.4713	.33140	3
		Total	46.4583	2.47013	15
	Total	Agua UP	46.4357	1.87871	6
		Etanol 50%	50.2347	4.29719	6
		Etanol 95%	54.8625	4.94639	6
		Metanol 50%	51.6278	4.76632	6
		Metanol 95%	49.4087	6.51124	6
		Total	50.5139	5.20735	30
Total	Aire Caliente	Agua UP	48.3226	1.62817	9
		Etanol 50%	52.7391	1.19381	9
		Etanol 95%	57.4438	1.94056	9
		Metanol 50%	55.6202	.57031	9
		Metanol 95%	55.7622	1.07637	9
		Total	53.9776	3.49449	45
	Liofilizado	Agua UP	47.2987	2.01222	9
		Etanol 50%	47.8722	1.35079	9
		Etanol 95%	52.5547	2.16726	9
		Metanol 50%	50.8043	3.32444	9
		Metanol 95%	50.2058	5.62722	9
		Total	49.7471	3.67668	45
	Total	Agua UP	47.8106	1.85214	18
		Etanol 50%	50.3057	2.79272	18
		Etanol 95%	54.9992	3.21089	18
		Metanol 50%	53.2123	3.39016	18
		Metanol 95%	52.9840	4.85996	18
		Total	51.8624	4.15266	90

Fenoles Totales	Rodríguez de Mendoza	Aire Caliente	Agua UP	1.5050	.00800	3
			Etanol 50%	1.6863	.03500	3
			Etanol 95%	1.6963	.03062	3
			Metanol 50%	1.6490	.00346	3
			Metanol 95%	1.6007	.01155	3
			Total	1.6275	.07460	15
		Liofilizado	Agua UP	1.9527	.02838	3
			Etanol 50%	2.1827	.00603	3
			Etanol 95%	2.4217	.02765	3
			Metanol 50%	2.2353	.00416	3
			Metanol 95%	2.2570	.01852	3
			Total	2.2099	.15762	15
		Total	Agua UP	1.7288	.24591	6
			Etanol 50%	1.9345	.27278	6
			Etanol 95%	2.0590	.39814	6
			Metanol 50%	1.9422	.32117	6
			Metanol 95%	1.9288	.35975	6
			Total	1.9187	.32000	30
	Utcubamba	Aire Caliente	Agua UP	1.9257	.01102	3
			Etanol 50%	2.3977	.01504	3
			Etanol 95%	2.4813	.01270	3
			Metanol 50%	2.4153	.00379	3
			Metanol 95%	2.2173	.00493	3
			Total	2.2875	.20819	15
		Liofilizado	Agua UP	2.4010	.00964	3
			Etanol 50%	2.5520	.00819	3
			Etanol 95%	2.6633	.00862	3
			Metanol 50%	2.6670	.00866	3
			Metanol 95%	2.6807	.00635	3
			Total	2.5928	.11041	15
		Total	Agua UP	2.1633	.26052	6
			Etanol 50%	2.4748	.08522	6
			Etanol 95%	2.5723	.10016	6
			Metanol 50%	2.5412	.13797	6
			Metanol 95%	2.4490	.25383	6
			Total	2.4401	.22565	30
	Luya	Aire Caliente	Agua UP	1.8813	.00404	3
			Etanol 50%	2.0293	.00709	3
			Etanol 95%	1.9833	.00252	3

			Metanol 50%	2.0403	.00907	3
			Metanol 95%	1.7963	.00231	3
			Total	1.9461	.09702	15
		Liofilizado	Agua UP	2.0307	.01193	3
			Etanol 50%	2.0860	.00520	3
			Etanol 95%	2.3940	.00557	3
			Metanol 50%	2.2593	.02454	3
			Metanol 95%	2.3627	.01021	3
			Total	2.2265	.15098	15
		Total	Agua UP	1.9560	.08218	6
			Etanol 50%	2.0577	.03153	6
			Etanol 95%	2.1887	.22496	6
			Metanol 50%	2.1498	.12109	6
			Metanol 95%	2.0795	.31026	6
			Total	2.0863	.18942	30
	Total	Aire Caliente	Agua UP	1.7707	.20030	9
			Etanol 50%	2.0378	.30869	9
			Etanol 95%	2.0537	.34438	9
			Metanol 50%	2.0349	.33190	9
			Metanol 95%	1.8714	.27298	9
			Total	1.9537	.30469	45
		Liofilizado	Agua UP	2.1281	.20806	9
			Etanol 50%	2.2736	.21306	9
			Etanol 95%	2.4930	.12915	9
			Metanol 50%	2.3872	.21050	9
			Metanol 95%	2.4334	.19130	9
			Total	2.3431	.22578	45
		Total	Agua UP	1.9494	.27032	18
			Etanol 50%	2.1557	.28447	18
			Etanol 95%	2.2733	.33875	18
			Metanol 50%	2.2111	.32489	18
			Metanol 95%	2.1524	.36864	18
			Total	2.1484	.33080	90
Capacidad Antioxidante	Rodríguez de Mendoza	Aire Caliente	Agua UP	52.2813	.20550	3
			Etanol 50%	54.9703	1.85931	3
			Etanol 95%	71.1317	1.21010	3
			Metanol 50%	63.4767	.63005	3
			Metanol 95%	64.9680	.44687	3
			Total	61.3656	7.17048	15
		Liofilizado	Agua UP	61.3850	1.11235	3

		Etanol 50%	66.5663	.88111	3	
		Etanol 95%	66.8963	.59645	3	
		Metanol 50%	63.8010	.26317	3	
		Metanol 95%	70.2890	1.07456	3	
		Total	65.7875	3.20123	15	
	Total	Agua UP	56.8332	5.03735	6	
		Etanol 50%	60.7683	6.48333	6	
		Etanol 95%	69.0140	2.47173	6	
		Metanol 50%	63.6388	.46696	6	
		Metanol 95%	67.6285	3.00594	6	
		Total	63.5766	5.90132	30	
	Utcubamba	Aire Caliente	Agua UP	61.3513	1.48833	3
			Etanol 50%	70.1970	.21750	3
			Etanol 95%	66.9063	.11143	3
			Metanol 50%	68.4390	.22482	3
			Metanol 95%	70.1917	.19976	3
			Total	67.4171	3.43620	15
		Liofilizado	Agua UP	67.7430	.69282	3
			Etanol 50%	64.7353	.34031	3
			Etanol 95%	68.2673	.60090	3
			Metanol 50%	69.0577	.58081	3
			Metanol 95%	72.4983	.18025	3
			Total	68.4603	2.61756	15
		Total	Agua UP	64.5472	3.65158	6
			Etanol 50%	67.4662	3.00236	6
			Etanol 95%	67.5868	.83970	6
			Metanol 50%	68.7483	.51960	6
			Metanol 95%	71.3450	1.27482	6
			Total	67.9387	3.04784	30
	Luya	Aire Caliente	Agua UP	55.8183	.36182	3
			Etanol 50%	71.2783	.06293	3
			Etanol 95%	67.6020	.58751	3
			Metanol 50%	70.5210	.75903	3
			Metanol 95%	70.0173	.54178	3
			Total	67.0474	5.96573	15
		Liofilizado	Agua UP	66.3383	.30632	3
			Etanol 50%	66.1167	.19100	3
			Etanol 95%	66.2147	.50440	3
			Metanol 50%	67.0183	.63239	3
			Metanol 95%	70.2990	.25634	3

		Total	67.1974	1.67485	15
	Total	Agua UP	61.0783	5.76984	6
		Etanol 50%	68.6975	2.83002	6
		Etanol 95%	66.9083	.90401	6
		Metanol 50%	68.7697	2.01768	6
		Metanol 95%	70.1582	.40926	6
		Total	67.1224	4.30597	30
Total	Aire Caliente	Agua UP	56.4837	4.03370	9
		Etanol 50%	65.4819	7.95289	9
		Etanol 95%	68.5467	2.07484	9
		Metanol 50%	67.4789	3.17469	9
		Metanol 95%	68.3923	2.59517	9
		Total	65.2767	6.26785	45
	Liofilizado	Agua UP	65.1554	2.96975	9
		Etanol 50%	65.8061	.95656	9
		Etanol 95%	67.1261	1.03079	9
		Metanol 50%	66.6257	2.33869	9
		Metanol 95%	71.0288	1.23613	9
		Total	67.1484	2.74813	45
	Total	Agua UP	60.8196	5.63142	18
		Etanol 50%	65.6440	5.49749	18
		Etanol 95%	67.8364	1.74930	18
		Metanol 50%	67.0523	2.74034	18
		Metanol 95%	69.7106	2.39340	18
		Total	66.2126	4.90323	90

LP: Lugar de procedencia de la muestra, **TD:** Tipo de deshidratado, **TS:** Tipo de solvente, **N:** Unidad experimental

Tabla 25. Cuadro Anova, pruebas de efectos inter sujetos de las variables de estudio

Fuente	VD	Suma de cuadrados tipo I	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	CE	1509.584 ^a	29	52.055	124.019	.000
	FT	9.726 ^b	29	.335	1596.264	.000
	CA	2109.616 ^c	29	72.745	145.049	.000
Intersección	CE	242073.353	1	242073.353	576735.198	.000
	FT	415.397	1	415.397	1977036.981	.000
	CA	394569.226	1	394569.226	786743.256	.000
LP	CE	100.439	2	50.220	119.648	.000
	FT	4.252	2	2.126	10118.790	.000

	CA	322.675	2	161.337	321.695	.000
TD	CE	402.675	1	402.675	959.365	.000
	FT	3.411	1	3.411	16235.880	.000
	AA	78.826	1	78.826	157.174	.000
TS	CE	571.684	4	142.921	340.507	.000
	FT	1.066	4	.266	1268.086	.000
	CA	809.742	4	202.436	403.642	.000
LP*TD	CE	203.945	2	101.972	242.947	.000
	FT	.421	2	.211	1002.991	.000
	CA	76.157	2	38.078	75.926	.000
LP*TS	CE	110.769	8	13.846	32.988	.000
	FT	.102	8	.013	60.524	.000
	CA	236.911	8	29.614	59.048	.000
TD*TS	CE	59.499	4	14.875	35.439	.000
	FT	.262	4	.066	312.044	.000
	CA	303.681	4	75.920	151.380	.000
LP*TD*TS	CE	60.574	8	7.572	18.040	.000
	FT	.212	8	.026	125.937	.000
	CA	281.623	8	35.203	70.192	.000
Error	CE	25.184	60	.420		
	FT	.013	60	.000		
	CA	30.091	60	.502		
Total	CE	243608.121	90			
	FT	425.136	90			
	CA	396708.933	90			
Total corregida	CE	1534.768	89			
	FT	9.739	89			
	CA	2139.707	89			

LP: Lugar de procedencia de la muestra, **TD:** Tipo de deshidratado, **TS:** Tipo de solvente, **VD:** Variable independiente, **CE:** Capacidad de extracción, **FT:** Fenoles totales, **CA:** Capacidad antioxidante, **gl:** Grado de libertad, **F:** Factor

- R cuadrado = .984 (R cuadrado corregida = .976)
- R cuadrado = .999 (R cuadrado corregida = .998)
- R cuadrado = .986 (R cuadrado corregida = .979)

❖ **Anexo 6. Medias marginales estimadas de las variables de estudio según los factores (procedencia de la muestra, tipo de deshidratado y según el tipo de solvente)**

Tabla 26. Medias marginales estimadas de las variables de estudio según lugar de procedencia de la muestra (**LP**)

VD	LP	Media	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
CE	Rodríguez de Mendoza	53.094	.118	52.857	53.330
	Utcubamba	51.980	.118	51.743	52.216
	Luya	50.514	.118	50.277	50.750
FT	Rodríguez de Mendoza	1.919	.003	1.913	1.924
	Utcubamba	2.440	.003	2.435	2.445
	Luya	2.086	.003	2.081	2.092
CA	Rodríguez de Mendoza	63.577	.129	63.318	63.835
	Utcubamba	67.939	.129	67.680	68.197
	Luya	67.122	.129	66.864	67.381

LP: Lugar de procedencia de la muestra, **VD:** Variable dependiente, **CE:** Capacidad de extracción, **FT:** Fenoles totales, **CA:** Capacidad antioxidante

Tabla 27. Medias marginales estimadas de las variables de estudio según el tipo de deshidratado (**TD**)

VD	TD	Media	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
CE	Aire Caliente	53.978	.097	53.784	54.171
	Liofilizado	49.747	.097	49.554	49.940
FT	Aire Caliente	1.954	.002	1.949	1.958
	Liofilizado	2.343	.002	2.339	2.347
CA	Aire Caliente	65.277	.106	65.066	65.488
	Liofilizado	67.148	.106	66.937	67.360

TD: Tipo de deshidratado, **VD:** Variable dependiente, **CE:** Capacidad de extracción, **FT:** Fenoles totales, **CA:** Capacidad antioxidante

Tabla 28. Medias marginales estimadas de las variables de estudio según el tipo de solvente (TS)

VD	TS	Media	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%.	
				Límite inferior	Límite superior
CE	Agua UP	47.811	.153	47.505	48.116
	Etanol 50%	50.306	.153	50.000	50.611
	Etanol 95%	54.999	.153	54.694	55.305
	Metanol 50%	53.212	.153	52.907	53.518
	Metanol 95%	52.984	.153	52.679	53.289
FT	Agua UP	1.949	.003	1.943	1.956
	Etanol 50%	2.156	.003	2.149	2.163
	Etanol 95%	2.273	.003	2.266	2.280
	Metanol 50%	2.211	.003	2.204	2.218
	Metanol 95%	2.152	.003	2.146	2.159
CA	Agua UP	60.820	.167	60.486	61.153
	Etanol 50%	65.644	.167	65.310	65.978
	Etanol 95%	67.836	.167	67.502	68.170
	Metanol 50%	67.052	.167	66.718	67.386
	Metanol 95%	69.711	.167	69.377	70.044

TS: Tipo de solvente, VD: Variable dependiente, CE: Capacidad de extracción, FT: Fenoles totales, CA: Capacidad antioxidante

❖ **Anexo 7. Prueba Pos hoc, comparaciones múltiples de Tukey, subconjuntos homogéneos para cada variable dependiente**

Tabla 29. Comparaciones múltiples de Tukey según lugar de procedencia de la muestra

VD	(I) LP	(J) LP	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación	Intervalo de confianza al 95%.		
						Límite superior	Límite inferior	
CE	DHS de Tukey	Rodríguez de Mendoza	Utcubamba	1.1139*	.16728	.000	.7119	1.5159
			Luya	2.5797*	.16728	.000	2.1777	2.9817
	Utcubamba	Rodríguez de Mendoza	-1.1139*	.16728	.000	-1.5159	-.7119	
		Luya	1.4658*	.16728	.000	1.0638	1.8678	
	Luya	Rodríguez de Mendoza	-2.5797*	.16728	.000	-2.9817	-2.1777	
		Utcubamba	-1.4658*	.16728	.000	-1.8678	-1.0638	
FT	DHS de Tukey	Rodríguez de Mendoza	Utcubamba	-.5215*	.00374	.000	-.5305	-.5125
			Luya	-.1677*	.00374	.000	-.1767	-.1587
	Utcubamba	Rodríguez de Mendoza	.5215*	.00374	.000	.5125	.5305	
		Luya	.3538*	.00374	.000	.3448	.3628	
	Luya	Rodríguez de Mendoza	.1677*	.00374	.000	.1587	.1767	
		Utcubamba	-.3538*	.00374	.000	-.3628	-.3448	
CA	DHS de Tukey	Rodríguez de Mendoza	Utcubamba	-4.3621*	.18285	.000	-4.8016	-3.9227
			Luya	-3.5458*	.18285	.000	-3.9853	-3.1064
	Utcubamba	Rodríguez de Mendoza	4.3621*	.18285	.000	3.9227	4.8016	
		Luya	.8163*	.18285	.000	.3769	1.2557	
	Luya	Rodríguez de Mendoza	3.5458*	.18285	.000	3.1064	3.9853	
		Utcubamba	-.8163*	.18285	.000	-1.2557	-.3769	

LP: Lugar de procedencia de la muestra, **VD:** Variable dependiente, **CE:** Capacidad de extracción, **FT:** Fenoles totales, **CA:** Capacidad antioxidante. Basado en las medias observadas. *La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 30. Comparaciones múltiples de Tukey para los subconjuntos homogéneos de la capacidad de extracción según lugar de procedencia de la muestra

	Lugar de Procedencia	N	Subconjunto		
			1	2	3
DHS de Tukey ^{a,b,c}	Luya	30	50.5139		
	Utcubamba	30		51.9797	
	Rodríguez de Mendoza	30			53.0935
	Significación		1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo I.

El término error es la Media cuadrática (Error) = .420.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 30.000
- Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- Alfa = .05.

Tabla 31. Comparaciones Múltiples de Tukey para los subconjuntos homogéneos de fenoles totales según lugar de procedencia de la muestra

	Lugar de Procedencia	N	Subconjunto		
			1	2	3
DHS de Tukey ^{a,b,c}	Rodríguez de Mendoza	30	1.9187		
	Luya	30		2.0863	
	Utcubamba	30			2.4401
	Significación		1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo I.

El término error es la Media cuadrática (Error) = .000.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 30.000
- Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- Alfa = .05.

Tabla 32. Comparaciones Múltiples de Tukey para los subconjuntos homogéneos de capacidad antioxidante según lugar de procedencia de la muestra

	Lugar de Procedencia	N	Subconjunto		
			1	2	3
DHS de Tukey ^{a,b,c}	Rodríguez de Mendoza	30	63.5766		
	Luya	30		67.1224	
	Utcubamba	30			67.9387
	Significación		1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo I.

El término error es la Media cuadrática (Error) = .502.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 30.000
- b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- c. Alfa = .05.

Tabla 33. Comparaciones múltiples de Tukey de según lugar el tipo de solvente

VD	(I) TS	(J) TS	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación	Intervalo de confianza al 95%.		
						Límite superior	Límite inferior	
CE	DHS de Tukey	Agua UP	Etanol 50%	-2.4951*	.21596	.000	-3.1024	-1.8877
			Etanol 95%	-7.1886*	.21596	.000	-7.7960	-6.5812
			Metanol 50%	-5.4017*	.21596	.000	-6.0090	-4.7943
			Metanol 95%	-5.1734*	.21596	.000	-5.7808	-4.5660
	Etanol 50%	Agua UP	Etanol 50%	2.4951*	.21596	.000	1.8877	3.1024
			Etanol 95%	-4.6936*	.21596	.000	-5.3009	-4.0862
			Metanol 50%	-2.9066*	.21596	.000	-3.5140	-2.2992
			Metanol 95%	-2.6783*	.21596	.000	-3.2857	-2.0710
	Etanol 95%	Agua UP	Etanol 50%	7.1886*	.21596	.000	6.5812	7.7960
			Etanol 95%	4.6936*	.21596	.000	4.0862	5.3009
			Metanol 50%	1.7869*	.21596	.000	1.1796	2.3943
			Metanol 95%	2.0152*	.21596	.000	1.4079	2.6226
	Metanol 50%	Agua UP	Etanol 50%	5.4017*	.21596	.000	4.7943	6.0090
			Etanol 95%	2.9066*	.21596	.000	2.2992	3.5140
			Etanol 95%	-1.7869*	.21596	.000	-2.3943	-1.1796
			Metanol 95%	.2283	.21596	.827	-.3791	.8356
	Metanol 95%	Agua UP	Etanol 50%	5.1734*	.21596	.000	4.5660	5.7808
			Etanol 95%	2.6783*	.21596	.000	2.0710	3.2857
			Etanol 95%	-2.0152*	.21596	.000	-2.6226	-1.4079
			Metanol 50%	-.2283	.21596	.827	-.8356	.3791
FT	DHS de Tukey	Agua UP	Etanol 50%	-.2063*	.00483	.000	-.2199	-.1927
			Etanol 95%	-.3239*	.00483	.000	-.3375	-.3104
			Metanol 50%	-.2617*	.00483	.000	-.2753	-.2481
			Metanol 95%	-.2031*	.00483	.000	-.2166	-.1895
			Etanol 50%	.2063*	.00483	.000	.1927	.2199

			Etanol 95%	-.1177*	.00483	.000	-.1313	-.1041
			Metanol 50%	-.0554*	.00483	.000	-.0690	-.0418
			Metanol 95%	.0032	.00483	.963	-.0104	.0168
		Etanol 95%	Agua UP	.3239*	.00483	.000	.3104	.3375
			Etanol 50%	.1177*	.00483	.000	.1041	.1313
			Metanol 50%	.0623*	.00483	.000	.0487	.0759
			Metanol 95%	.1209*	.00483	.000	.1073	.1345
		Metanol 50%	Agua UP	.2617*	.00483	.000	.2481	.2753
			Etanol 50%	.0554*	.00483	.000	.0418	.0690
			Etanol 95%	-.0623*	.00483	.000	-.0759	-.0487
			Metanol 95%	.0586*	.00483	.000	.0450	.0722
		Metanol 95%	Agua UP	.2031*	.00483	.000	.1895	.2166
			Etanol 50%	-.0032	.00483	.963	-.0168	.0104
			Etanol 95%	-.1209*	.00483	.000	-.1345	-.1073
			Metanol 50%	-.0586*	.00483	.000	-.0722	-.0450
CA	DHS de Tukey	Agua UP	Etanol 50%	-4.8244*	.23606	.000	-5.4884	-4.1605
			Etanol 95%	-7.0168*	.23606	.000	-7.6807	-6.3529
			Metanol 50%	-6.2327*	.23606	.000	-6.8966	-5.5688
			Metanol 95%	-8.8910*	.23606	.000	-9.5549	-8.2271
		Etanol 50%	Agua UP	4.8244*	.23606	.000	4.1605	5.4884
			Etanol 95%	-2.1924*	.23606	.000	-2.8563	-1.5285
			Metanol 50%	-1.4083*	.23606	.000	-2.0722	-.7444
			Metanol 95%	-4.0666*	.23606	.000	-4.7305	-3.4026
		Etanol 95%	Agua UP	7.0168*	.23606	.000	6.3529	7.6807
			Etanol 50%	2.1924*	.23606	.000	1.5285	2.8563
			Metanol 50%	.7841*	.23606	.013	.1202	1.4480
			Metanol 95%	-1.8742*	.23606	.000	-2.5381	-1.2103
		Metanol 50%	Agua UP	6.2327*	.23606	.000	5.5688	6.8966
			Etanol 50%	1.4083*	.23606	.000	.7444	2.0722
			Etanol 95%	-.7841*	.23606	.013	-1.4480	-.1202
			Metanol 95%	-2.6583*	.23606	.000	-3.3222	-1.9944

Metanol 95%	Agua UP	8.8910*	.23606	.000	8.2271	9.5549
	Etanol 50%	4.0666*	.23606	.000	3.4026	4.7305
	Etanol 95%	1.8742*	.23606	.000	1.2103	2.5381
	Metanol 50%	2.6583*	.23606	.000	1.9944	3.3222

TS: Tipo de solvente, **VD:** Variable dependiente, **CE:** Capacidad de extracción, **FT:** Fenoles totales, **CA:** Capacidad antioxidante
Basado en las medias observadas.

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

Tabla 34. Comparaciones múltiples de Tukey para los subconjuntos homogéneos de la capacidad de extracción según tipo de solvente

	Tipos de Solventes	N	Subconjunto			
			1	2	3	4
DHS de Tukey ^{a,b,c}	Agua UP	18	47.8106			
	Etanol 50%	18		50.3057		
	Metanol 95%	18			52.9840	
	Metanol 50%	18			53.2123	
	Etanol 95%	18				54.9992
	Significación			1.000	1.000	.827

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo I.

El término error es la Media cuadrática (Error) = .420.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 18.000
- Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- Alfa = .05.

Tabla 35. Comparaciones Múltiples de Tukey para los subconjuntos homogéneos de fenoles totales según el tipo de solvente

	Tipos de Solventes	N	Subconjunto			
			1	2	3	4
DHS de Tukey ^{a,b,c}	Agua UP	18	1.9494			
	Metanol 95%	18		2.1524		
	Etanol 50%	18		2.1557		
	Metanol 50%	18			2.2111	
	Etanol 95%	18				2.2733
	Significación			1.000	.963	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo I.

El término error es la Media cuadrática (Error) = .000.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 18.000
- Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- Alfa = .05

Tabla 36. Comparaciones Múltiples de Tukey para los subconjuntos homogéneos de capacidad antioxidante según el tipo de solvente

	Tipos de Solventes	N	Subconjunto				
			1	2	3	4	5
DHS de Tukey ^{a,b,c}	Agua UP	18	60.8196				
	Etanol 50%	18		65.6440			
	Metanol 50%	18			67.0523		
	Etanol 95%	18				67.8364	
	Metanol 95%	18					69.7106
	Significación			1.000	1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo I

El término error es la Media cuadrática (Error) = .502.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 18.000
- Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- Alfa = .05.

❖ Anexo 8. Fotos del desarrollo del proyecto de tesis



Figura 20. Recolección de la muestra en la finca de café



Figura 21. Pesado de la pulpa de café



Figura 22. Deshidratación de la pulpa de café mediante aire caliente (equipo de estufa)



Figura 23. Deshidratación de la pulpa de café mediante el proceso de liofilizado



Figura 24. Pulpa de café deshidratada por aire caliente (equipo de estufa)



Figura 25. Pulpa de café liofilizada



Figura 26. *Proceso de extracción sólido-líquido de la muestra pulpa de café deshidratada*



Figura 27. *Equipo centrifuga contenido de muestras de pulpa de café y solvente*



Figura 28. Proceso de filtración de los extractos de las muestras de pulpa de café deshidratada



Figura 29. Obtención de los extractos de las muestras de pulpa de café deshidratada



Figura 30. Extractos de pulpa de café reaccionando con los reactivos trabajados (método Folin Ciocalteu) para evaluar el contenido de fenoles totales.



Figura 31. Extracto de las muestras de pulpa de café deshidratadas reaccionando con el reactivo DPPH, ocurriendo así la captación de los radicales libres de las muestras y está dada en % de capacidad antioxidante.



Figura 32. Equipo espectrofotómetro utilizado observar las lecturas de absorbancia de las muestras de extracto de pulpa de café deshidratadas para determinar los compuestos fenólicos y actividad antioxidante.



Figura 33. Disolución concentrada de ácido gálico (mg/l) para la curva de fenoles totales.



Figura 34. Curva de calibración de ácido gálico para la cuantificación de fenoles totales.



Figura 35. Equipo de trabajo del proyecto FONDECYT.