

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**“CAPSAICINOIDES, COMPUESTOS FENÓLICOS,  
ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE *IN VITRO* Y COLOR DE 100  
ACCESIONES DE *Capsicum spp.*”**

**Presentada por:**

**JAMES EULER VILLAR ESTRADA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGÍSTER SCIENTIAE EN  
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Lima-Perú  
2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA  
ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**“CAPSAICINOIDES, COMPUESTOS FENÓLICOS, ACTIVIDAD  
ANTIOXIDANTE *IN VITRO* Y COLOR DE 100 ACCESIONES DE  
*Capsicum spp.*”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**JAMES EULER VILLAR ESTRADA**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Dr. Américo Guevara Pérez  
**PRESIDENTE**

Dr. David Campos Gutiérrez  
**ASESOR**

MSc. Eduardo Morales Soriano  
**CO-ASESOR**

Dra. Rosana Chirinos Gallardo  
**MIEMBRO**

Dr. Edwin Baldeón Chamorro  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A mi madre por ser constante durante toda mi vida y por su confianza

A mi padre por ser un ejemplo de perseverancia,

A mi tío Eduardo Estrada por el gran apoyo durante toda la vida,

A mi tío Víctor Guevara por el apoyo incondicional,

A mis hermanas y a mi familia en general,

A mis verdaderos amigos,

Y a mis alumnos en general.

“Todo lo que el hombre ignora, no existe para él. Por eso el universo de cada uno, se resume en el tamaño de su saber”

Albert Einstein

## **AGRADECIMIENTO**

Al Dr. David Campos Gutiérrez por el patrocinio para la realización y el financiamiento del presente trabajo.

Al Ing. Mg. Sc. Eduardo Morales Soriano por el apoyo incondicional en la realización y finalización del presente trabajo.

A la Dra. Rosana Chirinos por los consejos, los cuales fueron decisivos en el desarrollo de los experimentos.

A Adelaida Pardo por su colaboración en todas las etapas de investigación.

A Rocío Carrión por su apoyo amistoso, profesional y sus consejos para la redacción.

A Erick Saldaña Villa por el apoyo con los análisis multivariados y su gran amistad.

Al Instituto de Biotecnología (IBT), Laboratorio de Biotecnología Industrial, perteneciente a la Universidad Nacional Agraria La Molina, que fue la Institución donde se llevó a cabo dicha investigación, presto los equipos y materiales experimentales.

Al apoyo financiero del programa VLIRUOS y fondos de investigación a través del IUC programa en la Universidad Nacional Agraria La Molina en Perú (VLIR-UOS-UNALM).

A todos los compañeros y personas que hicieron del ambiente agradable de trabajo un ambiente más agradable, en especial a Ana Caroline, Ruly Terán, Andrea Mejía, Juan Champe, Eric Rosales, Catherine Fernández, Erika Espinoza, Manuel Guerrero, Martin Aquino, Rosa Sánchez, Melissa Kina, Jordan entre otros.

# ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	2
2.1	Aspectos taxonómicos de los ajíes ( <i>Capsicum spp.</i> ) .....	2
2.2	Origen y domesticación.....	3
2.3	Ajíes: características, composición y compuestos de interés .....	8
2.3.1	Componentes del color en ajíes .....	9
2.3.2	Vitaminas y compuestos bioactivos.....	11
2.3.3	Componentes del sabor y capsaicinoides.....	12
2.3.3.1	Biosíntesis de capsaicinoides .....	14
2.4	Métodos específicos de extracción e indicadores de calidad en <i>Capsicum</i> .....	16
2.4.1	Métodos de obtención de extractos con compuestos de interés.....	16
2.4.2	Extracción de capsaicinoides y pungencia .....	17
2.4.2.1	Métodos Subjetivos para pungencia .....	18
2.4.3	Medición color de ajíes e índices .....	19
2.4.3.1	Índice de color .....	21
2.4.4	Análisis multivariado para la caracterización química: Análisis de componentes principales (PCA) y Análisis discriminante (DA).....	22
2.4.4.1	Análisis de componentes principales (PCA) .....	22
2.4.4.2	Análisis Discriminante (DA).....	23
2.5	Importancia comercial del <i>Capsicum</i> .....	23
2.6	Uso tradicional y perspectiva industrial de <i>Capsicum</i> .....	25
III.	MATERIALES Y METODOS.....	27
3.1	Lugar de Ejecución .....	27
3.2	Materiales.....	27
3.2.1	Accesiones de ají.....	27
3.2.2	Material de Laboratorio .....	30
3.2.3	Equipos de Laboratorio .....	30
3.2.4	Reactivos .....	31
3.3	Metodología Experimental .....	31
3.4	Métodos de Análisis.....	33
3.4.1	Materia Seca .....	33

3.4.2	Extracción, identificación y cuantificación de capsaicinoides (nordihidrocapsaicina, capsaicina y dihidrocapsaicina) y pungencia.....	33
3.4.3	Obtención de extractos para el análisis de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante TEAC .....	34
3.4.4	Determinación de compuestos fenólicos totales .....	34
3.4.5	Determinación de la capacidad antioxidante hidrofílica .....	35
3.4.6	Cuantificación del color .....	36
3.5	Diseño estadístico.....	37
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1	Materia Seca .....	38
4.2	Identificación y cuantificación de capsaicinoides y pungencia en Ajíes.....	41
4.2.1	Capsaicinoides y Pungencia en <i>Capsicum annuum</i> .....	44
4.2.2	Capsaicinoides y Pungencia en <i>Capsicum frutescens</i> .....	46
4.2.3	Capsaicinoides y Pungencia en <i>Capsicum baccatum</i> .....	47
4.2.4	Capsaicinoides y Pungencia en <i>Capsicum chinense</i> .....	48
4.2.5	Otras consideraciones en capsaicinoides con ajíes caracterizados .....	52
4.3	Cuantificación de compuestos fenólicos totales .....	53
4.4	Capacidad antioxidante hidrofílica en trolox equivalente.....	59
4.5	Atributos de color.....	63
4.6	Análisis multivariado: Análisis de componentes principales (PCA) y análisis discriminante (DA).....	69
V.	CONCLUSIONES.....	74
VI.	RECOMENDACIONES.....	75
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	76
VIII.	ANEXOS .....	93

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Estructuras químicas de los capsaicinoides. ....	13
Cuadro 2: Solvente de extracción, condiciones y sistema de cuantificación .....	18
Cuadro 3: Acciones estudiadas en el presente trabajo experimental .....	27
Cuadro 4: Contenido de humedad (%) de <i>Capsicum annuum</i> , <i>baccatum</i> y <i>frutescens</i> .....	39
Cuadro 5: Contenido de humedad (%) de <i>Capsicum chinense</i> .....	40
Cuadro 6: Capsaicinoides y pungencia en <i>Capsicum annuum</i> .....	45
Cuadro 7: Capsaicinoides y pungencia en <i>Capsicum frutescens</i> .....	46
Cuadro 8: Capsaicinoides y pungencia en <i>Capsicum baccatum</i> .....	47
Cuadro 9: Capsaicinoides y pungencia en <i>Capsicum chinense</i> .....	50
Cuadro 10. Contraste del contenido cuantificado con respecto a estudios anteriores .....	53
Cuadro 11: Compuestos fenólicos totales en <i>Capsicum frutescens</i> .....	55
Cuadro 12: Compuestos fenólicos totales en <i>Capsicum annuum</i> .....	55
Cuadro 13: Compuestos fenólicos totales en <i>Capsicum baccatum</i> .....	56
Cuadro 14: Compuestos fenólicos totales en <i>Capsicum chinense</i> .....	57
Cuadro 15: Capacidad antioxidante en <i>Capsicum frutescens</i> .....	60
Cuadro 16: Capacidad antioxidante en <i>Capsicum annuum</i> .....	61
Cuadro 17: Capacidad antioxidante en <i>Capsicum baccatum</i> .....	61
Cuadro 18: Capacidad antioxidante en <i>Capsicum chinense</i> .....	62
Cuadro 19: Color instrumental en <i>Capsicum annuum</i> .....	65
Cuadro 20: Color instrumental en <i>Capsicum frutescens</i> .....	66
Cuadro 21: Color instrumental en <i>Capsicum baccatum</i> .....	66
Cuadro 22: Color instrumental en <i>Capsicum chinense</i> .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de linaje-divergencia y estructura del genoma de tres especies de <i>Capsicum</i> .....	4
Figura 2. La capsaicina, sustancia principal del chile (A) y del receptor de la capsaicina (receptor TRPV1) a través del cual la capsaicina se une y los mamíferos sienten acritud (B).....	4
Figura 3. Esquema de expansión de la especie.....	6
Figura 4. Distribución de la domesticación de las especies de <i>Capsicum</i> .....	7
Figura 5. Producción/Rendimiento de chiles y pimientos secos en el mundo .....	24
Figura 6. Producción/Rendimiento de chiles y pimientos verdes en el mundo.....	25
Figura 7: Regiones de la molécula de la capsaicina. ....	13
Figura 8. Esquema de la biosíntesis de capsaicinoides .....	15
Figura 9. La capsaicina se acumula en ampollas / vesículas en la superficie de la placenta.....	16
Figura 10. Cuatro etapas de maduración de pimiento que ilustran la estructura del fitoquímico del color en el tejido donde se sintetiza.....	10
Figura 11. Diversidad en formas y colores de ajíes nativos peruanos.....	11
Figura 12: Espacio de color CIELAB .....	20
Figura 13: Espacio de color CIEALB con parámetros L*, a*, b*, C*, h* y ΔE .....	20
Figura 14: Flujograma de obtención y análisis de muestras.....	32
Figura 15. Diagrama de dispersión respecto al contenido de materia seca (%) según especie de <i>Capsicum</i> .....	38
Figura 16. Perfiles de capsaicinoides de accesiones .....	42
Figura 17. Diagrama de dispersión del contenido en base seca de nordihidrocapsaicina (NDH), capsaicina (CPS), dihidrocapsaicina (DHC) y unidades Scoville (SHU) según especie de <i>Capsicum</i> .....	43
Figura 18. Compuestos fenólicos totales (CFT) según especie.....	54
Figura 19. Capacidad antioxidante hidrofílica según especie de <i>Capsicum</i> .....	60
Figura 20. Valor croma, tonalidad e índices de color para <i>Capsicum</i> molido según especie ....	64
Figura 21. Gráfico de dispersión para factor 1 y factor 2 para análisis de componentes principales .....	70
Figura 22. Gráfico de atributos para para análisis de componentes principales.....	70
Figura 23. Gráfico de dispersión para factor 1 y factor 2 para análisis discriminante .....	71
Figura 24. Gráfico de atributos para para análisis discriminante .....	72



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Curva estándar de Capsaicinoides (Capsaicina y Dihidrocapsaicina).....	93
Anexo 2: Curva estándar de compuestos fenólicos totales.....	94
Anexo 3: Curva estándar de Actividad Antioxidante TEAC.....	97
Anexo 4: Materia seca (%), contenido de nordihidrocapsaicina (NDH), capsaicina (CPS), dihirocapsaicina (DHC), pungencia en unidades Scoville (SHU), compuestos fenólicos totales (CFT), actividad antioxidante hidrofílica (TEAC) y color en C*, h°, IC*.....	99
Anexo 5: Análisis de varianza y comparación de medias para materia seca, por especie de <i>Capsicum</i> .....	103
Anexo 6: Análisis de varianza y comparación de medias para concentración de capsaicinoides por especie de <i>Capsicum</i> .....	112
Anexo 7: Análisis de varianza y comparación de medias para concentración de compuestos fenólicos totales por especie de <i>Capsicum</i> .....	125
Anexo 8: Análisis de varianza y comparación de medias para actividad antioxidante por especie de <i>Capsicum</i> .....	129
Anexo 9: Análisis de varianza y comparación de medias para color por especie de <i>Capsicum</i> .....	133
Anexo 10: Análisis de componentes principales.....	146
Anexo 11: Análisis discriminante.....	148

## RESUMEN

El género *Capsicum* cuenta con mucha diversidad, en formas, colores y contenidos de metabolitos; los compuestos presentes en las frutas de *Capsicum* son de interés industrial, por lo que deben ser caracterizados para su aplicación. Perú ha sido un centro de diversificación de *Capsicum* y posiblemente el país con la mayor diversidad de ajíes cultivados del mundo. Este trabajo estudió 100 accesiones de cuatro especies de *Capsicum* (*C. annuum*, *C. baccatum*, *C. frutescens* y *C. chinense*), en las cuales se cuantificó el contenido de capsaicinoides (nordihidrocapsaicina, capsaicina y dihidrocapsaicina) y pungencia; los compuestos fenólicos totales; la actividad antioxidante, mediante la inhibición del catión radical ABTS<sup>+</sup>; y el color instrumental (C\*, h\* e índice de color en CIELab). Los atributos medidos se asociaron mediante el Análisis de Componentes Principales (PCA) y Análisis discriminante (DA). La máxima pungencia alcanzada fue de 365 929 unidades Scoville por el ají Pucunucho de Lamas (*C. chinense*). En general se encontró mucha diversidad en los atributos; sin embargo se encontraron altas correlaciones entre los contenidos de capsaicinoides con los compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante; así también una alta correlación inversa entre el valor hue y el índice de color. En general, los frutos de *Capsicum* evaluados presentaron propiedades atractivas y pueden usarse como una fuente botánica alternativa para la extracción de oleorresinas, colorantes, saborizantes, productos farmacéuticos, entre otros.

**Palabras Clave:** ajíes, Capsaicina, Dihidrocapsaicina, TEAC, CIELAB, Análisis de componentes principales, *Capsicum*

## ABSTRACT

The fruits of the *Capsicum* genus have a great diversity, in forms, colors and content of metabolites; being these compounds of industrial interest, so they should be characterized for their application. Peru has been a center of diversification of *Capsicum* and possibly the country with the greatest diversity of cultivated peppers in the world. This work studied 100 accessions of four species of *Capsicum* (*C. annuum*, *C. baccatum*, *C. frutescens* and *C. chinense*), capsaicinoids (nordihydrocapsaicin, capsaicin and dihydrocapsaicin) and pungency was quantified; the total phenolic compounds; the antioxidant activity, by means of the inhibition of the radical cation ABTS<sup>+</sup>; and the instrumental color (C \*, h \* and color index in CIELab). The attributes measured were related with Principal Component Analysis (PCA) and Discriminant Analysis (DA). In general, diversity was found in the attributes; however high correlations were found between the contents of capsaicinoids with total phenolic compounds and antioxidant activity; thus also a high inverse correlation between the hue value and the color index. The maximum pungency reached was 365 929 units Scoville for the pepper Pucunucho de Lamas (*C. Chinense*). In general, the fruits of *Capsicum* evaluated presented attractive properties and can be used as an alternative botanical source for the extraction of oleoresins, dyes, flavorings, pharmaceutical products, among others.

**Keywords:** Chili peppers, Capsaicin, Dihydrocapsaicin, Pungency, TEAC, CIELAB, Principal Component Analysis, *Capsicum*

## I. INTRODUCCIÓN

Los ajíes vegetales son esencialmente frutas y al mismo tiempo especias; son multifacéticos especialmente por su fenotipo y sus formas de uso. La diversidad del color, forma, y sabor de las frutas son algunas de las razones de su apreciación; pero la característica más importante es la pungencia (picor), debido a la presencia de capsaicinoides secretados en la placenta de la fruta (Pinto *et al.*, 2016). Los *Capsicum* más picantes son comúnmente llamados ajíes (*chili peppers* en inglés), o simplemente "chiles" en países iberoamericanos. Los de forma alargada grande se denominan pimientos (rojo, verde) o "bell pepper" en América del Norte y Gran Bretaña, y por lo general sólo "*Capsicum*" en Nueva Zelanda, Australia y la India (Gardner, 2012). En Perú son denominados como ajíes (tamaño pequeño), rocoto (forma redonda y tamaño regular) y/o pimientos (mayor tamaño).

El género *Capsicum* (perteneciente a la familia *Solanaceae*) con aproximadamente 35 especies (Carrizo García *et al.*, 2013), es nativo de las Américas tropicales y templadas y se distribuye desde México a Brasil, Paraguay y el centro de Argentina. Las especies más importantes son: *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens*. Perú es un centro de diversificación y probablemente el país con la mayor diversidad de ajíes cultivados en el mundo.

van Zonneveld *et al.* (2015) mencionan que Perú cuenta con aproximadamente 712 accesiones de *Capsicum*, principalmente pertenecientes a cinco especies, cultivadas y mantenidas en el banco de germoplasma del Instituto Nacional de Innovación Agrícola (INIA). La comparación y cuantificación de la diversidad y su relación con el contenido de metabolitos es aún limitada; pero constituye un pilar en la valorización de biodiversidad. . En consecuencia, el objetivo de esta investigación fue caracterizar los ajíes peruanos en función de atributos sensoriales como el color y pungencia, y atributos nutricionales como compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante *in vitro*; con fines de valorizar los ajíes y mostrar el potencial que tienen.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos taxonómicos de los ajíes (*Capsicum spp.*)

*Capsicum* es de la familia *Solanaceae*; es un cultivo diploide, facultativo, autopolinizante y está estrechamente relacionado con la patata, el tomate, aguaymanto, la berenjena, el tabaco y la petunia. Las plantas de solanáceas pertenecen al clado Asteridae de las *Eudicotiledóneas*, que incluye más de 3000 especies. Muchos miembros de la familia *Solanaceae* tienen la misma cantidad de cromosomas ( $n = 12$ ) pero difieren drásticamente en el tamaño del genoma (Kim *et al.*, 2014). La taxonomía del género es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Spermatophyta

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Metachlamideae

Orden: Solanales

Familia: *Solanaceae*

Subfamilia: Solanoideae

Género: *Capsicum*

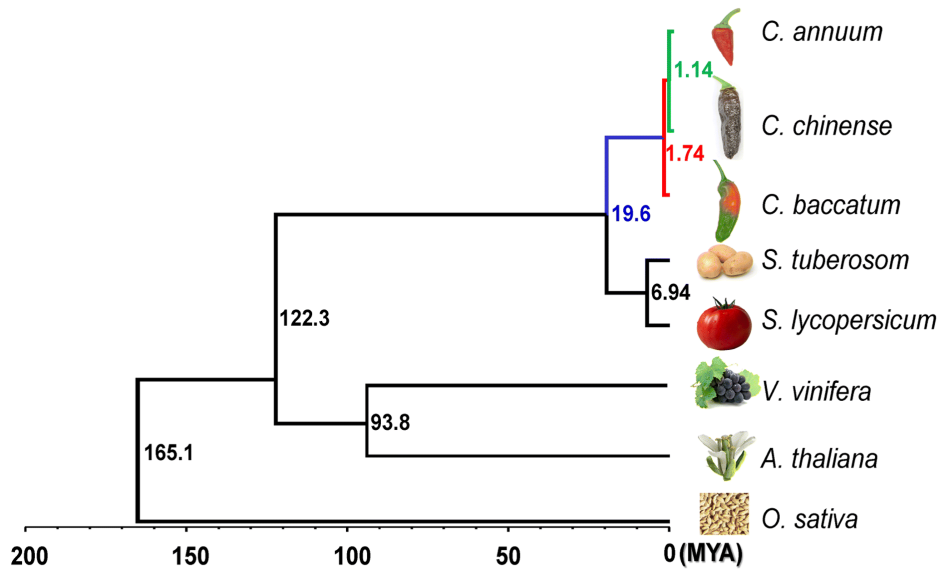
- *C. annuum L. var annuum*, conforma la mayor parte de las variedades cultivadas. Se caracteriza por poseer las corolas de color blanquecino y las flores solitarias.
- *C. baccatum L. var pendulum (Willd.) Eshbaugh*. La corola es blanca, teniendo en su interior zonas amarillentas. Las flores aparecen solitarias.
- *C. chinense Jacquin.*, contiene 3-5 flores por nudo, siendo la corola de color púrpura.
- *C. frutescens L.*, corola verde-clara o amarillo-clara, pudiendo aparecer las flores solitarias o en pares en cada nudo.
- *C. pubescens Ruiz-Pavón.*, posee la corola color púrpura siendo las flores solitarias.

## 2.2 Origen y domesticación

Yang *et al.* (2017) mencionan que hace aproximadamente 25 millones de años aparecieron las *solanáceas* y hace 19,6 millones de años se dividieron en berenjenas (*Solanum*) y ajíes (*Capsicum*); según los análisis genéticos, los ajíes apenas evolucionaron por más de 15 millones de años; sin embargo, los cambios evolutivos más significativos tuvieron lugar durante los últimos 2 millones de años. Además el análisis filogenético comparativo de ajíes con otras especies de plantas reveló divergencias entre tres variedades de *Capsicum* (Kim *et al.*, 2017); primero ocurrió entre *Baccatum* y un progenitor de los otros dos (*Annuum* y *Chinense*), hace ~1,7 millones de años atrás; seguido por la divergencia entre *Annuum* y *Chinense*, hace ~1,1 millones de años atrás (Figura 1).

Para Yang *et al.* (2017) es poco probable que el viento pueda propagar los *Capsicum*, y además las semillas de *Capsicum* no se descomponen en las excretas de aves o animales. La expansión de esta especie en varias regiones antes del comienzo de la humanidad también pudo ser posible gracias a los animales. Tewksbury y Nabhan (2001) encontraron semillas en excrementos de aves que habían volado largas distancias; las aves no tienen el receptor vaniloide (TRPV1) que recibe la capsaicina, por lo que no son sensibles a la pungencia a diferencia de los mamíferos (Figura 2).

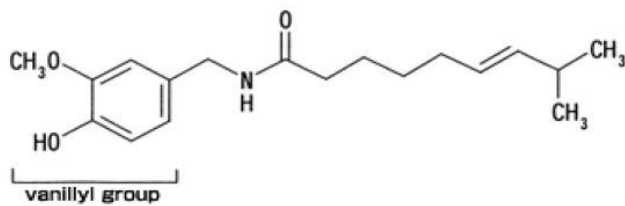
Yang *et al.* (2017) también postulan a una rápida diversificación en los últimos 2 millones de años, donde se extendieron a diferentes continentes; por ejemplo, la variante dulce y picante que crecen en Corea (*C. annuum*) divergió del ají picante (*C. baccatum*) cultivado en Latinoamérica hace aproximadamente 1,75 millones de años. Además, que estos no evolucionaron mucho más después de esta separación, mientras que las variedades picantes cultivadas en regiones tropicales evolucionaron de formas muy diversas.



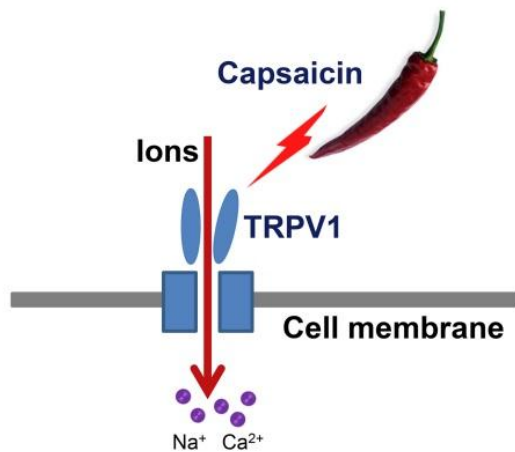
**Figura 1.** Comparación de linaje-divergencia y estructura del genoma de tres especies de *Capsicum* y el árbol filogenético reconstruido de ocho genomas vegetales que indican sus relaciones evolutivas y tiempos estimados de divergencia.

Fuente: Kim *et al.* (2017)

A



B



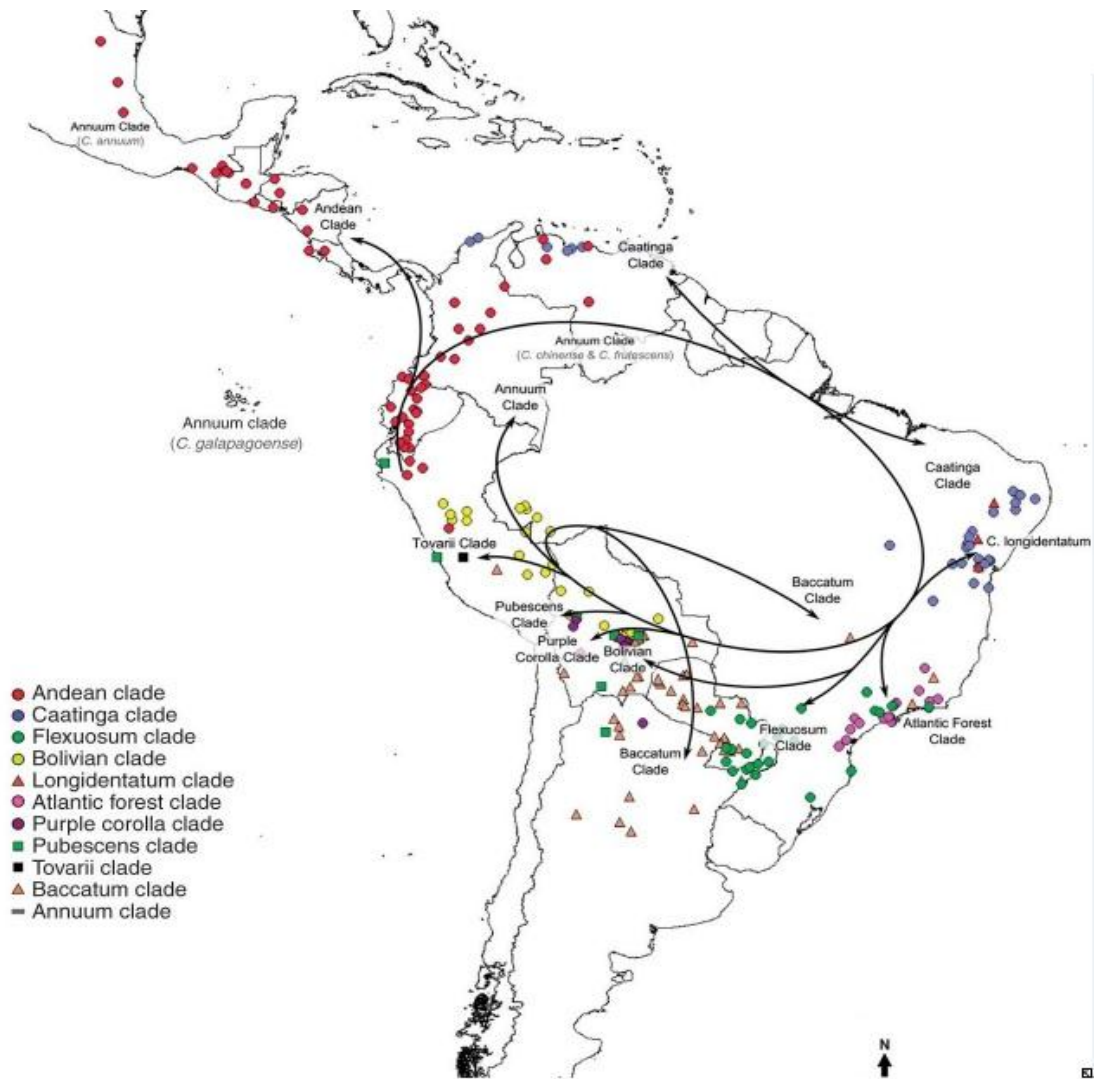
**Figura 2.** La capsaicina, sustancia principal del chile (A) y del receptor de la capsaicina (receptor TRPV1) a través del cual la capsaicina se une y los mamíferos sienten acritud (B). Debido a que las aves no tienen un receptor vaniloide que acepte capsaicina, las aves pueden comer chiles y volar muy lejos, luego excretan las semillas.  
Fuente: Yang *et al.* (2017)

Los antepasados de *Capsicum* pueden haber existido en la región actual de Perú, Ecuador y Colombia entre hace 19 y 13 millones de años (desde principios hasta mediados del Mioceno), esta es un área de gran importancia para la evolución de las plantas neotropicales durante el Oligoceno/Mioceno (Antonelli *et al.*, 2009); pero esta propuesta difiere de anteriores que señalaban a Bolivia (McLeod *et al.*, 1982, Moscone *et al.*, 2007), o un cinturón continuo desde el sudeste de Brasil hasta los Andes, como áreas ancestrales del *Capsicum* (Pozzobon *et al.*, 2006). Särkinen *et al.* (2013) reportaron un período de alrededor de 1 a 3 millones de años, es decir en el Cuaternario, donde pueden haber ocurrido eventos importantes de especiación.

Se sabe que al menos desde aproximadamente 6 millones de años (Plioceno temprano), las migraciones desde Sudamérica hacia el norte pueden haber aumentado (Silvestro *et al.*, 2015). Esto puede haber permitido la dispersión y eventos de especiación del clado andino de *Capsicum* hacia América Central, así como procesos posteriores de especiación y/o dispersión en el norte de América del Sur. Esto tiene especial importancia en la evolución más reciente del clado *Annuum*, y particularmente en la especie económicamente más importante (*C. annuum*), cuyo centro de origen aparentemente es México (Carrizo García *et al.*, 2016). Los eventos de especiación rápida pueden haber ocurrido más tarde de este a oeste, lo que resulta en el origen de varios clados de *Capsicum*, Carrizo García *et al.* (2016) reconstruyen extensas áreas para los ancestros comunes de los clados *Purple Corolla*, *Pubescens*, *Tovarii*, *Baccatum* y *Annuum*, en el noroeste de Argentina, Bolivia y Perú (Figura 3).

En otros estudios como el de Perry *et al.* (2007), se encontró almidón de *Capsicum* en cerámica y herramientas de piedra en diversos sitios arqueológicos (desde las islas Bahamas hasta el sur de Perú), y ellos postulan que la domesticación ocurrió en el hemisferio occidental alrededor de 10 000 a.C. El género *Capsicum* fue tan importante para los humanos que en cuanto entraron en contacto con él, cinco especies diferentes de *Capsicum* en regiones separadas de las Américas fueron domesticadas de forma independiente (Bosland *et al.*, 2015). La evidencia de restos macrobotánicos y microbotánicos indican su presencia 6000 años antes del contacto europeo (Perry *et al.*, 2007) que una vez que los *Capsicum* se incorporaron a la dieta, persistieron; el maíz y los *Capsicum* se producen juntos desde el comienzo de este registro hasta el contacto europeo, habiéndose encontrado maíz en cada sitio arqueológico y, por lo tanto, representan un antiguo complejo alimenticio

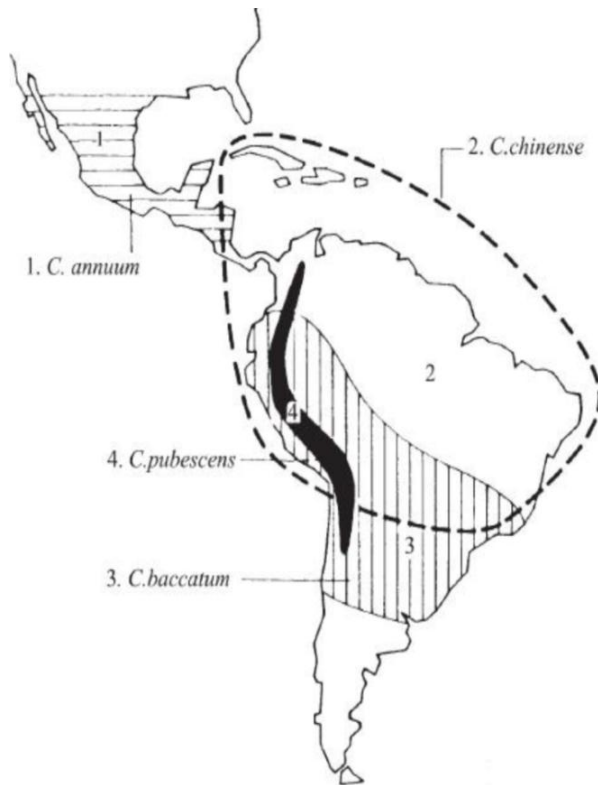




**Figura 3. Esquema de expansión de la especie. Las flechas representan clados y linajes monotípicos que atraviesan y/o apuntan a las áreas habitadas por sus especies. Las marcas en diferentes colores/formas indican localidades de población seleccionadas. Se mencionan los taxones del clado *Annuum* en su lugar apropiado, pero sin marcas y en parte sin flechas.**

**Fuente: Carrizo García *et al.* (2016)**

La combinación de evidencias arqueológicas, análisis genéticos y la distribución actual de las plantas, ha permitido a los investigadores sugerir que *Capsicum annuum* fue inicialmente domesticado en México o en el norte de América Central, *Capsicum frutescens* en el Caribe, *Capsicum baccatum* en Bolivia, *Capsicum chinense* en el norte de la Amazonía y *Capsicum pubescens* en el sur de los andes (Pickersgill, 1984; Eshbaugh, 1993) tal como se muestra en las Figuras 3 y 4.



**Figura 4. Distribución de la domesticación de las especies de *Capsicum***

**Fuente: Galán (2014)**

De acuerdo con Luza (2013), los cronistas y funcionarios coloniales dieron cuenta del ají en Sudamérica de una manera breve, ya que con la experiencia de México y Centroamérica (vocablo taino «ají»), ya se tenía familiaridad con este producto que fue tomado como un simple condimento (pimiento de Indias), por lo que no despertó tanto interés a la hora de su registro. Respecto a su distribución Brack (2003) estableció una cronología basada en trabajos de arqueólogos para señalar la gran presencia de ají en restos arqueológicos prehispánicos en la costa peruana en los valles de Chilca, Casma, Supe, Moche y en la sierra sobre todo en el departamento de Ancash (cueva del Guitarrero). Haciendo mención a especies como *Capsicum baccatum* (ají amarillo o panca), *Capsicum frutescens* (ají charapillo) y *Capsicum chinense* (ají ceviche). Además Ugent y Ochoa (2006) dan cuenta de la presencia de las especies *Capsicum annuum* (ají largo o arnaucho) en las zonas de Paracas, el valle de Chicama y el valle del Chillón, así como el *Capsicum pubescens* (conocido como rocoto) en los departamentos de Cusco y La Libertad.

### 2.3 Ajíes: características, composición y compuestos de interés

Los ajíes son frutas y están afectas a tener una vida útil corta; Finger y Pereira (2016) mencionan que esto se debe a estreses bióticos y abióticos como: (a) daños mecánicos o presencia de insectos o enfermedades; (b) pérdida de agua por transpiración y respiración; (c) exposición a temperaturas extremas bajas o altas, que causan congelación o deshidratación excesiva; (d) desarrollo de trastornos fisiológicos, tales como síntomas de enfriamiento inducidos por bajas temperaturas en el campo o durante el almacenamiento; (e) pérdidas de materia seca por el proceso de respiración; (f) desglose de vitaminas.

Es importante también mencionar que las frutas del *Capsicum*, presentan un comportamiento no climátero para la respiración y la producción de etileno. Sin embargo, las frutas cosechadas muestran diferentes grados de sensibilidad al etileno exógeno independientemente de la especie, el etileno induce diferentes intensidades de cambios de color, degradación de clorofila y contenido total de sólidos solubles (Finger y Pereira, 2016).

Al igual que la mayoría de las plantas, los ajíes contienen miles de productos químicos, incluidos agua, grasas, compuestos volátiles, carotenoides, resinas, proteínas, fibras, elementos minerales y muchos otros productos (Bosland y Votava, 2012). Las frutas verdes maduras contienen la mayor cantidad de agua, alrededor del 90 por ciento, mientras que las variedades de especias que se dejan secar en la planta pueden contener tan solo un 70 por ciento (Bosland y Votava, 2012). Las frutas de *Capsicum* contienen carbohidratos como azúcares, pentosanos y fibra cruda. Por ejemplo el contenido de glucosa representa el 90-98 por ciento de azúcares en las vainas de pimentón maduro rojo (Somos, 1984), sin embargo la cantidad de azúcar varía según el cultivar y el tipo de vaina.

El contenido total de lípidos de las vainas de ají verde fresco es relativamente bajo, de aproximadamente 400 mg 100 g<sup>-1</sup> de peso húmedo (Kinsella, 1971). Los lípidos de los pimientos se encontraron como una mezcla de lípidos neutros (82 por ciento de grasas), dos por ciento de fosfolípidos y 16 por ciento de glicolípidos. Los triglicéridos comprendieron el 60 por ciento de los lípidos totales, con predominio de los ácidos palmítico, linoleico y linolénico (Lyons y Lippert, 1966).

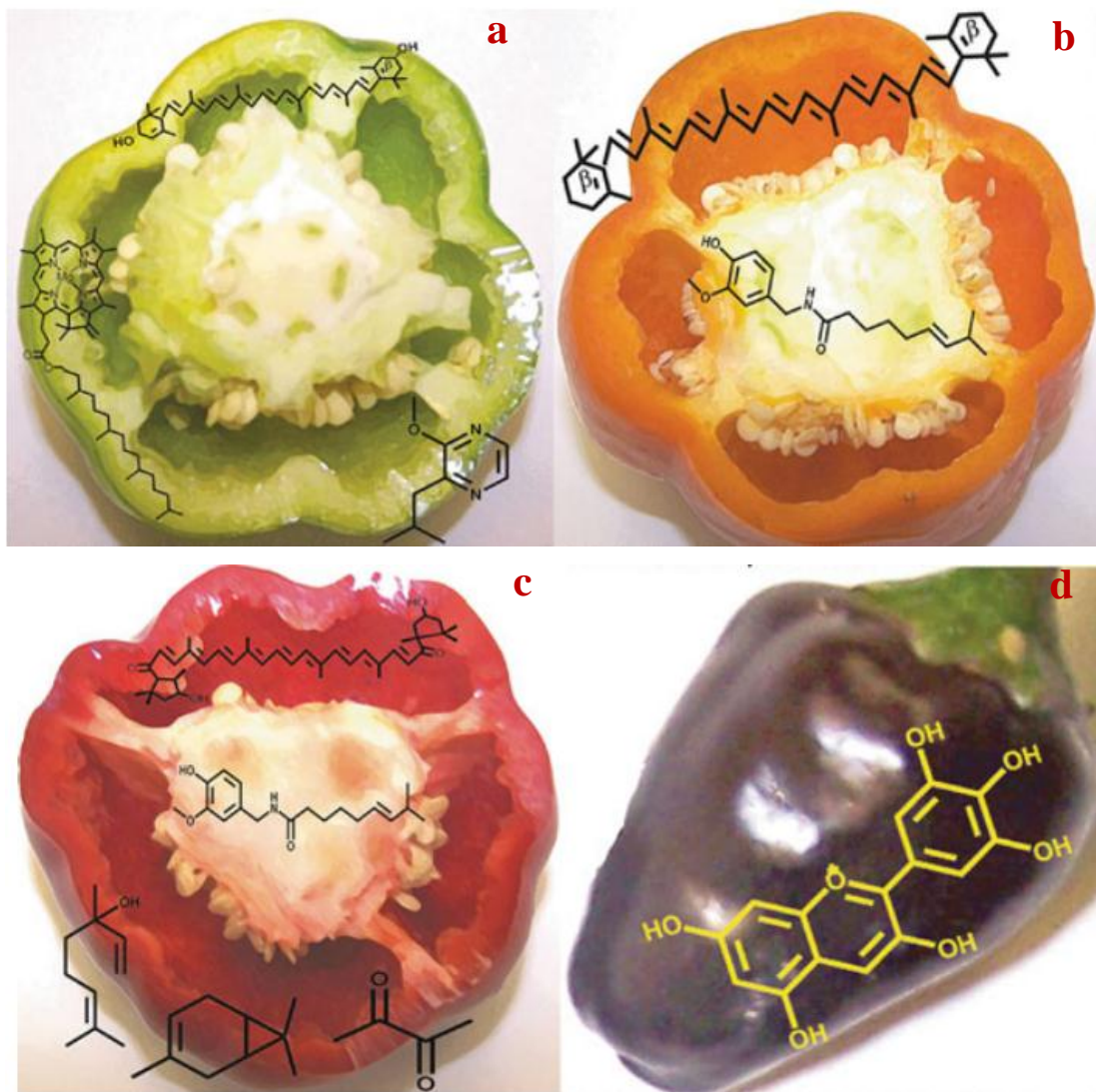
Somos (1984) resalta el contenido de aminoácidos como la lisina, la arginina, la prolina, la tirosina, el triptófano, la metionina, la valina, la fenilalanina, la leucina, el ácido glutámico, la glicina, la asparagina, la treonina y la alanina, que se encuentran en los pimientos. También afirma que el pericarpio seco tiene entre un 16-17 por ciento de proteína, mientras que las semillas secas contienen un 18 por ciento de proteína. Baenas *et al.* (2019) menciona la presencia de minerales en orden de contenido: calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio, sodio, zinc, cobre, manganeso, boro y selenio.

### **2.3.1 Componentes del color en ajíes**

El color de los frutos de *Capsicum* se corresponde con las distintas etapas de maduración y capacidades de sintetizar diversos fitoquímicos; por ejemplo Matus *et al.* (1991) identificó más de 30 pigmentos diferentes en *Capsicum annuum*. Guzman *et al.* (2011) mencionan que los colores en los frutos van en el rango desde el rojo, amarillo, naranja, morado y marrón. Resaltan que en la pigmentación se incluyen compuestos como las clorofilas, que van del color verde (acumulación en cloroplastos), marfil (degradación por maduración), o amarillo, además que la presencia de clorofila durante la maduración influye en la coloración de los frutos (marrón o negra).

Guzman *et al.* (2011) también mencionan que la coloración amarilla, roja y naranja, es el resultado del metabolismo y la acumulación de carotenoides en los cromoplastos del pericarpio. Además Bosland y Votava (2012) señalan presencia de compuestos como la luteína (amarillo-naranja), la zeaxantina, la violaxantina, la antraxantina,  $\beta$ -criptoxantina y  $\beta$ -caroteno, y en los pigmentos rojos, la capsantina, la capsorubina y la criptocapsina; que solo se encuentran en frutas de *Capsicum*.

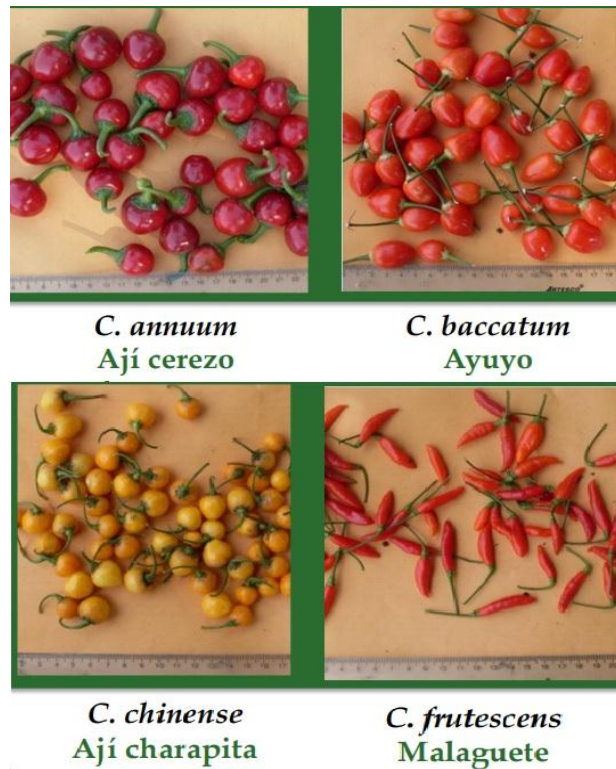
La intensa pigmentación negra en algunas hojas y frutos de *Capsicum* (Figuras 5 y 6) es característica de las altas concentraciones de delfinidina (compuestos fenólicos), clorofila y carotenoides, con las hojas acumulando siete veces más niveles de delfinidina que la fruta. Además de la delfinidina, no se conocen otras antocianinas que se acumulen en los pimientos (Bosland y Votava, 2012).



**Figura 5. Cuatro etapas de maduración de pimiento que ilustran la estructura del fitoquímico del color en el tejido donde se sintetiza. (a) clorofila y luteina; (b) disminuye la clorofila y luteina pero aumenta  $\beta$ -caroteno y otros carotenoides; (c) capsorubina; (d) delfinidina**

**Fuente: Guzman *et al.* (2011)**

Capsantina es el carotenoide principal en frutas maduras, contribuye hasta en un 60 por ciento de carotenoides. Capsantina y capsorubina aumentan proporcionalmente con etapas avanzadas de madurez, siendo la capsantina la más estable de los dos compuestos (Kanner *et al.*, 1979). Además que estas moléculas son exclusivas del género *Capsicum* y se producen al final de la ruta biosintética, por lo que solo se acumulan en frutos rojos y maduros (Baenas *et al.*, 2019).



**Figura 6. Diversidad en formas y colores de ajies nativos peruanos**

**Fuente: Zonneveld *et al.* (2014)**

### 2.3.2 Vitaminas y compuestos bioactivos

Baenas *et al.* (2019) mencionan que los ajies son buenas fuentes de varias vitaminas. Producen altas cantidades de vitamina C, provitamina A, vitamina E, vitamina K, vitaminas del complejo B como tiamina, riboflavina, niacina, acido pantotenico, piridoxina, folatos, colina, biotina; sin embargo los contenidos pueden estar influenciados según la parte de la fruta (placenta, pericarpio y semillas), el cultivar o la variedad, la etapa de maduración, las condiciones climáticas y de almacenamiento, así como la forma de procesar (Jayaprakasha *et al.*, 2012).

De acuerdo con Baenas *et al.* (2019) los carotenoides son los compuestos que agregan un alto valor comercial en términos de características de sabor, color y propiedades antioxidantes; los capsaicinoides se encuentran en los ajíes picantes; y los frutos del *Capsicum* también son ricos en compuestos fenólicos, principalmente flavonoides y derivados del ácido fenólico.

### 2.3.3 Componentes del sabor y capsaicinoides

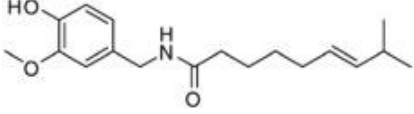
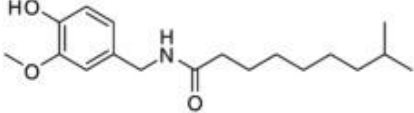
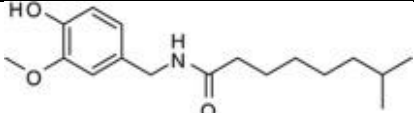
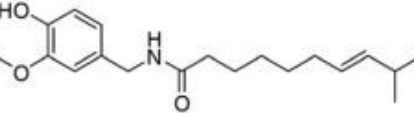
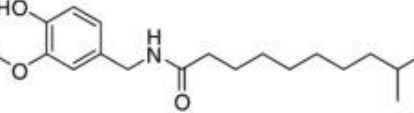
Los capsaicinoides son los alcaloides que brindan a los ajíes la sensación picante característica; sin embargo, también existen diversos ajíes dulces (ausencia de capsaicinoides). Guzmán y Bosland (2017) proponen un léxico sensorial para describir el picante de ajíes, donde se incluyen cinco atributos descriptivos y discriminativos como son: 1) Desarrollo, 2) Duración, 3) Ubicación, 4) Sentimiento, y 5) Intensidad.

Guzmán y Bosland (2017) mencionan que, debido a la pungencia, los ajíes son un ingrediente popular en la cocina latinoamericana, africana y asiática, así también va ganando importancia en la industria alimentaria Europea y en Estados Unidos. En la cultura asiática, la sensación pungente producida por los ajíes, es una de las seis sensaciones principales del sabor, junto con el sabor amargo, dulce, ácido, salado y umami (McQuaid 2016).

*Capsicum* es el único género que desarrolló la biosíntesis de capsaicinoides, que consisten en más de 20 alcaloides relacionados que causan pungencia (Kim *et al.*, 2014; Barbero *et al.*, 2016). Reyes-Escogido *et al.* (2011) mencionan que los más de veinte capsaicinoides conocidos son todos amidas formadas a partir de la condensación de vanillilamina y ácidos grasos de diferentes longitudes de cadena. Las diferentes formas de capsaicinoides naturales dependen del número de carbonos en la cadena lateral (R) o la presencia o ausencia de insaturaciones (Cuadro 1).

Reyes-Escogido *et al.* (2011) mencionan que la capsaicina (trans-8-metil-N-vainillil-6-nonenamida) químicamente es un alcaloide cristalino, lipófilo, incoloro e inodoro con la fórmula molecular  $C_{18}H_{27}NO_3$ ; además la capsaicina es el capsaicinoide primario, seguido por dihidrocapsaicina, nordihidrocapsaicina, homodihidrocapsaicina y homocapsaicina. Los capsaicinoides se han estudiado desde el comienzo de 1800. La capsaicina y dihidrocapsaicina representan aproximadamente el 90 por ciento de capsaicinoides en los frutos de *Capsicum* que son los dos capsaicinoides más potentes por su pungencia y sus moléculas se diferencian sólo en la saturación del grupo acilo (Kobata *et al.*, 2002, Bernal *et al.*, 1993).

**Cuadro 1: Estructuras químicas de los capsaicinoides.**

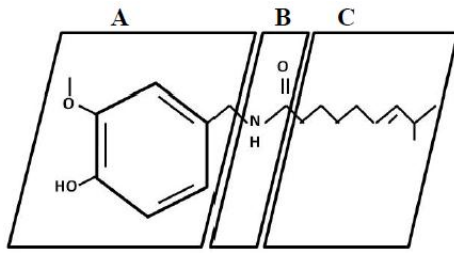
Nombre de capsaicinoide	Fórmula molecular	Estructura química
Capsaicina ( <i>trans</i> -8-metil- <i>N</i> -vanilil-6-nonenamida)	C <sub>18</sub> H <sub>27</sub> NO <sub>3</sub>	
Dihidrocapsaicina (8-metil- <i>N</i> -vanilil-nonenamida)	C <sub>18</sub> H <sub>29</sub> NO <sub>3</sub>	
Nordihidrocapsaicina (7-metil- <i>N</i> -vanilil-octamida)	C <sub>17</sub> H <sub>27</sub> NO <sub>3</sub>	
Homocapsaicina ( <i>trans</i> 9-metil- <i>N</i> -vanilil-7-decenamida)	C <sub>19</sub> H <sub>29</sub> NO <sub>3</sub>	
Homodihidrocapsaicina (9-metil- <i>N</i> -vanilil-decamida)	C <sub>19</sub> H <sub>31</sub> NO <sub>3</sub>	

**Fuente:** Lu *et al.* (2017)

Reyes-Escogido *et al.* (2011) además menciona que la capsaicina, con un peso molecular es 305,40 g/mol; es soluble en grasa, alcohol y en aceite. Fue cristalizado por primera vez en 1876 por Tresh, la estructura molecular fue resuelta por Nelson y Dawson en 1919. La capsaicina exhibe isomería cis/trans, porque el doble enlace impide la rotación interna. La capsaicina siempre se encuentra como el isómero trans, porque en la forma cis el grupo –CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> y la cadena más larga en el otro lado del doble enlace estarán muy cerca, haciendo que se repelan levemente entre sí; este impedimento estérico no existe en el isómero trans. Esta tensión adicional impuesta hace que el isómero cis sea una disposición menos estable que el isómero trans (Figura 7).

Reyes-Escogido *et al.* (2011) resaltan también las relaciones estructura-actividad para los agonistas de capsaicina (sustancia que es capaz de unirse a un receptor y provocar una respuesta en la célula.); además se ha racionalizando previamente: dividiendo la molécula de capsaicina (Figura 7) en tres regiones: A (anillo aromático), con una especial importancia del grupo fenólico 4-OH; B (enlace amida) y C (cadena lateral hidrofóbica), por ejemplo una cadena octil o bencilo sustituido o grupo son requeridos para una alta potencia.





**Figura 7: Regiones de la molécula de la capsaicina. A (anillo aromático), B (enlace amida), y C (cadena lateral hidrofóbica).**

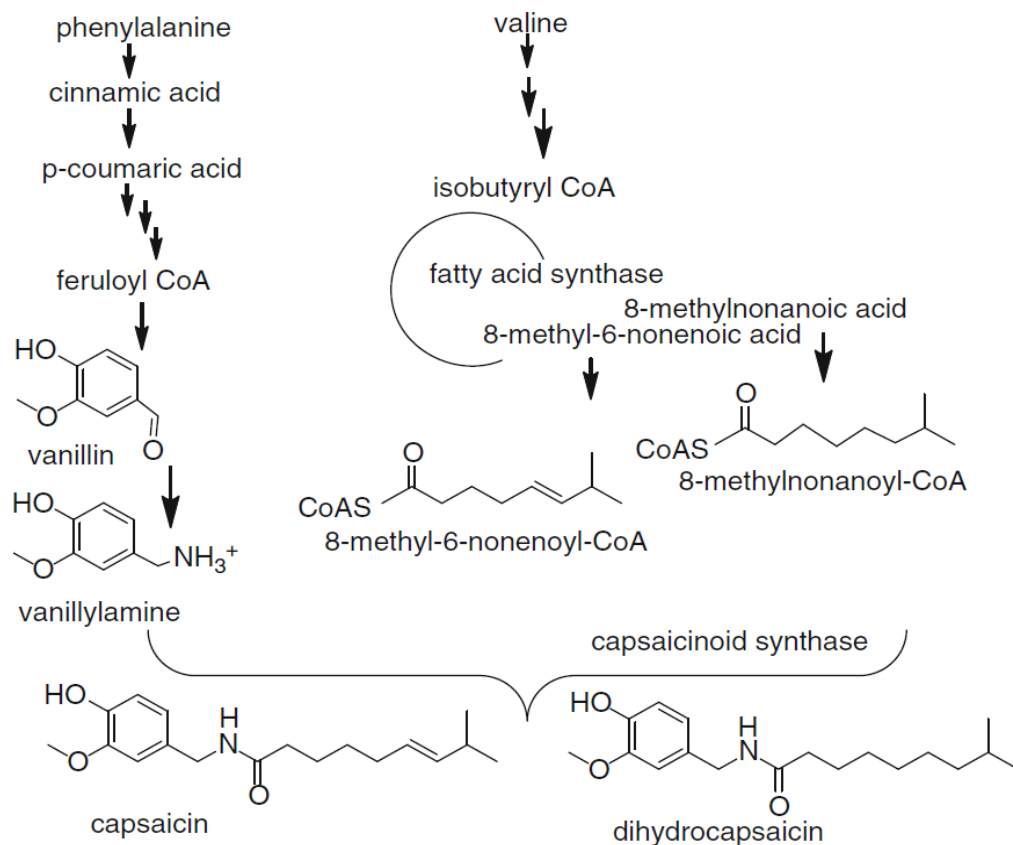
**Fuente: Reyes-Escogido *et al.* (2011)**

### 2.3.3.1 Biosíntesis de capsaicinoides

Los capsaicinoides se sintetizan mediante la condensación de vanililamina con un acil CoA graso ramificado de cadena corta a través de una capsaicinoide sintasa. La evidencia para apoyar esta vía incluye estudios de radiotrazadores, determinación de actividades enzimáticas y la abundancia de productos intermedios en función del desarrollo del fruto (Bennett y Kirby, 1968; Leete y Louden, 1968; Fujiwake *et al.*, 1982, 1982; Hall *et al.*, 1987; Iwai *et al.*, 1979; Ochoa-Alejo y Gómez-Peralta, 1993; Sukrasno y Yeoman, 1993; Suzuki *et al.*, 1981). El esquema de esta vía se presenta en la Figura 8.

Guzman *et al.* (2011) mencionan que la validación del papel de feruloil-CoA en la síntesis del precursor de vainillina sería la detección de los productos intermedios apropiados y/o actividades enzimáticas en extractos de placenta que podrían explicar la producción de los niveles previstos de capsaicinoides. Además, la presencia de niveles bajos de compuestos intermedios de monolignol podría explicarse por la biosíntesis de lignina. Algunos investigadores también han considerado una ruta alternativa de la fenilalanina a la vainillina.

Guzman *et al.* (2011) afirman que las formas saturadas y desaturadas de la cadena ramificada acil-ACP y acil-CoA, están en las mismas cantidades relativas que en los productos capsaicinoides finales; como se demostró para dos especies cultivadas diferentes, habanero (*Capsicum chinense*) y jalapeño (*Capsicum annuum*). A partir de estos resultados, los autores indican que el paso de desaturación ocurre antes de la liberación del complejo ácido graso sintasa (FAS).

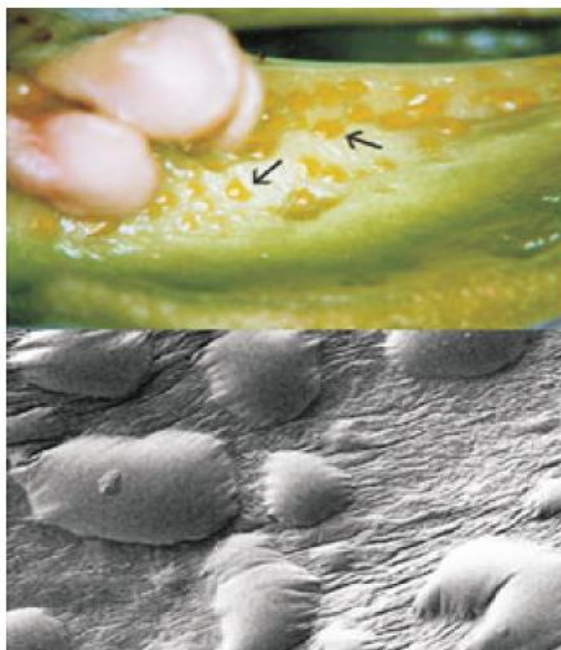


**Figura 8. Esquema de la biosíntesis de capsaicinoides**

**Fuente: Guzman *et al.*, (2011)**

Los sustratos de la capsaicinoide sintasa se definieron por primera vez por (Fujiwake *et al.*, 1980) para ser vainillilamina y 8- metil -6- anonail CoA. La síntesis de dihidrocapsaicina y las otras variantes que se producen naturalmente se consiguen por condensación de vanililamina con el acilo de cadena ramificada respectivo, por ejemplo, 8-metilnonanoil-CoA. El gen de la capsaicinoide sintasa se ha unido a una aciltransferasa (At3 o Pun1) clonada por Kim *et al.*, (2001) y mapeado al locus C en el cromosoma 2 (Stewart *et al.*, 2005, 2007). La confirmación bioquímica directa de la capsaicinoide sintasa aún no se ha establecido.

Los capsaicinoides comienzan a acumularse 20 días después de la antesis y la síntesis generalmente persiste durante el desarrollo de la fruta (Hall *et al.*, 1987; Sukrasnc Yeoman, 1993; Suzuki *et al.* 1980). El sitio de síntesis y acumulación de los capsaicinoides son las células epidérmicas de la placenta en la fruta tal como se muestra en la Figura 9 (Iwai *et al.*, 1979; Stewart *et al.*, 2007; Suzuki *et al.*, 1980).



**Figura 9. La capsaicina se acumula en ampollas / vesículas en la superficie de la placenta.**

**Fuente: Guzman *et al.* (2011)**

## **2.4 Métodos específicos de extracción e indicadores de calidad en *Capsicum***

### **2.4.1 Métodos de obtención de extractos con compuestos de interés**

Los compuestos presentes en las frutas de *Capsicum*, son de interés industrial por lo que se ha empleado diferentes métodos de extracción con el fin de aislarlos, caracterizarlos y finalmente aplicarlos en la industria. Baenas *et al.* (2019) divide en dos grupos a los métodos de extracción: métodos clásicos extracción Soxhlet, maceración y agitación magnética, y los métodos modernos como extracción con fluidos supercríticos, extracción asistida por ultrasonido, extracción enzimática asistida, extracción asistida por microondas, y extracción de líquidos presurizados.

Baenas *et al.* (2019) menciona que los métodos de extracción clásicos presentan algunas desventajas frente a los métodos modernos, como largos tiempos de extracción, gran cantidad de disolventes, logrando reducir el impacto ambiental y obteniendo extractos con mayor pureza. Por ejemplo Perva-Uzunalić *et al.* (2004) optimizaron la extracción supercrítica con CO<sub>2</sub> probando diferentes presiones y temperaturas, obteniendo el mayor rendimiento de capsaicinoides y compuestos colorantes de ajíes a una presión de 400 bar y

una temperatura de 40 °C, con el 96 por ciento de capsaicinoides y el 80 por ciento de carotenoides extraídos de la materia prima.

En el caso de la extracción asistida con ultrasonido, Barbero *et al.* (2008) optimizó el gasto energético de la extracción utilizando un tamaño de partícula pequeño, metanol al 100 por ciento y una temperatura de 50 °C durante 10 minutos para un gramo de muestra. Baenas *et al.* (2019) mencionan que la extracción por microondas podría causar degradación térmica y la isomerización cis-trans de carotenoides. En los métodos de extracción enzimática asistida y la extracción con líquidos presurizados, se podría utilizar solventes verdes en pequeñas cantidades, estos aún no se han empleado ampliamente.

Los compuestos más extraídos del *Capsicum* son los capsaicinoides y carotenoides, y se extraen principalmente como oleorresina, y la metodología más exitosa de extracción es mediante extracción supercrítica con CO<sub>2</sub>. Fernández-Ronco *et al.* (2013) mencionan que la oleorresina está compuesta de componentes lipídicos (ácidos grasos y triglicéridos), pigmentos (capsaicinoides y carotenoides) y algunos otros compuestos en bajas concentraciones.

#### **2.4.2 Extracción de capsaicinoides y pungencia**

Los métodos de extracción de capsaicinoides, continúan cambiando y optimizándose, de tal manera que sean más adecuados, disminuyan su impacto ambiental, y sean más efectivos. Se han desarrollado diversas metodologías; Lu *et al.* (2017) mencionan que el primer paso es la selección del solvente, y generalmente se ha utilizado metanol, etanol, acetonitrilo y agua; los parámetros son la temperatura, el tiempo de extracción y volumen/muestra. Las técnicas analíticas también incluyen la maceración, agitación magnética, extracción enzimática, microondas, ultrasonido, fluidos supercríticos, entre otros.

El umbral de picante que se encuentra en cualquier fruta de *Capsicum*, y los métodos de cuantificación incluyen métodos objetivos y subjetivos. Las extracciones con fines analíticos son llevadas a cabo empleando solventes orgánicos de alta pureza, y generalmente mediante cromatografía de alta resolución en el Cuadro 2 se muestran las condiciones de extracción y la forma de detección de algunas metodologías.

**Cuadro 2: Solvente de extracción, condiciones y sistema de cuantificación**

<b>Solvente de Extracción</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Sistema de Cuantificación</b>
Acetona grado HPLC <sup>(1,2)</sup>	5 g muestra con 20 mL de acetona a 50 °C en 30 min con agitación (2 veces)	HPLC-UV-DAD con columna de fase reversa
Metanol al 80% <sup>(3,4)</sup>	5 g de muestra con 75mL de metanol al 80% T° ambiente por 24 horas	HPLC-UV-DAD con columna de fase reversa
Etanol grado comercial <sup>(5)</sup>	Máxima extracción con 2 g de muestra seca + 200 mL EtOH a 40 kHz	HPLC con detector UV con columna de fase reversa
1mL de tampón de fosfato disódico de hidrógeno (0,5 M, pH 11) + 15 ml de acetonitrilo y metanol (50:50 v/ v) <sup>(6)</sup>	0.5 g de muestra, 16 horas en oscuridad a 4°C y extracción a 80°C por 4 horas en horno.	HPLC con detector de fluorescencia L-7485. El detector de fluorescencia se fijó a 280 nm para la excitación y a 320 nm para la detección.
Acetonitrilo grado HPLC <sup>(7)</sup>	Muestra (g): Volumen (mL) (1:10) a 80°C por 4 horas.	HPLC con detector de fluorescencia con excitación a 280 nm y emisión a 338 nm

**Fuente:** (1) Giuffrida *et al.* (2013); (2) Chinn *et al.* (2011); (3) Zhuang *et al.*, (2012); (4) Schweiggert *et al.*, (2006); (5) Chuichulcherm *et al.*, (2013); (6) Meckelmann *et al.*, (2013); (7) Collins *et al.* (1995)

#### **2.4.2.1 Métodos Subjetivos para pungencia**

La Prueba Scoville para medir la pungencia en ajíes fue reportada por (Scoville, 1912) y luego fue adoptada y modificada por la Asociación de comercio de especias de América (ASTA, 1968) y por la Organización Internacional de Normalización (ISO, 1983). La prueba organoléptica de Scoville fue la primera medición confiable del picor o pungencia de los pimientos. Esta prueba usó un panel de cinco personas, quienes probaron una muestra de *Capsicum* y registraron el nivel de pungencia. Se diluyó una muestra hasta que no se pudo

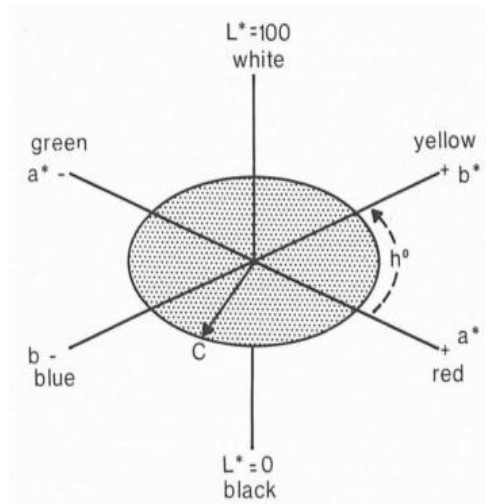
detectar. Aunque todavía se usa ampliamente, tiene limitaciones; los catadores deben estar entrenados, y su capacidad para analizar muchas muestras está restringida por el picor de las soluciones (Bosland y Votava, 2012).

Otro método para la evaluación subjetiva es el método de Gillette. La prueba consiste en un diseño de bloque incompleto parcialmente equilibrado podría ser utilizado con cuatro muestras diferentes por sesión que asciende a nueve sesiones y cuatro repeticiones como tales. Los panelistas anotan las muestras en una escala de intensidad de 1-9 desde la ausencia de calor hasta extremadamente caliente (Gillette *et al.*, 1984). Este método fue considerado por la norma ASTM (ISO, 1983) como el método que podría restringir problemas como alta fatiga del gusto y acumulación de calor. Los métodos subjetivos están siendo reemplazado por métodos instrumentales y mediante la conversión a unidades Scoville, haciendo uso de un coeficiente para cada compuesto pungente (Todd *et al.*, 1977).

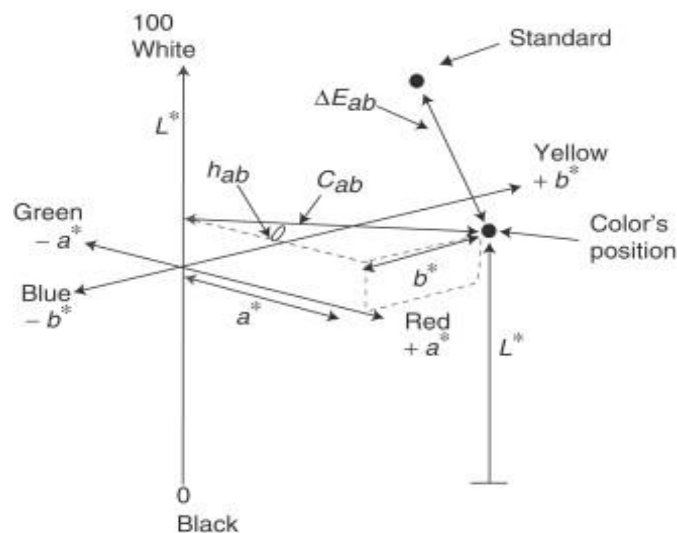
### **2.4.3 Medición color de ajíes e índices**

El color generalmente es expresado como ASTA (American Spice Trade Association) donde típicamente 70-700 mg de material de la muestra y se coloca en un matríz aforado de 100 ml. Se añade noventa mililitros de acetona, y se agita el matraz. Después de 16 horas a temperatura ambiente en la oscuridad, el matraz se llena hasta la marca con acetona y se agita de nuevo (ASTA, 1985).

Sin embargo también se ha reportado diversos estudios con el método Sistema CIELab que es un espacio de color igualado definida por  $L^*$ ,  $a^*$ , y  $b^*$  (Figura 10 y 11). El espacio CIELAB es un estándar internacional de medidas de color, adoptado por la Commission Internationale d'Eclairage (CIE) en 1976. Aquí,  $L^*$ , indica porcentaje de luminosidad en la escala de grises, con 100% y 0% representa blanco y negro respectivamente;  $a^*$ , indica el grado de enrojecimiento (+) o verdor (-);  $b^*$ , indica el grado de amarillez (+) o coloración azul (-). Las diferencias de color también se definen como la distancia tridimensional entre dos colores en el espacio de color (Figura 11).



**Figura 10: Espacio de color CIELAB**  
**Fuente: Weatherall y Coombs (1992)**



**Figura 11: Espacio de color CIEALB con parámetros L\*, a\*, b\*, C\*, h\* y ΔE**  
**Fuente: Broadbent (2010)**

Existen otros parámetros como: Croma (C\*), considerado el atributo cuantitativo de cromatismo, representa la distancia radial y describe el grado en que un color se separa del gris neutro y se acerca a un color puro del espectro. Cuanto mayores sean los valores de cromata, mayor es la intensidad del color de las muestras percibidas por los seres humanos (Pathare *et al.*, 2012). Cromata se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

Ángulo Hue ( $h^*$ ), que es función de ángulo en sistema de coordenada polar considerado el atributo cualitativo de color de acuerdo a los colores que se han definido tradicionalmente como rojizo, verdoso, etc, y se utiliza para definir la diferencia de un color determinado con referencia al gris en color con la misma luminosidad (Pathare *et al.*, 2012). Este atributo está relacionado con las diferencias de absorbancia a diferentes longitudes de onda. Se calcula de la siguiente manera:

$$h^* = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*}$$

Hutchings *et al.* (2013) mencionan que Hue se escala de acuerdo a las cantidades de cuatro colores distintos: rojo, amarillo, verde, azul, y varían de  $0^\circ$  (eje positivo:  $a^*$ , rojo),  $90^\circ$  (eje positivo:  $b^*$ , amarillo),  $180^\circ$  (eje negativo:  $a^*$ , verde),  $270^\circ$  (eje negativo:  $b^*$ , azul), hasta  $360^\circ$  o  $0^\circ$ .

#### 2.4.3.1 Índice de color

El índice de color ( $IC^*$ ) es un indicador que por sus características de variación puede utilizarse como variable de control de la calidad organoléptica de alimentos (Vignoni *et al.*, 2006, García Taín *et al.*, 2011). El color puede ser evaluado mediante intervalos de índice de color obtenidos por la expresión:

$$IC^* = \frac{a^* \times 1000}{L^* \times b^*}$$

donde  $L^*$ ,  $a^*$ , y  $b^*$  son coordenadas del sistema color CIELAB y según lo calculado se puede deducir los colores según el valor del  $IC^*$ :

- a) (-40 a -20) azul-violeta al verde profundo.
- b) (-20 a -2) del verde profundo al verde amarillento.
- c) (-2 a +2) representa el amarillo verdoso.
- d) (+2 a +20) desde amarillo pálido al naranja intenso.
- e) (+20 a +40) desde naranja intenso al rojo profundo.



#### **2.4.4 Análisis multivariado para la caracterización química: Análisis de componentes principales (PCA) y Análisis discriminante (DA)**

Las propiedades de los alimentos son diversas y su control de calidad involucra la necesidad de utilizar enfoques clásicos, matemáticos y estadísticos precisos e innovadores en lugar de simplemente comparaciones univariadas entre muestras (Zielinski *et al.*, 2014). Granato *et al.* (2018) mencionan que por lo general cuando hay un conjunto de datos, grande y complejo, en términos de números de muestra, tipos y respuestas, se emplea la quimiometría. Por ejemplo Sora *et al.* (2015) utilizaron compararon los contenidos de capsaicina, dihidrocapsaicina y fenólicos, así como las actividades antioxidantes de los extractos de pulpa y semillas de seis pimientos diferentes del género *Capsicum* mediante técnicas estadísticas multivariadas.

Los pruebas multivariadas más comunes incluyen, análisis de varianza multivariado (MANOVA), diversas formas de análisis factorial (como el análisis de componentes principales, PCA), enfoques de modelado matemático, redes neuronales artificiales (ANN), análisis discriminante y muchos otros (Dziurkowska y Wesolowski, 2015). Los análisis multivariados pueden mejorar el entendimiento del impacto de todas las variables estudiadas y especialmente cómo se relacionan entre cada una de ellas, encontrando principalmente semejanzas y agrupamientos. De hecho, los análisis multivariados se han utilizado durante décadas para extraer diversos tipos de información, y principalmente se ha empleado el análisis de componentes principales (PCA).

##### **2.4.4.1 Análisis de componentes principales (PCA)**

Granato *et al.* (2018) mencionan que el PCA es una prueba estadística que pertenece a un grupo de análisis factorial. Además el PCA es una prueba estadística que pertenece a un grupo de análisis factorial, y es una herramienta matemática que pretende representar la variación presente en el conjunto de datos (es decir, las respuestas utilizadas para caracterizar las muestras) utilizando un pequeño número de factores (componentes principales). Cada componente principal es una combinación lineal de las respuestas originales (que conservan cierta correlación) y son ortogonales entre sí. Los componentes principales calculados iterativamente contienen tanta variación del conjunto de datos original como sea posible, de manera que PC1 (componente principal 1) explica más la variación de datos que PC2 (componente principal 2), y PC2 explica más variación de datos que PC3 (componente principal 3) y así sucesivamente.

Una forma posible de determinar el número de PC (componentes principales) se basa en el criterio de Kaiser (Kaiser, 1960) que menciona: los valores propios superiores a 1 se consideran "significativos" en el análisis de PCA. Los valores propios miden la varianza capturada, es decir que representan información de cada componente principal.

#### **2.4.4.2 Análisis Discriminante (DA)**

Otra técnica interesante que busca encontrar el efecto del agrupamiento es el análisis discriminante (DA), que es una técnica estadística multivariable que predice y explica una variable categórica que representa diferentes grupos utilizando varias variables de intervalo como predictores (Link y Emde 2017). El análisis discriminante es un método de clasificación discriminante basado en la probabilidad desarrollado por Fisher en 1936; consiste en probar la significación de las funciones discriminantes de los atributos (con clasificación adicional) (Lipovetsky, 2015). Se utiliza la distancia Mahalanobis, que es una distancia euclídea modificada para tener en cuenta la dispersión y la correlación de todas las variables; utiliza la matriz de varianza-covarianza combinada, de donde se obtiene las elipses de las distribuciones de clases individuales que presentan igual excentricidad y orientación del eje, solo difieren en su ubicación de acuerdo con los centroides (Oliveri y Simonetti, 2016).

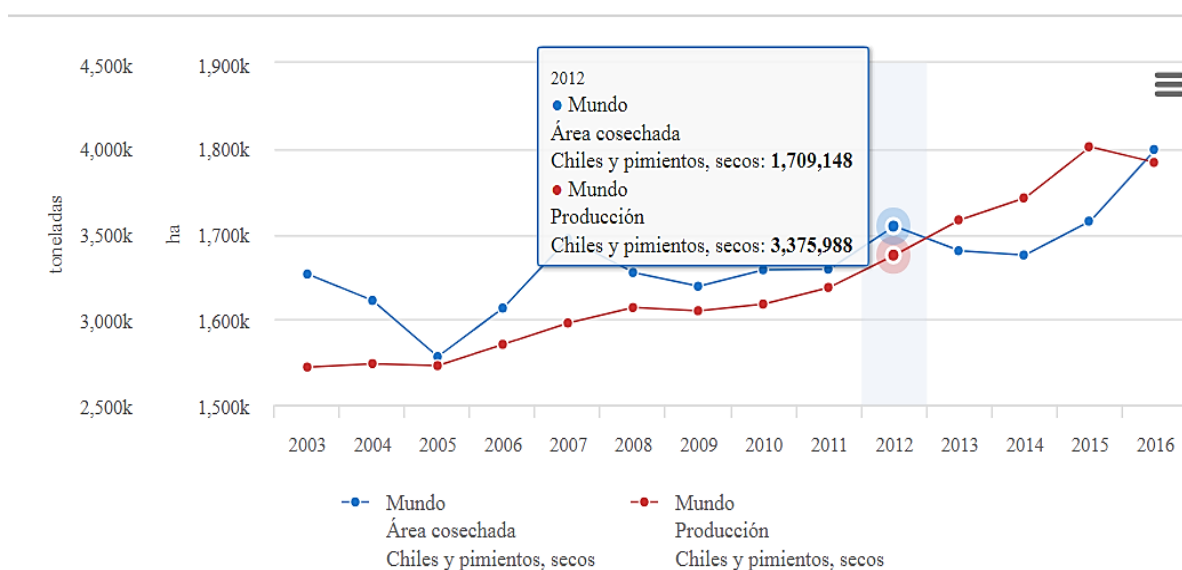
### **2.5 Importancia comercial del *Capsicum***

Los ajíes han sido considerados como la especia más cultivada en el mundo (Bosland *et al.*, 2012); además se le considera como un cultivo de bajo riesgo, especialmente debido a su crecimiento relativamente rápido y al período de cosecha (SADC Trade Database, 2017). Los frutos del *Capsicum* tienen una variedad de nombres comerciales según el lugar y el tipo.

*Capsicum annuum* es la especie que más se cultiva, incluye tanto frutos grandes como pimientos y tipos más pequeños picantes y comprende un complejo de especies con *Capsicum chinense* y *Capsicum frutescens*, que son conocidos en México como Habanero y Tabasco, respectivamente. *Capsicum baccatum* (ají Amarillo, Mirasol o Pacae), *Capsicum chinense* (ají Arnaucho, Limo, Mochero o Panca) y *C. pubescens* (rocoto) es la especie predominantes de ajíes comerciales en Perú a causa de su origen y la adaptación a los sistemas hortícolas del país (Ortiz y Delgado de la Flor, 1990). Tipos picantes como *Capsicum annuum* y *Capsicum frutescens* se llaman ají Cerezo y Pipí de Mono

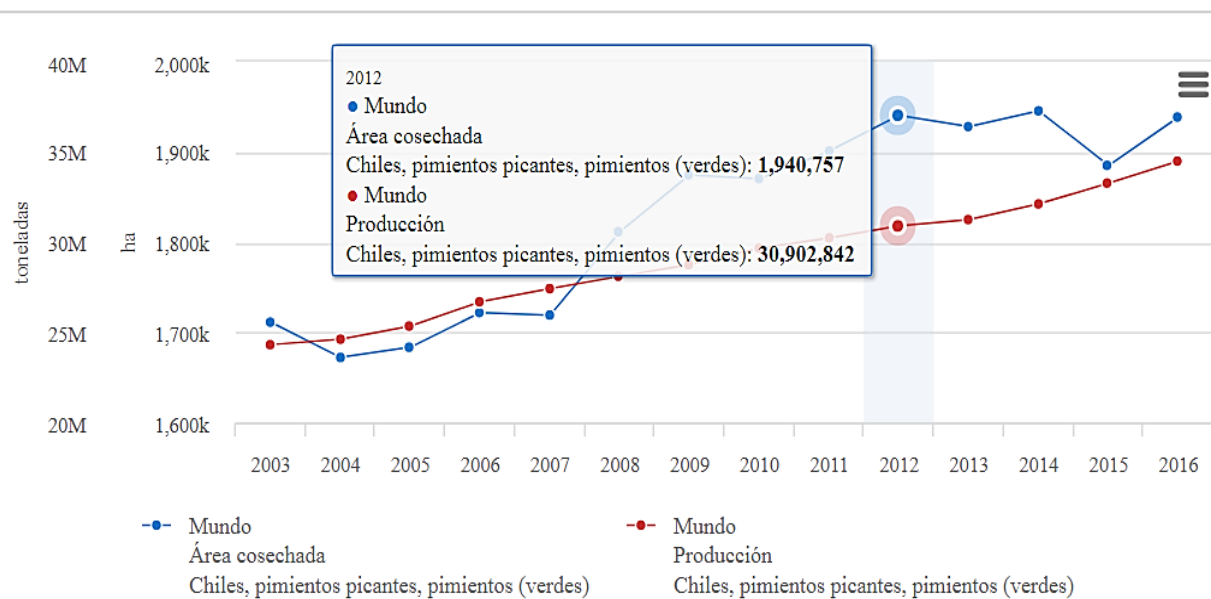
respectivamente. Además de la “paprika”, presente en campos mayoritariamente costeros del país, como producto de exportación (Ortiz *et al.*, 2010).

En el 2016 la producción mundial de *Capsicum* en fruto (categorizado como verde) fue de 34,49 millones de toneladas en un total de 1,93 millones de hectáreas de área cosechada. La producción de *Capsicum* como producto seco en tanto al mismo año fue de 3,91 millones de toneladas en 1,71 millones de hectáreas de área cosechada. Asia es el continente con la producción más alta (23,52 millones de toneladas de *Capsicum* verdes y 2,67 millones de toneladas de *Capsicum* seco), siendo China (verde) e India (seco) los principales productores en Asia y del mundo. En las Figuras 12 y 13, se muestra como viene creciendo el comercio del *Capsicum*; el *Capsicum* clasificado como verde (fruta en fresco) del Perú, representan el 24,62 por ciento de la producción de Sudamérica; mientras la producción peruana de *Capsicum* seco o comercializado como seco representa el 90.69 por ciento (FAOSTAT, 2018).



**Figura 12. Producción/Rendimiento de chiles y pimientos secos en el mundo**

**Fuente: FAOSTAT (2018)**



**Figura 13. Producción/Rendimiento de chiles y pimientos verdes en el mundo**

**Fuente: FAOSTAT (2018)**

### 2.6 Uso tradicional y perspectiva industrial de *Capsicum*

Los ajíes y/o pimientos son un grupo de especies botánicas con características únicas, que producen frutos de carne con una amplia gama de sabores pungentes, además de frutas dulces (sin capsaicina). El mercado del *Capsicum* es enorme, con una amplia gama de productos procesados, en frutas frescas tanto para el consumo *in natura* como para fines ornamentales. Los productos procesados incluyen salsas, encurtidos, pimentón, pimienta seca y agrietada, frutas secas enteras, mermeladas y productos medicinales (Finger y Pereira, 2016).

El mercado para el consumo natural como fruta fresca es pequeño en comparación con otras verduras, principalmente porque se usan en pequeñas cantidades como parte de las salsas, aunque también el pimiento dulce Buiquinho (*Capsicum chinense*) se utiliza en grandes cantidades en Brasil. Sus frutas frescas se utilizan en gran medida como encurtidos y como un ingrediente importante en ensaladas (Finger y Pereira, 2016). En todo el mundo, el mercado del *Capsicum* sigue creciendo debido a su aceptación en muchos platos, para usos industriales, por sus propiedades médicas, y como planta ornamental.

El uso del *Capsicum* en la gastronomía ha ido de la mano con su domesticación y posiblemente este asociado a la gran diversidad que se corresponde con las múltiples formas de consumo especialmente en México y Perú donde son parte de la dieta como acentuadores del sabor de las comidas; por ejemplo la salsa tabasco tiene su origen en el chile tabasco

(*Capsicum frutescens*) procedente del estado de Tabasco (México) (Galán, 2014); en Perú existe la gran mayoría de platos tradicionales usan el *Capsicum* como ingrediente fundamental.

Dentro de los usos comerciales del *Capsicum* también está la paprika que es un el polvo obtenido al secar y moler frutos rojos de variedades semidulces y es empleado en la industria chacinera y en la gastronomía como por ejemplo en el plato “gulash” de Hungría (Galán, 2014).

En el ámbito de la medicina se puede utilizar con distintos propósitos, como es la pérdida de peso (Lejeune *et al.*, 2003) o la defensa antimicrobiana (Kurita *et al.*, 2002), las antiguas civilizaciones lo utilizaban como analgésico, por ejemplo los mayas empleaban el pimiento para calmar la tos y el dolor de garganta y los aztecas, para combatir el dolor de muelas (Pozo, 1991). Actualmente existen diversos estudios que demuestran que la capsaicina es capaz de inducir la apoptosis de células cancerígenas e incluso Ramachandran y Srivastava (2017) indican que la capsaicina es capaz de suprimir el crecimiento del tumor pancreático mediante la regulación negativa de la glucólisis y la respiración mitocondrial.

De Aguiar *et al.* (2018) realizaron una evaluación económica del proceso para la producción de oleorresinas ricas en capsaicinoides a partir de pimiento malagueta (brasileño) utilizando dióxido de carbono supercrítico como solvente de extracción y a escala industrial bajo las condiciones de extracción (15 MPa y 40 °C), donde se estimó en el menor costo de manufactura basado en la concentración total de capsaicinoides se alcanza a 240 min para una unidad de 0,5 m<sup>3</sup> (con extracción doble). La planta de extracción con fluidos supercríticos debe presentar flexibilidad con respecto a la obtención de diferentes productos de los pimientos *Capsicum*. Además se sabe que los pimientos *Capsicum* contienen otros compuestos bioactivos de interés industrial, como colorantes (carotenoides) y compuestos fenólicos (Materska, 2014). En este sentido, el desarrollo de procesos debe combinar diferentes condiciones de presión y temperatura en todo el proceso y son alternativas para explorar plenamente el potencial de los pimientos *Capsicum* utilizando tecnología de alta presión, apuntando al fraccionamiento del extracto y/o la integración con otras tecnologías, tales como extracción con líquidos presurizados utilizando solventes polares como agua y etanol (De Aguiar *et al.*, 2018).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Lugar de Ejecución

La investigación se realizó en las instalaciones del Instituto de Biotecnología (IBT), área de Biotecnología Industrial & Bioprocesos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

#### 3.2 Materiales

##### 3.2.1 Accesiones de ají

Se utilizaron 100 accesiones de *Capsicum spp.* los cuales crecieron en la estación experimental de Programa de Hortalizas de la UNALM, El Huerto, La Molina, Lima (12° 04' 60'' S, 76° 56' 32'' E). Los códigos y la procedencia de cada accesión se detallan en el Cuadro 03.

**Cuadro 3: Accesiones estudiadas en el presente trabajo experimental**

Código	Nombre común	Procedencia	<i>Capsicum</i>
3	Cerezo redondo	Chiclayo	<i>annuum</i>
4	Cerezo triangular	Chiclayo	<i>annuum</i>
57	Chilli ( <i>C. annuum</i> ) 1	India	<i>annuum</i>
91	Paprika de Cayenne	Alemania	<i>annuum</i>
101	Anaheim Chile G76 F1 (Hybrid.)	EEUU	<i>annuum</i>
102	Secanno Camino Real F1 (Hybrid.)	EEUU	<i>annuum</i>
107	Small Red	Tailandia	<i>annuum</i>
233	Cerezo redondo	Tumbes	<i>annuum</i>
234	Cerezo triangular	Tumbes	<i>annuum</i>
251	Ají coreano	Korea	<i>annuum</i>
273	Pipi de mono	Chorrillos	<i>annuum</i>
330	Ají Cerezo Redondo	Chiclayo	<i>annuum</i>
334	Quebrada verde	Lurín	<i>annuum</i>
99	Jalapeño Hechicero HMX 5658 F1 (Hibrid.)	EEUU	<i>annuum</i>

## Continuación

<b>Código</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Procedencia</b>	<b><i>Capsicum</i></b>
5	Cacho de cabra rojo	Chiclayo	<i>baccatum</i>
12	Escabeche rojo	Chiclayo	<i>baccatum</i>
33	Yuri 3	Yurimaguas	<i>baccatum</i>
42	Chico	Huánuco	<i>baccatum</i>
72	Cacho de cabra amarillo	Virú	<i>baccatum</i>
118	Ayuyo verde	Tarapoto	<i>baccatum</i>
120	Ayuyo verde	Tarapoto	<i>baccatum</i>
126	Ají ayuyo	Lamas	<i>baccatum</i>
129	Challuaruro	Lamas	<i>baccatum</i>
134	Ayuyo	Lamas	<i>baccatum</i>
157	Challua ruro Yurimaguas	Yurimaguas	<i>baccatum</i>
165	Ayuyo blanco	Yurimaguas	<i>baccatum</i>
286	Ají morado	Bagua chica	<i>baccatum</i>
296	Ají tipo challuaruro	Bagua chica	<i>baccatum</i>
300	Ají verde	Bagua chica	<i>baccatum</i>
301	ají verde	Jaén	<i>baccatum</i>
309	Ají cerezo	Jaén	<i>baccatum</i>
318	Amarillo de Chachapoyas	Chachapoyas	<i>baccatum</i>
323	Cacho de cabra rojo	Chiclayo	<i>baccatum</i>
329	Ají Inguiri	Chiclayo	<i>baccatum</i>
338	Ají limo	Puerto Maldonado	<i>baccatum</i>
6	Limo Paringo	Chiclayo	<i>chinense</i>
7	Limo Rojiblanco	Chiclayo	<i>chinense</i>
9	Limo Morado	Trujillo	<i>chinense</i>
73	Ají Miscucho	Virú	<i>chinense</i>
77	Ají Miscucho	Virú	<i>chinense</i>
81	Ají Miscucho	Virú	<i>chinense</i>
86	Miscucho naranja	Trujillo	<i>chinense</i>
108	Pucunucho	Tarapoto	<i>chinense</i>
113	Pucunucho alargado	Tarapoto	<i>chinense</i>
114	Charapita redondo	Tarapoto	<i>chinense</i>
116	Ají dulce amarillo	Tarapoto	<i>chinense</i>
123	Pucunucho curvado	Tarapoto	<i>chinense</i>
128	Pucunucho	Lamas	<i>chinense</i>
132	Ají picante Lamas	Lamas	<i>chinense</i>
136	Ají Bomboucho	Lamas	<i>chinense</i>
140	Warmiucho	Lamas	<i>chinense</i>
153	Ají dulce	Yurimaguas	<i>chinense</i>
155	Pucunucho Yurimaguas	Yurimaguas	<i>chinense</i>
163	Ají dulce amarillo	Yurimaguas	<i>chinense</i>
164	Charapita	Yurimaguas	<i>chinense</i>
167	Ají dulce	Yurimaguas	<i>chinense</i>
168	Ayuyo amarillo	Yurimaguas	<i>chinense</i>
171	Ají dulce	Yurimaguas	<i>chinense</i>
175	Pucunucho	Moyobamba	<i>chinense</i>
182	Miskyucho	Moyobamba	<i>chinense</i>
185	Ají dulce	Rioja	<i>chinense</i>
187	Motelito de Rioja	Rioja	<i>chinense</i>

**Continuación**

192	Ají Leymer	Rioja	<i>chinense</i>
194	Ají tipo pucunucho	Lamas	<i>chinense</i>
195	Ají tipo pucunucho	Lamas	<i>chinense</i>
203	Ají bola	Piura	<i>chinense</i>
213	Limo	Tumbes	<i>chinense</i>
215	Limo	Tumbes	<i>chinense</i>
216	Limo	Tumbes	<i>chinense</i>
217	Limo	Tumbes	<i>chinense</i>
222	Limo	Tumbes	<i>chinense</i>
226	Limo	Tumbes	<i>chinense</i>
230	Limo	Tumbes	<i>chinense</i>
237	Charapa A	Pucallpa	<i>chinense</i>
241	Cerezo rojo	Pucallpa	<i>chinense</i>
246	Charapon rojo	Pucallpa	<i>chinense</i>
248	Ají rojo	Arequipa	<i>chinense</i>
252	Ají Panca	Barranca	<i>chinense</i>
315	Limo	Chachapoyas	<i>chinense</i>
316	Limo	Chachapoyas	<i>chinense</i>
317	Limo	Chachapoyas	<i>chinense</i>
322	Ají Limo	Chiclayo	<i>chinense</i>
325	Ají Limo	Chiclayo	<i>chinense</i>
339	Ají dulce picante	Puerto Maldonado	<i>chinense</i>
340	Ají dulce	Puerto Maldonado	<i>chinense</i>
344	Rocotito	Pucallpa	<i>chinense</i>
345	Upia ucho	Pucallpa	<i>chinense</i>
351	Limo	Trujillo	<i>chinense</i>
352	Limo	Trujillo	<i>chinense</i>
353	Limo	Trujillo	<i>chinense</i>
354	Limo	Trujillo	<i>chinense</i>
358	Panca	Trujillo	<i>chinense</i>
365	Arnaucho	Pativilca	<i>chinense</i>
367	Arnaucho	Pativilca	<i>chinense</i>
368	Arnaucho	Pativilca	<i>chinense</i>
370	Arnaucho	Pativilca	<i>chinense</i>
124	Malaguete	Tarapoto	<i>frutescens</i>
139	Malaguete	Lamas	<i>frutescens</i>
142	Malaguete	Lamas	<i>frutescens</i>
343	Pucunucho rojo	Pucallpa	<i>frutescens</i>



### **3.2.2 Material de Laboratorio**

- Beakers 25, 50, 100, 250 y 500 mL
- Polietileno de alta densidad
- Frascos ámbar de 40, 100 y 500 mL.
- Filtros Millipore Millex HV PVDF 0,45 µm
- Fiola de 20, 50, 200 mL
- Matraces de Erlenmeyer de 10, 50, 100, 250, 500, 1000 mL
- Micro pipetas 5–50, 20-200, 100 - 1000 y 50-5000 µL con sus respectivos tips
- Microplacas de 96 pocillos de polipropileno y poliestireno
- Probetas 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000 mL
- Tubos Eppendorfs de 1,5 y 2,0 mL
- Tubos Falcón de 15 y 50 mL.

### **3.2.3 Equipos de Laboratorio**

- Agitador Magnético Ceramic midi Polimax 2010 Ika
- Agitador magnético Velp Scientifica Modelo F202A0175
- Agitador de Muestras Heidolph Polymax 2040
- Baño María (Shaker).
- Balanza analítica (precisión 0,0001 g) Ohaus Adventurer Modelo AR2140
- Balanza Electrónica de precisión Ohaus Scout (precisión 0,1 g)
- Baño María con Agitación (Shaker) Cimatek SAC
- Bomba de vacío ABM vacuubrand Modelo ME2C
- Campana Extractora Eléctrica
- Centrífuga. Vegyari Gepgyar. Tipo TF41171z702.
- Centrífuga Heltich Zentrifugen Modelo Mikro 220R
- Cromatógrafo líquido de alta performance (HPLC) Waters Associates Model 2695.
- Cocina eléctrica Practika
- Columna ZORBAX Eclipse XDB – C18 / 4,6 x 150 mm 3,5 µm
- Congeladora horizontal Electrolux -20°C.
- Destilador de agua GPL
- Equipo para la purificación de agua MilliQ Millipore Simplicity UV
- Espectrofotómetros Génesis 10 UV Termo
- Espectrofotómetro Multy-Modal de microplacas Modelo Synergy 2 Biotek CA
- Estufa 30-105 °C.

- Estufa al vacío tipo LP400. Labor Muszeripari Muveck.
- Licuadora Oster
- Potenciómetro Aplus Termoorion Modelo 410
- Selladora Machinex con 9 intensidades
- Termómetro de 10 a 150 °C (Boeco Germany)
- Vórtex Mixer Wizard & Classic Velp.

### 3.2.4 Reactivos

- ABTS 2,2 ácido 2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (Sigma Aldrich)
- Acetonitrilo grado HPLC (Fisher Scientific)
- Ácido acético glacial (Fermont)
- Ácido clorhídrico (Merck)
- Ácido gálico (Sigma Aldrich)
- Agua extrapura (Agua MiliQ)
- Alcohol etílico absoluto desnatured 40B (J.T. Baker)
- Carbonato de sodio anhidro (Mallinckrodt)
- Folin Ciocalteau 2 N (Sigma Aldrich)
- Metanol 99,8% (Sigma Aldrich)
- Nitrógeno gaseoso (Aga)
- Metabisulfito de potasio
- Persulfato de potasio (Sigma Aldrich)
- Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl chroman-2-carboxylic acid) (Sigma Aldrich)

Todos los solventes y otros productos químicos fueron de grado analítico y se compraron a Merck (Darmstadt, Alemania) y Fischer Scientific (Fair Lawn, NJ, EE. UU.).

### 3.3 Metodología Experimental

Todas las accesiones de ajíes fueron cosechadas en mayo del 2013, las cuales fueron secadas a  $60 \pm 2$  °C, hasta obtener peso constante. Para los análisis respectivos las muestras fueron acondicionadas eliminando el pedúnculo de cada ají y moliéndolos mediante licuadora por aproximadamente un minuto, a cada muestra se empacó en bolsas de polietileno de alta densidad y se almacenó a -20 °C hasta su respectivo análisis. Para los análisis químicos se realizaron dos extracciones independientes tal como se detalla en la Figura 14.

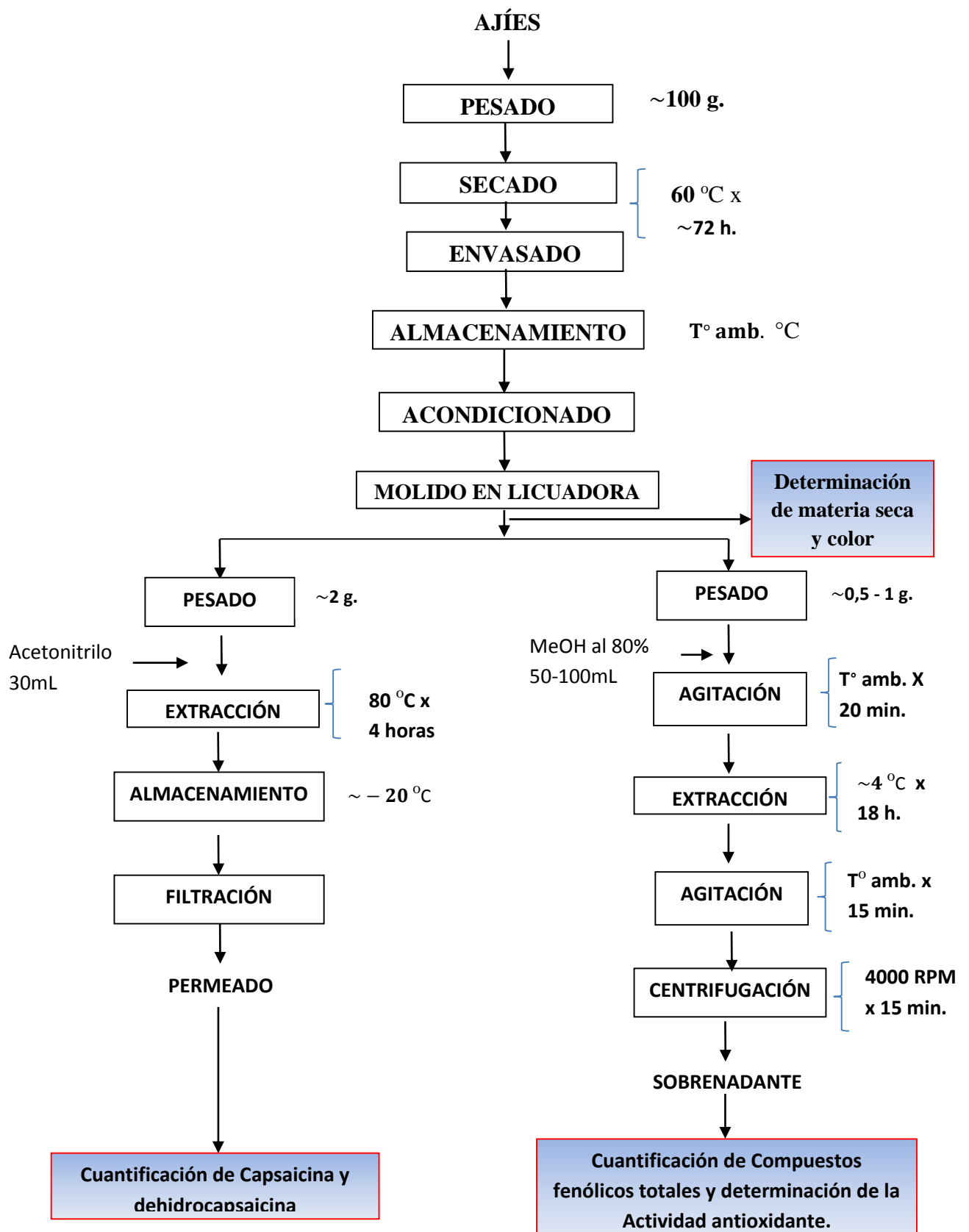


Figura 14. Flujograma de obtención y análisis de muestras.

### **3.4 Métodos de Análisis**

#### **3.4.1 Materia Seca**

Se utilizó el método gravimétrico porcentual, en el que un peso determinado de materia fue secado en estufa al vacío a 70 °C por 5 horas. El contenido de humedad es el resultado de la diferencia del peso inicial y final, el contenido de materia seca es el resultado de la diferencia entre 100 y el valor de humedad expresado en porcentaje (AOAC, 1990).

#### **3.4.2 Extracción, identificación y cuantificación de capsaicinoides (nordihidrocapsaicina, capsaicina y dihidrocapsaicina) y pungencia**

La extracción se realizó de acuerdo a la metodología de Collins *et al.* (1995) mediante la extracción con acetonitrilo con ligeras modificaciones, donde se pesó  $2,00 \pm 0,01$  gramos de ají molido (base seca) y se colocaron en tubos falcón de polipropileno de 50 mL de capacidad. La extracción se realizó a razón de 1:15 (gramo: mililitro), es decir con 30 mL de acetonitrilo grado HPLC (Fisher Scientific) a  $80 \pm 2$  °C por 4 horas con agitación manual cada 30 minutos, finalmente se filtró mediante filtro Millipore de 0.22  $\mu\text{m}$ , previo a su inyección en el HPLC. Las muestras y la fase móvil fueron filtradas en filtros Millipore tipo GV (Millipore, Bedford, MA) para inyección de HPLC.

La cuantificación de los capsaicinoides capsaicina (CPS) y dihidrocapsaicina (DHC) se realizó de acuerdo con lo descrito por Collins *et al.* (1995) con algunas modificaciones. Para ello se usó un HPLC con un autoinyector, un detector multifluorescente Waters 2475, software Empower y una columna ZORBAX Eclipse XDB – C18 (3,5  $\mu\text{m}$ , 4,6 x 150 mm USA). La columna fue usada a 35 °C, la fase móvil isocrática con 30 por ciento de solvente A (10 por ciento de metanol de volumen en agua miliQ) y 70 por ciento de solvente B (100 por ciento metanol) y con un flujo de 1 mL por minuto a 30 °C y 10  $\mu\text{L}$  de muestra a 5 °C. El efluente fue monitoreado con el detector fluorescente programado a longitudes de onda de excitación y emisión de 280 y 338 nm respectivamente.

Los capsaicinoides fueron identificados por comparación de tiempos de retención de acuerdo con los estándares. La cuantificación se realizó a través de una curva estándar de capsaicina (SIGMA M2020 - 250 mg) y dihidrocapsaicina (90% SIGMA M1002 - 250 mg); el contenido de nordihidrocapsaicina (NDH) se cuantificó utilizando la curva de calibración de

la capsaicina (Giuffrida *et al.*, 2013, 2014). La curva estándar para capsaicinoides se construyó en el rango de 5 a 100 ppm mediante una regresión lineal de 5 puntos (Anexo 1).

La pungencia se determinó mediante la conversión a Unidades Scoville o Scoville Heat Units en inglés (SHU) en la que se calcula las partes por millón de calor (ppmH) sobre el peso seco de la muestra (ecuación 1), esto se realizó tomando como referencia los trabajos de (González-Zamora *et al.* 2013, Todd *et al.* 1977) mediante la ecuación 1:

$$(\text{SHU}) = [(\text{ppm capsaicina} + \text{ppm dihidrocapsaicina}) \times 16] + [(\text{ppm nordihidrocapsaicina}) \times 9,3] \dots \dots \dots (1)$$

### **3.4.3 Obtención de extractos para el análisis de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante hidrofílica**

Se siguió la metodología de Chirinos *et al.* (2013), la extracción se realizó con un ratio de 1:100 (gramo : mililitro) para cual se tomó entre 0,5 a 1,0 gramos de ají molido y se colocó en un matraz de 125 mL protegido de la luz, en donde se adicionó el solvente metanol (Sigma Aldrich) al 80 por ciento (v/v), se agito mecánicamente en un Shaker por 20 minutos seguido de una maceración por 18 horas a 4 °C, luego de lo cual se volvió a agitar mecánicamente por 15 minutos, estos extractos fueron centrifugados a 4000 rpm por 10 minutos, se tomó el sobrenadante y se almacenara bajo nitrógeno a -20 °C para su respectivo análisis (Figura 14).

### **3.4.4 Determinación de compuestos fenólicos totales (CFT)**

Se siguió la metodología de Singleton y Rossi (1965) con las adaptaciones de Chirinos *et al.* (2013) con algunas modificaciones, donde se tomó los extractos lixiviados con metanol al 80 por ciento; para el análisis se tomó 500 µL de extracto diluido o solución estándar a la concentración de interés y se colocó en tubos protegidos de la luz, a estos se le añadió 250 µL de Folin Ciocalteau 1 N más 1250 µL solución de carbonato de sodio 1 N, se homogenizo con ayuda del vortex y se dejó reposar por 30 minutos.

Finalizado este tiempo se calibró el espectrofotómetro con agua destilada como blanco con una longitud de onda de 755 nm y se tomó lectura de la absorción, estos valores fueron reemplazados en una curva estándar de ácido gálico (Anexo 2). Los resultados fueron expresados como mg de ácido gálico equivalente (GAE) por cada 100 gramos de muestra en base seca extraída.

### 3.4.5 Determinación de la capacidad antioxidante hidrofílica (TEAC)

Se siguió la metodología propuesta por Silva *et al.* (2007), tomando los mismos extractos que para compuestos fenólicos, estos fueron diluidos con etanol absoluto (J.T. Baker) con un factor de dilución 10 para todas las muestras, la actividad antioxidante se determinó por el ensayo TEAC, usando el catión radical ABTS<sup>•+</sup> (Sigma, St. Louis, MO). El análisis fue adaptado para ser llevado a cabo en microplacas (96 pocillos, transparentes, Nalge Nunc International, Rochester, NY), con un espectrofotómetro Multy-Modal de microplacas Modelo Synergy 2 Biotek CA).

Se preparó una solución de ABTS (7 mM, 3,84 mg/mL) en agua ultra-pura (reactivo A). Por otro lado se preparó también una solución acuosa de persulfato de potasio (25,4 mM, 6,62 mg/mL) (reactivo B). Ambas soluciones fueron almacenadas bajo condiciones de refrigeración y oscuridad.

La solución madre ABTS<sup>+</sup> se realizó con las recomendaciones debidas, donde se mezcló 1:10 (mililitro reactivo A: mililitro reactivo B), utilizando K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (Sigma, St. Louis, MO) como agente oxidante, la solución madre se dejó reaccionar entre 16 a 20 horas bajo condiciones de refrigeración (4 °C) y en oscuridad.

La solución de trabajo de ABTS<sup>•+</sup> se obtuvo por dilución de la solución madre en etanol para dar una absorción de  $0,73 \pm 0,005$  a  $\lambda = 750$  nm. Los extractos evaluados y los estándares de Trolox (10 µl) diluidos en etanol se pusieron en cada pocillo y la reacción se inició con la adición de 190 µl de la solución de trabajo ABTS<sup>•+</sup>. La solución Trolox (40 mM) se preparó en etanol y se mantuvo a -20 °C bajo nitrógeno. Para cada sesión de mediciones, se trazó una curva estándar con Trolox.

El valor TEAC (ecuación 2) se calculó mediante la medida del área bajo la curva, derivada de la representación gráfica del porcentaje de inhibición de la absorbancia como una función del tiempo. La absorbancia se registró cada 12 segundos durante 6 minutos, para permitir un estrecho seguimiento de la velocidad de reacción, lo cual es importante para aquellos antioxidantes que muestran una dependencia del tiempo cuando se somete a este ensayo. El cálculo del área bajo la curva se realizó para una dilución de la muestra que tenía un porcentaje de inhibición final entre 5 y 53 por ciento. Cada extracto se analizó por triplicado.

La actividad antioxidante de los extractos de plantas se expresó como  $\mu\text{mol}$  Trolox equivalente/g base seca, y se calculó por la ecuación 2:

$$TEAC \left( TE, \frac{\mu\text{mol}}{g \text{ b. s.}} \right) = FD \times \left( \text{Concentración equivalente, } \frac{\mu\text{mol}}{L} \right) \times \frac{V}{W} \dots\dots\dots(2)$$

Dónde: FD es el factor de dilución de las muestras, la concentración equivalente se calculó en base a la curva estándar con Trolox, “V” representa el volumen de metanol en el que fueron extraídas las muestras, “W” representa el peso de muestra en base seca sobre el cual se realizó la extracción.

La concentración equivalente se realizó en base a la curva estándar (Anexo 3 y ecuación 3):

$$\left( \text{Concentración equivalente, } \frac{\mu\text{mol}}{L} \right) = \frac{AUC - 95.13}{5.95758} \dots\dots\dots(3)$$

Dónde: AUC son las áreas producidas por las muestras y el Trolox y fueron calculadas por la siguiente ecuación:

$$AUC = \left( \%Inh_{t=0} \times 0.5 + \sum_{i=1}^{30} \%Inh_{t=10 \times i} \right) \dots\dots\dots(4)$$

Dónde:  $\%Inh_{(t)}$  es el porcentaje de inhibición en “t” segundo.

### 3.4.6 Cuantificación del color

Las muestras sometidas a molienda mediante licuadora (Figura 14) de cada accesión fueron acondicionadas para su lectura directa en el colorímetro, previamente regulado con un blanco de  $L^* = 97,34$ ;  $a^* = -0,12$ ;  $b^* = 2,05$ ;  $C^* = 2.05$ ;  $h = 93,46$ . De cada muestra de ají se tomó las coordenadas de color Cielab ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h^*$ ) en base de lo cual se determinó el índice de color ( $IC^*$ ) mediante la ecuación 5.

$$IC^* = \frac{a^* \times 1000}{L^* \times b^*} \dots\dots\dots(5)$$

### **3.5 Diseño estadístico**

El análisis de varianza fue aplicado según un diseño completamente al azar por especie en cada respuesta de los 100 tratamientos (accesiones) mediante el *software* Statgraphics XV.II. El contraste de medias entre cada accesión fueron determinadas mediante el contraste Duncan en el Software Statistica 10.

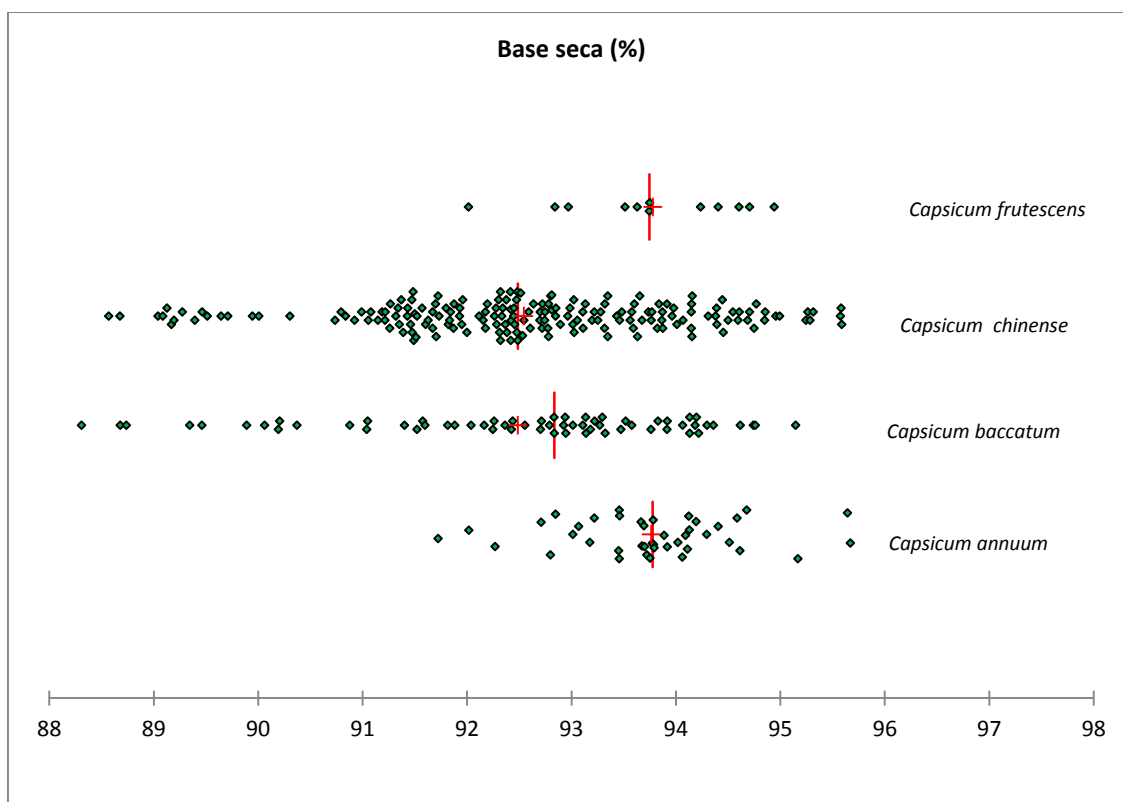
Para las encontrar semejanzas y realizar comparaciones se construyeron gráficos de dispersión y se realizaron los análisis de componentes principales (PCA) y análisis discriminante (DA) mediante el *software* XLSTAT 2016.



## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Materia Seca

Se determinó el contenido de materia seca, con fin de expresar los resultados cuantitativos de los metabolitos cuantificados. En la Figura 15 y Cuadros 4 y 5 (letras y números simbolizan diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ) se muestran los resultados del contenido de materia seca, donde se puede observar una alta variabilidad. Cabral (2005) establece una correlación positiva entre superficie/volumen y la tasa de pérdida de peso durante el almacenamiento de *Capsicum*, esto puede ser extrapolado al secado convectivo, lo cual ocasionó diferencias en el tiempo de secado según la forma.



**Figura 15. Diagrama de dispersión (cruz representa la media y línea central la mediana) respecto al contenido de materia seca (%) según especie de *Capsicum***

Entonces si consideramos que el proceso de secado depende del tamaño y geometría (a mayor volumen y mayor área, mayor tiempo de secado), y que se obtuvo valores de materia seca entre el 88,55 hasta 95,58 por ciento; esto es un indicador positivo, principalmente porque el secado fue una operación previa a los análisis, y el contenido de humedad es un factor crítico para la proliferación de microorganismos y reacciones de oxidación. Guiné y Barroca (2012) resaltan que el secado modifica las propiedades físicas (elasticidad, cohesividad y masticabilidad), facilitando la molienda y demás análisis posteriores.

**Cuadro 4: Contenido de humedad (%) de *Capsicum annum*, *baccatum* y *frutescens***

<i>Capsicum annum</i>		<i>Capsicum baccatum</i>	
Accesión	Porcentaje	Accesión	Porcentaje
3	93,39 ± 0,35 <sup>b,c</sup>	5	93,18 ± 0,04 <sup>f,g,h</sup>
4	93,96 ± 0,25 <sup>c,d,e</sup>	12	92,71 ± 1,12 <sup>e,f</sup>
57	94,14 ± 0,42 <sup>c,d,e</sup>	33	92,10 ± 0,19 <sup>d,e</sup>
91	92,60 ± 0,53 <sup>a</sup>	42	88,58 ± 0,23 <sup>a</sup>
99	93,03 ± 0,36 <sup>a,b</sup>	72	94,71 ± 0,47 <sup>j</sup>
101	94,23 ± 0,36 <sup>d,e</sup>	118	92,98 ± 0,14 <sup>e,f,g,h</sup>
102	92,48 ± 0,89 <sup>a</sup>	120	93,33 ± 0,23 <sup>f,g,h,i</sup>
107	93,53 ± 0,36 <sup>b,c,d</sup>	126	94,31 ± 0,27 <sup>i,j</sup>
233	94,40 ± 0,28 <sup>e</sup>	129	93,76 ± 0,44 <sup>g,h,i,j</sup>
234	94,14 ± 0,37 <sup>c,d,e</sup>	134	92,33 ± 0,73 <sup>e,f</sup>
251	95,49 ± 0,28 <sup>f</sup>	157	92,05 ± 0,65 <sup>d,e</sup>
273	93,76 ± 0,05 <sup>b,c,d,e</sup>	165	93,96 ± 0,40 <sup>h,i,j</sup>
330	94,01 ± 0,29 <sup>c,d,e</sup>	286	92,54 ± 0,26 <sup>e,f</sup>
334	93,54 ± 0,31 <sup>b,c,d</sup>	296	92,78 ± 0,52 <sup>e,f,g</sup>
<i>Capsicum frutescens</i>		300	93,92 ± 0,45 <sup>h,i,j</sup>
Accesión	Porcentaje	301	94,26 ± 0,43 <sup>i,j</sup>
124	93,63 ± 0,12 <sup>b</sup>	309	92,78 ± 0,29 <sup>e,f,g</sup>
139	94,23 ± 0,48 <sup>b,c</sup>	318	90,05 ± 0,16 <sup>b</sup>
142	94,65 ± 0,27 <sup>d</sup>	323	90,19 ± 0,85 <sup>b</sup>
343	92,61 ± 0,52 <sup>a</sup>	329	91,25 ± 0,50 <sup>cd</sup>
		338	90,47 ± 1,06 <sup>b,c</sup>

**Cuadro 5: Contenido de humedad (%) de *Capsicum chinense***

<i>Capsicum chinense</i>			
Accesión	Porcentaje	Accesión	Porcentaje
6	92,53 ± 1,15 <sup>i,j,k,l,m,n</sup>	203	89,19 ± 0,52 <sup>a</sup>
7	95,26 ± 0,02 <sup>v,w</sup>	213	92,67 ± 0,11 <sup>j,k,l,m,n,ñ</sup>
9	91,99 ± 0,25 <sup>f,g,h,i,j,k</sup>	215	94,74 ± 0,12 <sup>t,u,v</sup>
73	92,84 ± 0,39 <sup>l,m,n,ñ,o</sup>	216	94,35 ± 0,37 <sup>s,t,u</sup>
77	92,60 ± 0,37 <sup>j,k,l,m,n,ñ</sup>	217	93,52 ± 0,34 <sup>o,p,q,r</sup>
81	93,32 ± 0,52 <sup>ñ,o,p,q</sup>	222	92,76 ± 0,31 <sup>k,l,m,n,ñ</sup>
86	93,95 ± 0,44 <sup>q,r,s</sup>	226	93,61 ± 0,20 <sup>p,q,r</sup>
108	94,07 ± 0,79 <sup>r,s,t</sup>	230	89,92 ± 0,43 <sup>b,c</sup>
113	94,15 ± 0,23 <sup>r,s,t</sup>	237	93,77 ± 0,21 <sup>q,r,s</sup>
114	92,96 ± 0,15 <sup>l,m,n,ñ,o,p</sup>	241	94,15 ± 0,01 <sup>r,s,t</sup>
116	89,66 ± 0,28 <sup>a,b</sup>	246	94,45 ± 0,06 <sup>s,t,u</sup>
123	94,77 ± 0,23 <sup>t,u,v</sup>	248	93,33 ± 0,47 <sup>ñ,o,p,q</sup>
128	92,65 ± 0,49 <sup>j,k,l,m,n,ñ</sup>	252	91,47 ± 0,33 <sup>e,f</sup>
132	91,27 ± 0,05 <sup>e,f</sup>	315	93,01 ± 0,57 <sup>l,m,n,ñ,o,p</sup>
136	91,83 ± 0,17 <sup>f,g,h,i</sup>	316	91,35 ± 0,14 <sup>e,f</sup>
140	91,81 ± 0,58 <sup>f,g,h,i</sup>	317	91,60 ± 0,27 <sup>e,f,g,h</sup>
153	92,37 ± 0,44 <sup>h,i,j,k,l,m</sup>	322	89,13 ± 0,04 <sup>a</sup>
155	93,25 ± 0,54 <sup>n,ñ,o,p,q</sup>	325	90,34 ± 0,92 <sup>c,d</sup>
163	90,92 ± 0,13 <sup>d,e</sup>	339	92,77 ± 0,08 <sup>l,m,n,ñ,o</sup>
164	93,87 ± 0,14 <sup>q,r,s</sup>	340	91,96 ± 0,46 <sup>f,g,h,i,j</sup>
167	91,63 ± 0,20 <sup>e,f,g,h</sup>	344	89,04 ± 0,47 <sup>a</sup>
168	93,28 ± 0,13 <sup>n,ñ,o,p,q</sup>	345	91,74 ± 0,09 <sup>f,g,h</sup>
171	92,28 ± 0,10 <sup>g,h,i,j,k,l,m</sup>	351	91,26 ± 0,36 <sup>e,f</sup>
175	94,38 ± 0,28 <sup>s,t,u</sup>	352	92,23 ± 0,31 <sup>g,h,i,j,k,l</sup>
182	94,96 ± 0,36 <sup>u,v,w</sup>	353	91,82 ± 0,56 <sup>f,g,h,i</sup>
185	92,33 ± 0,08 <sup>g,h,i,j,k,l,m</sup>	354	92,70 ± 0,28 <sup>j,k,l,m,n,ñ</sup>
187	95,58 ± 0,01 <sup>w</sup>	358	92,73 ± 0,51 <sup>j,k,l,m,n,ñ</sup>
192	92,36 ± 0,46 <sup>h,i,j,k,l,m</sup>	365	93,02 ± 0,50 <sup>m,n,ñ,o,p</sup>
194	92,31 ± 0,51 <sup>g,h,i,j,k,l,m</sup>	367	92,31 ± 0,58 <sup>g,h,i,j,k,l,m</sup>
195	91,57 ± 0,38 <sup>e,f,g</sup>	368	92,23 ± 0,08 <sup>g,h,i,j,k,l</sup>
		370	91,24 ± 0,15 <sup>e,f</sup>

## 4.2 Identificación y cuantificación de capsaicinoides y pungencia en Ajíes

Se identificó y cuantificó los capsaicinoides más representativos: nordihidrocapsaicina (NDH), capsaicina (CPS) y dihidrocapsaicina (DHC), tal como se muestra en los cromatogramas de la Figura 16 (un por especie de *Capsicum*). Para ello se utilizó cromatografía de fase reversa que implica una fase estacionaria no polar y una fase móvil polar; donde fue posible diferenciar los tiempos de retención (picos estrechos) para los tres capsaicinoides (Figura 16). En base a los tiempos de retención se realizó la cuantificación de cada capsaicinoide mediante la medición del área del pico y la comparación de los datos con los de los estándares de concentración de los respectivos compuestos analizados (Anexo 1).

La Figura 16 muestra el perfil de capsaicinoides por especie y las unidades Scoville (pungencia), donde destacan las diferencias en el contenido de capsaicinoides entre especies y dentro de ellas; en algunos casos estas diferencias fueron pequeñas como en *C. frutescens*, se incrementaron para *C. annuum* y *C. baccatum*; pero tal como se muestra en la figura 17, en *Capsicum chinense* se obtuvo la máxima divergencia.

González-Zamora *et al.* (2013) mencionan que la pungencia puede estar sujeta al estrés, por ejemplo cuando tienen una temperatura promedio alta en el exterior y un riego insuficiente; también el exceso de agua puede generarlo. El estrés controlado ha demostrado que puede incrementar la concentración de capsaicinoides (Jeeatid *et al.*, 2018). Estos efectos climáticos fueron controlados mediante el cultivo en el mismo suelo y cosecha de la misma temporada, por lo que estos los metabolitos secundarios no estarían condicionada por el clima.

De 100 accesiones de ajíes estudiados, en 92 accesiones se cuantificó al menos uno de los tres capsaicinoides en niveles detectables, los ocho restantes se pueden clasificar como no pungentes o dulces (Finger y Pereira, 2016). Los resultados de pungencia descritos son de suma importancia para la valorización de los *Capsicum* nativos, estos resultados divergen de otros trabajos con accesiones nativas tanto del mismo colector (UNALM) y del INIA (Meckelmann *et al.*, 2013, 2015; van Zonneveld *et al.*, 2015).

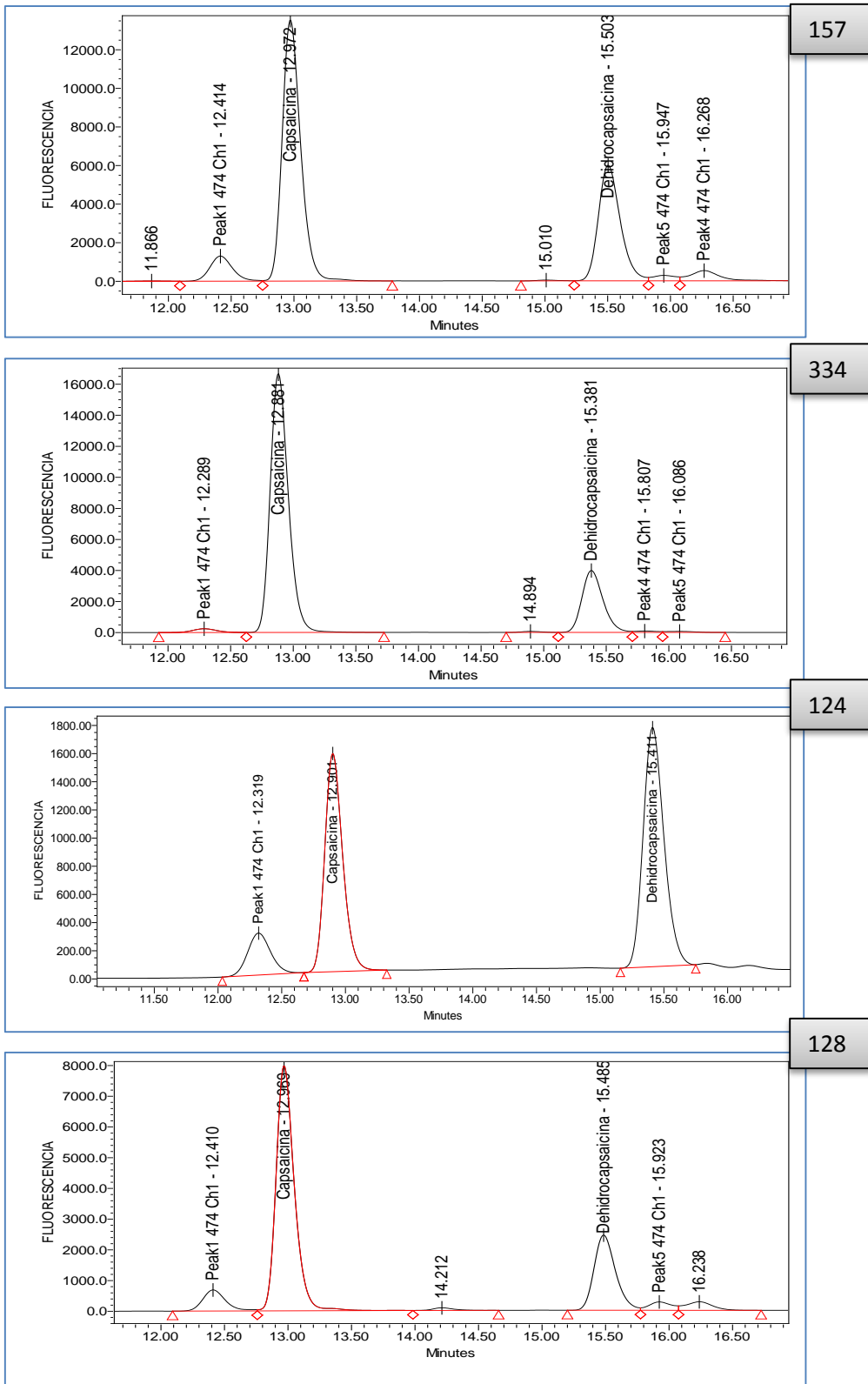
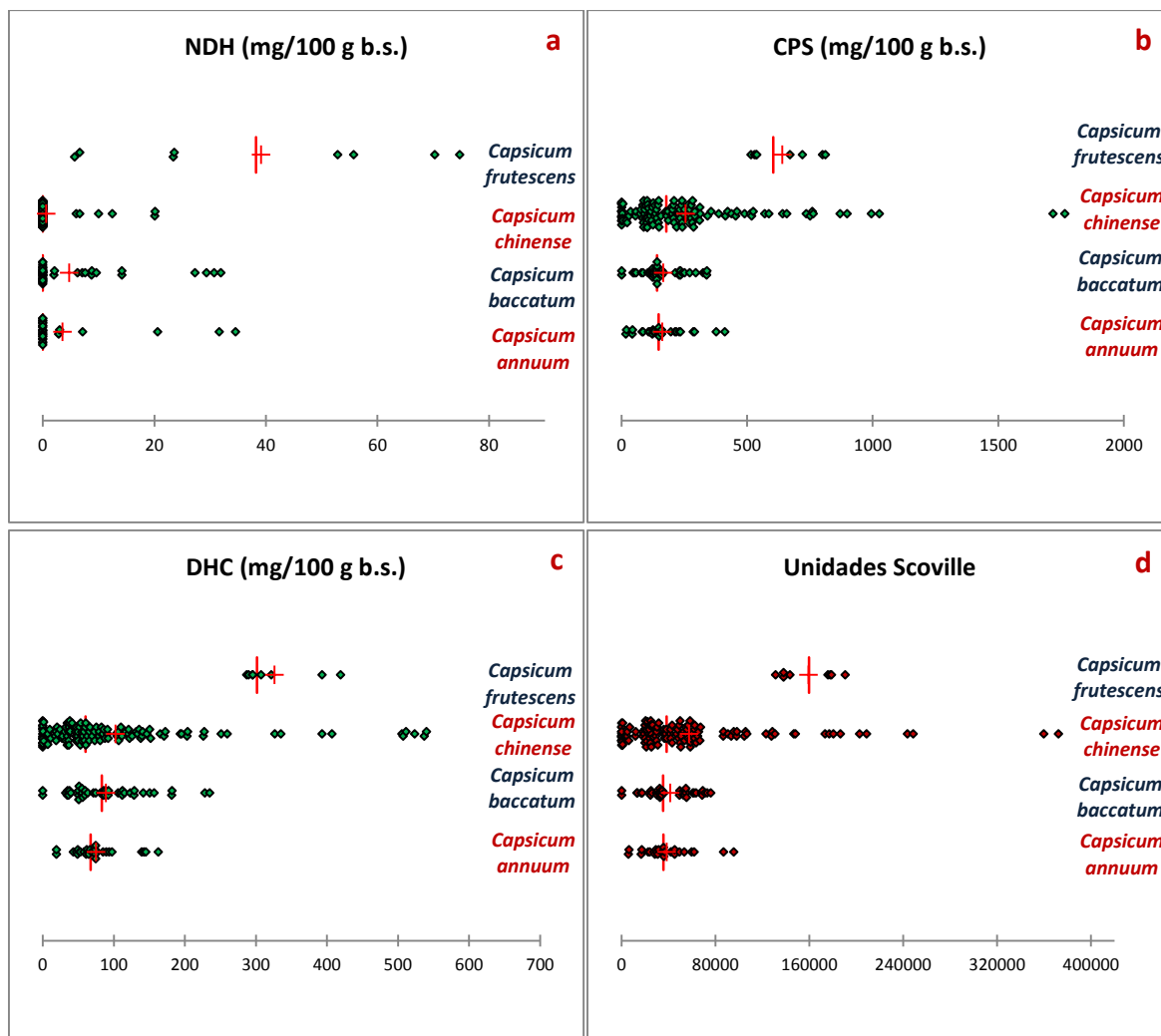


Figura 16. Perfiles de capsaicinoides de accesiones 157 (Challuaruro de Yurimaguas, *C. baccatum*), 334 (Quebrada verde de Lurin, *C. annuum*), 124 (Malaguete de Tarapoto, *C. frutescens*) y 128 (Pucunucho de Lamas, *C. chinense*)



**Figura 17.** Diagrama de dispersión del contenido en base seca de nordihidrocapsaicina (NDH), capsaicina (CPS), dihidrocapsaicina (DHC) y unidades Scoville (SHU) según especie de *Capsicum* (cruz representa la media y línea central la mediana)

En la Figura 17 (contenido de capsaicinoides) se puede diferenciar una gran variabilidad entre las especies de *Capsicum*. Además Bosland y Votava (2012) clasificaron el nivel de acritud con respecto al puntaje Scoville, gracias a lo cual los ajíes pueden ser clasificados entre:

- De 0 a 700 SHU se clasifica como no pungente o paprika; en el presente estudio nueve accesiones están comprendidos, ocho son de la variedad *C. chinense*, y la accesión 318 (Limo de Chachapoyas perteneciente a *C. baccatum*).
- De 700 a 3000 SHU se clasifican como medio pungentes; en el presente trabajo se encontró solo la accesión 192 (ají Leymer perteneciente a *C. chinense*).

- De 3000 a 25 000 SHU se clasifican como moderadamente pungente; en el presente trabajo se encontraron 18 accesiones (13 accesiones de *C. chinense*, 3 accesiones de *C. annuum* y 4 *C. baccatum*).
- De 25 000 a 70 000 SHU se clasifican como altamente pungente; en el presente trabajo se encontró 52 accesiones (27 accesiones de *C. chinense*, 15 de *C. baccatum*, 10 *C. annuum*).
- A más de 80 000 SHU se clasifica como verdaderamente altamente pungente; en el presente trabajo se encontró 20 accesiones con esta característica; dos accesiones de *C. baccatum* superan los 70 000 SHU, siendo las más altas puntuaciones; la accesión 334 de *C. annuum* que alcanzó 91 203 SHU; las cuatro accesiones de *C. frutescens* superaron los 130 000 SHU, hasta un máximo de 184 034 SHU; en *C. chinense* fueron 13 accesiones las que superaron las 80 000 SHU y se alcanzó un máximo de 364 884 SHU que representó 2,26 gramos por cada 100 gramos de materia seca.

#### **4.2.1 Capsaicinoides y Pungencia en *Capsicum annuum***

El contenido de capsaicinoides y pungencia de *Capsicum annuum* se detalla en el Cuadro 6 (letras simbolizan diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ), por su nivel de pungencia los ajíes estudiados de esta especie se pueden clasificar mayoritariamente como altamente pungentes según la clasificación de Bosland y Votava (2012).

Solamente en tres de las 14 accesiones estudiadas se cuantificó nordihidrocapsaicina (NDH) en *Capsicum annuum*, en contraste Meckelmann *et al.* (2013, 2015), quienes si detectan en la mayoría de accesiones de esta especie, con valores de hasta 63,8 mg/100 g. m.s. en una accesión del INIA de Loreto, estos valores son cercanos a la accesión Quebrada verde de Lurin (334); en otros trabajos reportados de *C. annuum* hay divergencia respecto a la nordihidrocapsaicina, por un lado se reporta presencia en contenidos similares (Korkutata y Kavaz, 2015; Nmaju *et al.*, 2018; Giuffrida *et al.*, 2013; Collins *et al.*, 1995; Zewdie y Bosland, 2001; Barbero *et al.*, 2014) y también se reporta ausencia (Rodríguez-Burruezo *et al.*, 2010; De Aguiar *et al.*, 2016; Han *et al.*, 2012); sin embargo, la mayoría no se reportan.

**Cuadro 6: Capsaicinoides y pungencia en *Capsicum annuum* (en mg/ 100 gramos de materia seca)**

Accesión	NDH	CPS	DHC	SHU
57	13,86 ± 9,49 <sup>a</sup>	128,39 ± 3,06 <sup>d</sup>	140,79 ± 2,18 <sup>g</sup>	44 627 ± 1023 <sup>h</sup>
91	n.d.	42,79 ± 1,18 <sup>a</sup>	63,10 ± 1,41 <sup>d</sup>	17 048 ± 417 <sup>b</sup>
99	2,94 ± 0,11 <sup>a</sup>	83,38 ± 3,03 <sup>b</sup>	59,60 ± 2,16 <sup>c,d</sup>	23 293 ± 845 <sup>c</sup>
101	n.d.	18,51 ± 1,53 <sup>a</sup>	19,20 ± 0,09 <sup>a</sup>	6 071 ± 234 <sup>a</sup>
102	n.d.	159,35 ± 0,20 <sup>e,f</sup>	67,27 ± 3,55 <sup>d,e</sup>	36 486 ± 539 <sup>e,f</sup>
107	n.d.	109,78 ± 3,98 <sup>c</sup>	74,40 ± 0,21 <sup>e</sup>	29 651 ± 608 <sup>d</sup>
251	n.d.	148,38 ± 0,75 <sup>d,e</sup>	46,04 ± 4,12 <sup>b</sup>	31 302 ± 543 <sup>d,e</sup>
3	n.d.	144,90 ± 3,56 <sup>d,e</sup>	74,22 ± 0,13 <sup>e</sup>	35 277 ± 594 <sup>e,f</sup>
4	n.d.	287,85 ± 3,36 <sup>h</sup>	89,30 ± 6,00 <sup>f</sup>	60 719 ± 1507 <sup>j</sup>
233	n.d.	175,18 ± 29,46 <sup>f</sup>	67,49 ± 1,54 <sup>d,e</sup>	39 071 ± 4990 <sup>f,g</sup>
234	n.d.	220,56 ± 11,36 <sup>g</sup>	50,18 ± 4,00 <sup>b,c</sup>	43 589 ± 2474 <sup>g,h</sup>
273	n.d.	225,70 ± 11,59 <sup>g</sup>	93,30 ± 5,86 <sup>f</sup>	51 358 ± 2808 <sup>i</sup>
330	n.d.	123,13 ± 1,94 <sup>c,d</sup>	50,39 ± 1,54 <sup>b,c</sup>	27 937 ± 561 <sup>c,d</sup>
334	33,10 ± 2,04 <sup>b</sup>	393,66 ± 24,68 <sup>i</sup>	153,70 ± 12,35 <sup>h</sup>	91 203 ± 6150 <sup>k</sup>

En el contenido de capsaicina (CPS) y dihidrocapsaicina (DHC) se pueden categorizar mediante Duncan en nueve y ocho categorías significativamente diferentes entre sí, respectivamente. Para *C. annuum* con origen peruano, Meckelmann *et al.* (2013, 2015) reportaron valores similares, con la excepción de seis accesiones dulces, y una accesión de Loreto que logra superar significativamente a la accesión 334 (Quebrada verde de Lurín) en el contenido de los tres capsaicinoides (Meckelmann *et al.*, 2013).

En otros trabajos, se reportan concentraciones cercanas, y ligeramente inferiores en el contenido de capsaicinoides; también existen ajíes con valores especialmente altos en los tres capsaicinoides analizados, por ejemplo González-Zamora *et al.*, (2013) reportan al ají Chiltepín que supera los 3000 mg/100 g. m.s.

En las proporciones del contenido capsaicina (CPS) respecto a la dihidrocapsaicina (DHC), se encontró que con excepción del ají coreano y el Seccano de EEUU, los demás obtuvieron una proporción cercana a 1:1 (capsaicina: dihidrocapsaicina). Esta proporción es claramente distinta a los *Capsicum annuum* de origen peruano (Cuadro 6).



Además de resaltar las anteriores comparaciones, el presente estudio incluyó siete accesiones de origen internacional, todas pertenecientes a *Capsicum annuum* (de 14 accesiones colectadas), éstas fueron: Chilli, de la India (accesión 57); Paprika de Cayenne, de Alemania (accesión 91); de EEUU, el Jalapeño Hechicero HMX 5658 F1 (Hybrid.) (accesión 99), el Anaheim Chile G76 F1 (Hybrid.) (Accesión 101), y el Secanno Camino Real F1 (Hybrid.) (accesión 102); también el Small Red de Tailandia (accesión 107); y el Ají koreano (accesión 251). Estos fueron cosechados en la Universidad Nacional Agraria La Molina, mostraron un perfil de pungencia similar entre sí (entre moderada hasta altamente pungentes).

#### 4.2.2 Capsaicinoides y Pungencia en *Capsicum frutescens*

De acuerdo con el nivel de pungencia de las cuatro accesiones estudiadas, y de acuerdo con Bosland y Votava (2012), éstas están dentro del rango de muy altamente pungentes, tal como se puede contrastar en el Cuadro 7 (letras simbolizan diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ). Los contenidos de capsaicina (CPS) y dihidrocapsaicina (DHC) fueron similares a lo reportado por Meckelmann *et al.* (2013, 2015), con la excepción de dos accesiones de Ucayali colectadas por el CIDRA (Centro de Investigación y Desarrollo Rural Amazónico), donde Meckelmann *et al.* (2013) reportó contenidos de capsaicina que superan los 1000 mg/100 g. m.s.

**Cuadro 7: Capsaicinoides y pungencia en *Capsicum frutescens* (en mg/ 100 gramos de materia seca)**

Accesión	NDH	CPS	DHC	SHU
124	72,52 ± 3,19 <sup>d</sup>	695,01 ± 35,50 <sup>b</sup>	406,18 ± 18,39 <sup>b</sup>	184 034 ± 8974 <sup>b</sup>
139	23,49 ± 0,16 <sup>b</sup>	525,15 ± 14,91 <sup>a</sup>	297,26 ± 14,17 <sup>a</sup>	134 592 ± 4668 <sup>a</sup>
142	54,32 ± 2,06 <sup>c</sup>	533,54 ± 6,27 <sup>a</sup>	308,79 ± 18,37 <sup>a</sup>	140 665 ± 3776 <sup>a</sup>
343	6,19 ± 0,64 <sup>a</sup>	805,59 ± 8,48 <sup>c</sup>	292,39 ± 3,76 <sup>a</sup>	177 349 ± 2032 <sup>b</sup>

Respecto a las proporciones de capsaicina: dihidrocapsaicina se cumple lo descrito por Manirakiza *et al.* (2003) quienes generalizan una proporción 2:1 (Capsaicina: Dihidrocapsaicina). Estos resultados se corresponden con las proporciones reportadas por Meckelmann *et al.* (2013, 2015).

### 4.2.3 Capsaicinoides y Pungencia en *Capsicum baccatum*

Según el nivel de pungencia de *Capsicum baccatum* en el presente trabajo, se puede clasificar entre mediana hasta altamente pungentes (Bosland y Votava, 2012) tal como se puede contrastar en el cuadro 8. La accesión Amarillo de Chachapoyas (accesión 318) fue la única en donde no se cuantificó capsaicinoides a diferencia de otros estudios como los de Meckelmann *et al.* (2013, 2015), en ajíes peruanos; sin embargo en Brasil, De Aguiar *et al.* (2016) reportaron dos accesiones dulces de esta especie (Cambuci verde y Cambuci vermelho).

**Cuadro 8: Capsaicinoides y pungencia en *Capsicum baccatum* (en mg/ 100 gramos de materia seca)**

Accesión	NDH	CPS	DHC	SHU
5	n.d.	47,12 ± 1,28 <sup>a</sup>	34,83 ± 0,17 <sup>a</sup>	13 193 ± 233 <sup>a</sup>
12	n.d.	55,32 ± 3,33 <sup>a</sup>	50,52 ± 0,52 <sup>b</sup>	17 040 ± 620 <sup>b</sup>
33	14,17 ± 0,00 <sup>d</sup>	164,52 ± 3,20 <sup>h</sup>	153,72 ± 4,61 <sup>i</sup>	52 554 ± 1259 <sup>f,g</sup>
42	31,32 ± 0,85 <sup>f</sup>	139,62 ± 2,79 <sup>e,f</sup>	231,62 ± 4,65 <sup>k</sup>	62 682 ± 1117 <sup>i</sup>
72	n.d.	132,94 ± 8,87 <sup>d,e,f</sup>	83,53 ± 3,35 <sup>d</sup>	34 852 ± 1966 <sup>c</sup>
118	8,21 ± 0,84 <sup>b,c</sup>	125,28 ± 2,41 <sup>d,e</sup>	59,57 ± 0,16 <sup>b</sup>	30 523 ± 440 <sup>d</sup>
120	n.d.	142,94 ± 1,99 <sup>f,g</sup>	55,70 ± 0,79 <sup>b</sup>	31 980 ± 192 <sup>d,e</sup>
126	n.d.	234,60 ± 0,06 <sup>i,j</sup>	73,10 ± 2,30 <sup>c</sup>	49 452 ± 361 <sup>f</sup>
129	2,06 ± 0,09 <sup>a</sup>	335,58 ± 6,25 <sup>m</sup>	110,97 ± 2,07 <sup>f</sup>	72 086 ± 1348 <sup>k</sup>
134	n.d.	157,72 ± 4,49 <sup>g,h</sup>	50,72 ± 0,59 <sup>b</sup>	33 558 ± 627 <sup>d,e</sup>
157	n.d.	82,85 ± 4,34 <sup>b</sup>	125,95 ± 3,83 <sup>g</sup>	33 615 ± 1314 <sup>d,e</sup>
165	28,34 ± 1,46 <sup>e</sup>	140,42 ± 0,94 <sup>e,f</sup>	181,53 ± 0,30 <sup>j</sup>	54 468 ± 336 <sup>g,h</sup>
286	n.d.	336,99 ± 2,16 <sup>m</sup>	88,07 ± 0,50 <sup>d</sup>	68 435 ± 428 <sup>j</sup>
296	n.d.	133,67 ± 6,34 <sup>d,e,f</sup>	59,10 ± 5,66 <sup>b</sup>	31 035 ± 1932 <sup>d,e</sup>
300	9,15 ± 0,61 <sup>c</sup>	310,18 ± 20,67 <sup>l</sup>	135,16 ± 9,01 <sup>h</sup>	72 550 ± 4835 <sup>k</sup>
301	n.d.	261,00 ± 15,09 <sup>k</sup>	99,24 ± 9,33 <sup>e</sup>	57 998 ± 3931 <sup>h</sup>
309	n.d.	237,14 ± 7,55 <sup>j</sup>	88,43 ± 4,97 <sup>d</sup>	52 416 ± 2016 <sup>f,g</sup>
318	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
323	6,66 ± 0,62 <sup>b</sup>	108,49 ± 4,68 <sup>c</sup>	37,78 ± 2,23 <sup>a</sup>	24 168 ± 1171 <sup>c</sup>
329	n.d.	122,21 ± 1,80 <sup>c,d</sup>	34,86 ± 3,91 <sup>a</sup>	25 288 ± 919 <sup>c</sup>
338	n.d.	221,43 ± 10,25 <sup>i</sup>	113,24 ± 2,28 <sup>f</sup>	53 884 ± 1283 <sup>g</sup>

En siete de las 21 accesiones estudiadas se cuantificó nordihidrocapsaicina (NDH) con proporciones hasta 28,33 mg/100 g. m.s. (Cuadro 8 las letras simbolizan diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ). Estos valores se corresponden con lo que reportaron

Meckelmann *et al.* (2013, 2015), así como con otros trabajos como por ejemplo para Dedo de Moça grande y pequeño de Brasil (De Aguiar *et al.*, 2016).

Los contenidos de capsaicina (CPS) obtuvieron hasta 13 categorías con diferencias significativas entre sí (Duncan), estos contenidos también fueron similares a los reportados por Morales-Soriano *et al.* (2018), y con Meckelmann *et al.* (2013), solo con excepción de dos acciones colectadas por INIA de Lambayeque y San Martín (hasta 580 mg/ 100 g. m.s. de capsaicina). Los contenidos también se corresponden con lo reportado en ajíes de otros países (De Aguiar *et al.*, 2016; Pandey *et al.*, 2009; Zewdie y Bosland, 2001; Tanaka *et al.*, 2009).

El contenido de dihidrocapsaicina (DHC) obtuvo hasta ocho categorías (Duncan) con diferencias significativas entre sí (Cuadro 8) y estos contenidos también se corresponden con Meckelmann *et al.* (2013, 2015) y Morales-Soriano *et al.* (2018). Otro trabajos internacionales también se corresponden con estas concentraciones para esta especie (De Aguiar *et al.*, 2016; Pandey *et al.*, 2009; Zewdie y Bosland, 2001; Tanaka *et al.*, 2009).

En el presente trabajo solo se reportó como dulce al ají amarillo de Chachapoyas y tiene correspondencia con algunos trabajos como por ejemplo, dos accesiones de Cambuci de Brasil (De Aguiar *et al.*, 2016), el ají coreano C01686 (Han *et al.*, 2012) y la accesión RU 72–51 de origen brasileiro reportada por Wahyuni *et al.*, (2011).

Respecto a las proporciones de capsaicinoides se obtuvo en promedio una proporción 2:1 (capsaicina: dihidrocapsaicina); sin embargo, también hubo mucha dispersión llegando incluso hasta obtener 60 por ciento en dihidrocapsaicina sobre el total de capsaicinoides.

#### **4.2.4 Capsaicinoides y Pungencia en *Capsicum chinense***

*Capsicum chinense* es la especie con mayor diversidad de moléculas pungentes tal como se muestra en el Cuadro 9 (números ordinales simbolizan diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ). El presente estudio abordó 61 accesiones nativas, de las cuales solamente nueve han sido descritas anteriormente por Meckelmann *et al.* (2013). Las diferencias de medias Duncan permitieron clasificar 32 y 31 categorías significativamente diferentes para capsaicina y dihidrocapsaicina entre sí respectivamente, y hasta 29 categorías de Scoville.

Respecto a la pungencia, en siete accesiones de *Capsicum chinense* no se detectó contenido de capsaicinoides, y la accesión 344 (Rocotito de Pucallpa) no llegó a 700 SHU, clasificándose estos se clasificarían como dulces; mientras que los demás ajíes se pueden clasificar en el resto de categorías. La accesión 192, o ají Leymer de Rioja también alcanza apenas 1020 SHU (medianamente pungente, única en esta categoría); doce accesiones están en la categoría de moderadamente pungentes; y 27 se podrían clasificar como altamente pungentes; además de 13 accesiones muy altamente pungentes.

En la especie *Capsicum chinense* se cuantificó los máximos contenidos de capsaicinoides de toda la colección estudiada; los tres ajíes más pungentes procedieron del Departamento de San Martín, y al igual que en trabajos anteriores, del mismo departamento, junto a Lambayeque, Ucayali y Loreto (van Zonneveld *et al.*, 2015; Meckelmann *et al.*, 2013, 2015). Estas tres accesiones superan las 200 mil unidades Scoville. La accesión 175 (Pucunucho) y 182 (Miskyucho) proceden de Moyobamba y la accesión 128 (Pucunucho) procede de Lamas; de las cuales el máximo nivel de pungencia fue alcanzado por el Pucunucho con más de 364 mil unidades Scoville. Ningún estudio anterior en ajíes peruanos obtuvo un cálculo de pungencia superior a este ají; apenas la más cercana sería una accesión de Ucayali reportada por Meckelmann *et al.* (2013) con más de 249 mil SHU de *Capsicum frutescens*.

Al igual que en trabajos anteriores con *Capsicum chinense*, en siete accesiones no se cuantificó capsaicinoides (Meckelmann *et al.*, 2013, 2015), también se reportó ajíes dulces en otros países (Koeda *et al.*, 2014; De Aguiar *et al.*, 2016)

El contenido de nordihidrocapsaicina no fue detectado en la mayoría de casos (solo se cuantificó en tres accesiones), este perfil también fue reportado anteriormente para ajíes peruanos (Meckelmann *et al.*, 2013, 2015) y también en colecciones de otros países como Brasil (De Aguiar *et al.*, 2016), y en el Caribe (Gibbs y Garro, 2004).

El contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina fue especialmente variable debido a la gran variabilidad de esta especie, pero los rangos de contenido se corresponden con estudios con ajíes peruanos (Meckelmann *et al.*, 2013, 2015; Morales-Soriano *et al.*, 2018) y con ajíes de otros países (Chinn *et al.*, 2011; de Aguiar *et al.*, 2016; Gibbs y Garro, 2004; Han *et al.*,

2012; Chanthai *et al.*, 2012; De Aguiar *et al.*, 2013; Juangsamoot *et al.*, 2012; Tanaka *et al.*, 2009; Giuffrida *et al.*, 2013; Tanaka *et al.*, 2010).

En otros trabajos el nivel de pungencia para *Capsicum chinense* presenta mucha variabilidad y es interesante encontrar ajíes de esta especie, que son extremadamente pungentes como el *Bhut Jolokia* de la India con 2,45 por ciento de capsainoides (Sarwa *et al.*, 2013), o incluso superar el millón de unidades Scoville (Bosland y Baral, 2007; Jeeatid *et al.*, 2018; Keyhaninejad *et al.*, 2014). Similares resultados obtuvo, Tanaka *et al.*, (2017) en accesiones de Habanero rojo con grandes concentraciones de capsaicina en la placenta y el caso de Trinidad Moruga Scorpion Yellow, que acumuló en toda la fruta hasta 2,39 gramos de capsainoides por cada 100 gramos de materia seca.

**Cuadro 9: Capsaicinoides y pungencia en *Capsicum chinense* (en mg/ 100 gramos de materia seca)**

Accesión	NDH	CPS	DHC	SHU
6	n.d.	311,72 ± 1,79 <sup>21</sup>	104,00 ± 0,93 <sup>20</sup>	66 930 ± 438 <sup>19</sup>
7	n.d.	114,21 ± 10,84 <sup>6,7,8</sup>	22,07 ± 2,84 <sup>3,4,5,6</sup>	21 941 ± 2202 <sup>5,6,7</sup>
9	n.d.	400,49 ± 18,77 <sup>23</sup>	157,97 ± 10,67 <sup>23</sup>	89 911 ± 4739 <sup>20</sup>
73	n.d.	284,49 ± 9,36 <sup>19,20</sup>	61,00 ± 1,73 <sup>14,15,16,17</sup>	55 736 ± 1229 <sup>14,15</sup>
77	n.d.	92,63 ± 2,40 <sup>4,5,6</sup>	19,94 ± 1,75 <sup>3,4,5</sup>	18 123 ± 104 <sup>5</sup>
81	n.d.	152,31 ± 6,48 <sup>11</sup>	35,46 ± 1,14 <sup>7,8,9</sup>	30 230 ± 858 <sup>9</sup>
86	n.d.	228,79 ± 4,09 <sup>15,16</sup>	69,13 ± 5,06 <sup>16,17,18</sup>	47 964 ± 1473 <sup>12,13</sup>
108	n.d.	213,79 ± 7,40 <sup>14,15</sup>	109,30 ± 3,20 <sup>20</sup>	52 017 ± 1706 <sup>13,14</sup>
113	n.d.	242,14 ± 5,14 <sup>16,17</sup>	143,45 ± 4,16 <sup>22</sup>	62 079 ± 157 <sup>17,18</sup>
114	n.d.	506,76 ± 24,10 <sup>26</sup>	126,25 ± 7,41 <sup>21</sup>	10 1915 ± 5072 <sup>22</sup>
116	n.d.	187,43 ± 16,45 <sup>12,13</sup>	100,51 ± 13,26 <sup>20</sup>	46 357 ± 4782 <sup>12</sup>
123	n.d.	515,31 ± 3,85 <sup>26</sup>	400,29 ± 9,81 <sup>29</sup>	147 411 ± 959 <sup>24</sup>
128	11,24 ± 1,73 <sup>2</sup>	1740,52 ± 33,08 <sup>32</sup>	525,84 ± 20,37 <sup>31</sup>	365 929 ± 8765 <sup>29</sup>
132	n.d.	78,63 ± 5,73 <sup>4</sup>	49,15 ± 0,23 <sup>10,11,12,13,14</sup>	20 571 ± 885 <sup>5,6</sup>
136	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
140	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
153	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
155	n.d.	756,82 ± 8,87 <sup>29</sup>	330,93 ± 6,12 <sup>28</sup>	175 128 ± 2415 <sup>25</sup>
163	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
164	n.d.	883,92 ± 19,84 <sup>30</sup>	255,52 ± 6,08 <sup>27</sup>	183 450 ± 4174 <sup>26</sup>
167	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
168	n.d.	649,41 ± 11,86 <sup>28</sup>	129,10 ± 9,53 <sup>21</sup>	125 338 ± 3443 <sup>23</sup>
171	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
175	n.d.	747,10 ± 16,31 <sup>29</sup>	530,36 ± 9,64 <sup>31</sup>	205 670 ± 4179 <sup>27</sup>
182	20,11 ± 0,01 <sup>3</sup>	1010,13 ± 22,44 <sup>31</sup>	506,55 ± 1,39 <sup>30</sup>	246 055 ± 3391 <sup>28</sup>

Continuación

185	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
187	n.d.	87,21 ± 0,38 <sup>4,5</sup>	36,43 ± 0,28 <sup>7,8,9</sup>	19 904 ± 105 <sup>5,6</sup>
192	n.d.	5,10 ± 0,04 <sup>1</sup>	1,24 ± 0,007 <sup>1</sup>	1020 ± 7 <sup>1,2</sup>
194	n.d.	456,93 ± 4,01 <sup>25</sup>	199,68 ± 5,85 <sup>25</sup>	10 5713 ± 1587 <sup>22</sup>
195	n.d.	129,35 ± 3,73 <sup>8,9,10</sup>	31,65 ± 0,91 <sup>5,6,7,8</sup>	25 920 ± 748 <sup>7,8,9</sup>
203	n.d.	116,41 ± 1,91 <sup>7,8,9</sup>	35,85 ± 1,76 <sup>7,8,9</sup>	24 513 ± 590 <sup>6,7</sup>
213	n.d.	236,42 ± 5,70 <sup>16,17</sup>	71,32 ± 2,69 <sup>17,18</sup>	49 546 ± 1352 <sup>12,13</sup>
215	n.d.	204,56 ± 2,61 <sup>12,13,14</sup>	55,07 ± 2,18 <sup>12,13,14,15</sup>	41 799 ± 70 <sup>11</sup>
216	n.d.	272,53 ± 5,98 <sup>18,19</sup>	86,11 ± 2,35 <sup>19</sup>	57 741 ± 1341 <sup>15,16,17</sup>
217	n.d.	98,06 ± 5,08 <sup>4,5,6,7</sup>	49,19 ± 3,36 <sup>10,11,12,13,14</sup>	23 706 ± 276 <sup>6,7</sup>
222	n.d.	147,33 ± 3,18 <sup>10,11</sup>	37,34 ± 1,05 <sup>7,8,9,10</sup>	29 730 ± 680 <sup>8,9</sup>
226	n.d.	32,96 ± 4,17 <sup>2</sup>	6,94 ± 0,03 <sup>1,2</sup>	6423 ± 667 <sup>3</sup>
230	n.d.	252,28 ± 15,24 <sup>17,18</sup>	85,79 ± 9,02 <sup>19</sup>	54 429 ± 1001 <sup>14,15</sup>
237	n.d.	138,08 ± 3,50 <sup>9,10,11</sup>	84,17 ± 2,48 <sup>19</sup>	35 782 ± 165 <sup>10</sup>
241	n.d.	271,49 ± 14,87 <sup>18,19</sup>	129,52 ± 5,46 <sup>21</sup>	64 562 ± 1516 <sup>18,19</sup>
246	n.d.	207,72 ± 2,29 <sup>13,14</sup>	145,95 ± 8,56 <sup>22</sup>	56 941 ± 1747 <sup>15,16</sup>
248	n.d.	20,23 ± 2,26 <sup>1,2</sup>	10,45 ± 1,11 <sup>1,2,3</sup>	4939 ± 186 <sup>2,3</sup>
252	n.d.	82,33 ± 7,26 <sup>4,5</sup>	43,87 ± 3,44 <sup>8,9,10,11,12</sup>	20 316 ± 1724 <sup>5,6</sup>
315	n.d.	244,71 ± 5,87 <sup>16,17</sup>	57,85 ± 4,12 <sup>13,14,15,16</sup>	48 711 ± 1608 <sup>12,13</sup>
316	n.d.	102,51 ± 0,09 <sup>5,6,7</sup>	33,29 ± 1,45 <sup>6,7,8</sup>	21 864 ± 247 <sup>5,6,7</sup>
317	n.d.	296,54 ± 21,83 <sup>20,21</sup>	86,18 ± 7,30 <sup>19</sup>	61 616 ± 4691 <sup>16,17,18</sup>
322	n.d.	128,23 ± 5,18 <sup>8,9,10</sup>	27,56 ± 0,52 <sup>4,5,6,7</sup>	25 083 ± 917 <sup>6,7,8</sup>
325	n.d.	56,49 ± 1,29 <sup>3</sup>	17,90 ± 0,47 <sup>2,3,4</sup>	11 976 ± 284 <sup>4</sup>
339	6,33 ± 0,45 <sup>1</sup>	349,02 ± 10,39 <sup>22</sup>	198,42 ± 6,75 <sup>25</sup>	88 725 ± 2716 <sup>20</sup>
340	n.d.	102,27 ± 2,94 <sup>5,6,7</sup>	62,54 ± 4,29 <sup>15,16,17</sup>	26 535 ± 1162 <sup>7,8,9</sup>
344	n.d.	2,94 ± 0,08 <sup>1</sup>	0,15 ± 0,00 <sup>1</sup>	497 ± 14 <sup>1,2</sup>
345	n.d.	578,23 ± 11,10 <sup>27</sup>	226,56 ± 0,97 <sup>26</sup>	12 9570 ± 1632 <sup>23</sup>
351	n.d.	142,66 ± 6,08 <sup>10,11</sup>	48,04 ± 2,67 <sup>9,10,11,12,13</sup>	30 702 ± 1409 <sup>9</sup>
352	n.d.	185,49 ± 1,25 <sup>12</sup>	50,15 ± 3,95 <sup>11,12,13,14,15</sup>	37 938 ± 434 <sup>10,11</sup>
353	n.d.	103,86 ± 1,74 <sup>5,6,7</sup>	56,53 ± 1,80 <sup>12,13,14,15</sup>	25 822 ± 569 <sup>7,8,9</sup>
354	n.d.	268,94 ± 2,40 <sup>18,19</sup>	111,65 ± 7,52 <sup>20</sup>	61 274 ± 1596 <sup>16,17,18</sup>
358	n.d.	87,86 ± 5,00 <sup>4,5</sup>	38,67 ± 0,11 <sup>7,8,9,10,11</sup>	20 370 ± 822 <sup>5,6</sup>
365	n.d.	289,00 ± 3,24 <sup>19,20</sup>	77,28 ± 2,35 <sup>18,19</sup>	58 971 ± 144 <sup>15,16,17</sup>
367	n.d.	190,94 ± 15,34 <sup>12,13</sup>	62,67 ± 5,35 <sup>15,16,17</sup>	40 831 ± 3329 <sup>11</sup>
368	n.d.	430,00 ± 11,65 <sup>24</sup>	171,60 ± 1,40 <sup>24</sup>	96 857 ± 1650 <sup>21</sup>
370	n.d.	113,29 ± 9,02 <sup>6,7,8</sup>	128,90 ± 12,40 <sup>21</sup>	38 993 ± 3449 <sup>10,11</sup>

#### 4.2.5 Otras comparaciones en capsaicinoides con ajíes caracterizados

Meckelmann *et al.* (2013), también estudiaron accesiones de la UNALM sembradas en Lima y Casma. De estas accesiones, 15 también se exploraron en el presente trabajo con la diferencia de la temporada de cosecha (2011 y 2012 para Meckelmann *et al.* (2013) y el presente estudio solamente con cosecha del 2013). Así también Morales-Soriano *et al.* (2018) reportan a nueve accesiones en común y del mismo colector (Programa de Hortalizas, UNALM), con la diferencia que los ajíes fueron sembrados en Cañete y cosechados el 2015.

En 10 accesiones del presente trabajo no se logró cuantificar nordihidrocapsaicina (NDH) a diferencia de Meckelmann *et al.* (2013), posiblemente por ser el compuesto minoritario de los capsaicinoides, o por diferencias en el lugar y/o temporada de cosecha.

Además en nueve accesiones se obtuvieron valores significativamente menores para capsaicina (CPS), especialmente en las accesiones de Lambayeque y San Martín, pero también se cuantificó contenidos superiores en cuatro accesiones, y especialmente en 123 (Pucunucho curvado de Tarapoto, perteneciente a *Capsicum chinense*) que duplicó lo reportado por Meckelmann *et al.* (2013).

Para dihidrocapsaicina (DHC) el presente trabajo cuantificó en seis accesiones valores menores y en la accesión 113 (Pucunucho alargado de Tarapoto perteneciente a *Capsicum chinense*) se obtuvo valores cercanos a la mitad de lo reportado por Meckelmann *et al.* (2013), pero también se cuantificó valores superiores en cinco accesiones.

Respecto al contenido total de capsaicinoides al menos en seis accesiones se encontró valores similares a los de Meckelmann *et al.* (2013). Además en las proporciones de capsaicinoides, se encontró ligeras diferencias con excepción de la accesión 153 (ají dulce de Yurimaguas), donde al igual que para Meckelmann *et al.* (2013) no se identificó capsaicinoides.

En la mayoría de accesiones encontró valores superiores para ambos capsaicinoides reportados en comparación de los de Morales-Soriano *et al.* (2018), pero también concentraciones menores, especialmente en la accesión 318 (Amarillo de Chachapoyas perteneciente a *Capsicum baccatum*) donde el presente estudio no logró cuantificar capsaicinoides.

En el cuadro 10 se comparan las accesiones: 3 (Cerezo redondo de Chiclayo), 4 (Cerezo triangular de Chiclayo), 5 (Cacho de cabra rojo de Chiclayo), 42 (Chico de Huanuco) y 132 (Picante de Lamas) que fueron estudiadas en este trabajo y también por Meckelmann *et al.* (2013) y Morales-Soriano *et al.* (2018).

**Cuadro 10. Contraste del contenido cuantificado con respecto a estudios anteriores**

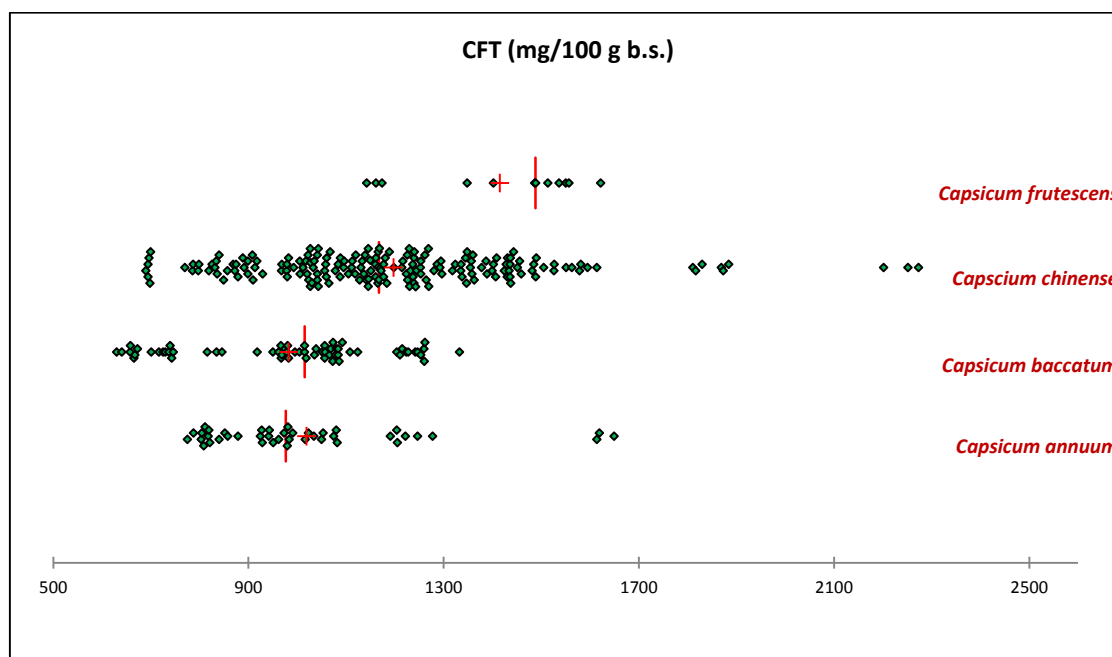
Accesión	Meckelmann <i>et al.</i> (2013)	Morales-Soriano <i>et al.</i> (2018)
3	Contenidos inferiores en los tres capsaicinoides.	Contenidos superiores en los tres capsaicinoides.
4	Contenidos inferiores en capsaicina; no se identificó nordihidrocapsaicina.	Contenidos superiores en capsaicina, pero valores similares en dihidrocapsaicina.
5	No se identificó nordihidrocapsaicina, se cuantifico la mitad de lo reportado en capsaicina.	Se cuantifico más del doble de lo reportado para capsaicina.
42	Se cuantifico contenidos menores de nordihidrocapsaicina y de capsaicina; se obtuvo valores inferiores de dihidrocapsaicina respecto a la cosecha del año 2011, pero superiores a la del 2012.	Se cuantifico contenidos superiores de capsaicina y dihidrocapsaicina.
132	Se cuantifico valores menores de capsaicina y dihidrocapsaicina (poco contenido) y no se detectó nordihidrocapsaicina.	Valores poco superiores para capsaicina y el doble en dihidrocapsaicina.

### 4.3 Cuantificación de compuestos fenólicos totales

En la Figura 18 se representa los contenidos de compuestos fenólicos para cada una de las cuatro especies abordadas en el presente estudio y de donde se deduce que este contenido fue menor (respecto a la mediana) en *Capsicum annuum* y *Capsicum baccatum*, pero mucho mayor en *Capsicum frutescens*. En *Capsicum chinense* se obtuvo una amplia variabilidad, destacando la accesión 128 con nombre común Pucunucho de Lamas que alcanzó los 2,242 gramos /100 g. m.s., esta concentración representa el máximo nivel alcanzado en toda la



colección estudiada, además que esta misma accesión fue la que obtuvo también el máximo nivel de pungencia en unidades Scoville.



**Figura 18. Compuestos fenólicos totales (CFT) según especie (cruz representa la media y línea central la mediana)**

En contraste con Meckelmann *et al.* (2013) para compuestos fenólicos totales, existen diferencias significativas en las accesiones analizadas en común, con contenidos significativamente menores en el presente trabajo. Por ejemplo, en el caso de *Capsicum annuum* se tienen en común las accesiones ají cerezo redondo (accesión 3) y ají cerezo triangular (accesión 4) donde se cuantificó la mitad de las concentraciones reportadas por Meckelmann *et al.* (2013). En *Capsicum baccatum* se obtuvo las mismas diferencias, en especial para las accesiones Cacho de cabra (5) y Challuaruro de Yurimaguas (157); sin embargo, se obtuvo concentraciones más cercanas en la accesión 42 (Chico de Huánuco). En *Capsicum chinense* también se manifiesta una gran diferencia, donde Meckelmann *et al.* (2013) prácticamente reportó el doble de contenido.

En otros trabajo también se abordó a *Capsicum* de origen peruano y boliviano con valores en concentraciones más cercanas (van Zonneveld *et al.*, 2015; Meckelmann *et al.*, 2015, 2015). Además los valores obtenidos en el presente estudio son semejantes a los contenidos en otras matrices, como granadilla, tumbo, maguey, mutuy, alcachofa, yacon, mashua y tarwi (Chirinos *et al.*, 2013).

El contenido de compuestos fenólicos parece estar condicionado por la especie (esta comparación solo es descriptiva en este trabajo). Así tenemos que describir a *Capsicum frutescens* como los ajíes con mayores contenidos que van desde 1,16 hasta 1,55 gramos de compuestos fenólicos totales /100 g. m.s. (Cuadro 11, letras simbolizan tres categorías en diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ).

**Cuadro 11: Compuestos fenólicos totales en *Capsicum frutescens* (en mg/ 100 gramos de materia seca)**

Accesión	CFT
<b>124</b>	1421,50 ± 84,42 <sup>b</sup>
<b>139</b>	1555,82 ± 66,67 <sup>c</sup>
<b>142</b>	1159,04 ± 15,83 <sup>a</sup>
<b>343</b>	1524,64 ± 33,34 <sup>bc</sup>

En *Capsicum annuum* los contenidos cuantificados van desde 0,79 hasta 1,6 gramos de compuestos fenólicos totales /100 g. m.s. (Cuadro 12, letras simbolizan siete categorías en diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ) y se corresponden con otros trabajos como los de Domínguez-Martínez *et al.* (2014), Alvarez-Parrilla *et al.* (2011) y Tundis *et al.* (2011, 2012), otros reportan valores superiores (Hervert-Hernández *et al.*, 2010; Meckelmann *et al.*, 2013, 2015; van Zonneveld *et al.*, 2015), también se reporta valores inferiores (Rodríguez-maturino *et al.*, 2012; Navarro *et al.*, 2006; Carvalho *et al.*, 2015, Park *et al.*, 2011).

**Cuadro 12: Compuestos fenólicos totales en *Capsicum annuum* (en mg/ 100 gramos de materia seca)**

Accesión	CFT	Accesión	CFT
<b>57</b>	816,62 ± 4,83 <sup>a,b</sup>	<b>3</b>	926,87 ± 2,00 <sup>c</sup>
<b>91</b>	849,73 ± 9,16 <sup>b</sup>	<b>4</b>	935,12 ± 52,95 <sup>c</sup>
<b>99</b>	1210,40 ± 9,74 <sup>f</sup>	<b>233</b>	985,95 ± 42,99 <sup>d</sup>
<b>101</b>	1627,68 ± 18,92 <sup>g</sup>	<b>234</b>	1069,35 ± 14,06 <sup>e</sup>
<b>102</b>	798,47 ± 9,49 <sup>a</sup>	<b>273</b>	995,66 ± 18,76 <sup>d</sup>
<b>107</b>	1051,42 ± 29,52 <sup>e</sup>	<b>330</b>	800,86 ± 22,73 <sup>a</sup>
<b>251</b>	1238,57 ± 43,87 <sup>f</sup>	<b>334</b>	961,71 ± 19,82 <sup>c,d</sup>

En *Capsicum baccatum* los contenidos cuantificados van desde 0,65 hasta 1,28 gramos de compuestos fenólicos totales /100 g. m.s. (Cuadro 13, letras simbolizan diez categorías en diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ), estos valores son menores que los reportados por Meckelmann *et al.*, (2013, 2015); en otros trabajos también se reporta mayores valores,

con acumulación especialmente en semillas y placenta (Kappel *et al.*, 2008), también hay valores inferiores (Carvalho *et al.*, 2015).

**Cuadro 13: Compuestos fenólicos totales en *Capsicum baccatum* (en mg/ 100 gramos de materia seca)**

<b>Accesión</b>	<b>CFT</b>	<b>Accesión</b>	<b>CFT</b>
<b>5</b>	742,26 ± 4,62 <sup>d</sup>	<b>165</b>	967,15 ± 16,10 <sup>f</sup>
<b>12</b>	647,92 ± 22,06 <sup>a</sup>	<b>286</b>	1280,44 ± 46,09 <sup>j</sup>
<b>33</b>	966,84 ± 44,37 <sup>f</sup>	<b>296</b>	1085,27 ± 43,05 <sup>h</sup>
<b>42</b>	1258,04 ± 3,90 <sup>i,j</sup>	<b>300</b>	1222,20 ± 6,50 <sup>i</sup>
<b>72</b>	697,36 ± 29,99 <sup>b,c</sup>	<b>301</b>	1059,11 ± 8,84 <sup>g,h</sup>
<b>118</b>	975,17 ± 18,05 <sup>f</sup>	<b>309</b>	1036,87 ± 19,13 <sup>g</sup>
<b>120</b>	1036,45 ± 36,64 <sup>g</sup>	<b>318</b>	661,02 ± 5,70 <sup>a,b</sup>
<b>126</b>	1087,33 ± 18,33 <sup>h</sup>	<b>323</b>	832,21 ± 15,24 <sup>e</sup>
<b>129</b>	1069,11 ± 13,79 <sup>g,h</sup>	<b>329</b>	728,78 ± 11,68 <sup>c,d</sup>
<b>134</b>	974,17 ± 6,80 <sup>f</sup>	<b>338</b>	1218,97 ± 20,37 <sup>i</sup>
<b>157</b>	1081,01 ± 6,92 <sup>h</sup>		

En caso de *Capsicum chinense* los contenidos cuantificados van desde 0,7 hasta 2,24 gramos de compuestos fenólicos totales por cada 100 gramos de materia seca (Cuadro 14, números ordinales simbolizan 28 categorías en diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ), estos valores son inferiores que lo reportado por Meckelmann *et al.* (2013, 2015), también existen trabajos que reportan valores inferiores (Rodríguez-maturino *et al.*, 2012; Carvalho *et al.*, 2015) y otros que se corresponden en contenidos (Carvalho *et al.*, 2015).

**Cuadro 14: Compuestos fenólicos totales en *Capsicum chinense* (en mg/ 100 gramos de materia seca)**

<b>Accesión</b>	<b>CFT</b>	<b>Accesión</b>	<b>CFT</b>
<b>6</b>	1164,10 ± 20,96 <sup>12,13,14,15</sup>	<b>213</b>	1087,20 ± 63,19 <sup>8,9,10</sup>
<b>7</b>	1120,39 ± 24,54 <sup>10,11,12</sup>	<b>215</b>	1237,41 ± 4,25 <sup>15,16</sup>
<b>9</b>	1507,39 ± 18,52 <sup>24,25</sup>	<b>216</b>	1106,53 ± 29,29 <sup>9,10,11,12</sup>
<b>73</b>	1265,54 ± 88,88 <sup>16,17,18</sup>	<b>217</b>	1017,97 ± 48,18 <sup>7,8</sup>
<b>77</b>	1043,26 ± 13,19 <sup>7,8,9</sup>	<b>222</b>	1213,75 ± 14,20 <sup>13,14,15,16</sup>
<b>81</b>	1402,51 ± 46,70 <sup>21,22,23</sup>	<b>226</b>	1151,11 ± 73,86 <sup>10,11,12,13</sup>
<b>86</b>	1308,62 ± 145,13 <sup>17,18,19</sup>	<b>230</b>	1360,41 ± 24,93 <sup>19,20,21,22</sup>
<b>108</b>	1417,61 ± 17,29 <sup>22,23</sup>	<b>237</b>	1030,77 ± 27,44 <sup>7,8</sup>
<b>113</b>	1232,77 ± 7,77 <sup>14,15,16</sup>	<b>241</b>	1461,58 ± 86,49 <sup>23,24</sup>
<b>114</b>	1248,48 ± 7,86 <sup>16,17</sup>	<b>246</b>	1451,72 ± 28,49 <sup>23,24</sup>
<b>116</b>	838,78 ± 18,92 <sup>2,3,4</sup>	<b>248</b>	1166,10 ± 9,62 <sup>12,13,14,15</sup>
<b>123</b>	1429,71 ± 67,14 <sup>22,23</sup>	<b>252</b>	1089,19 ± 26,18 <sup>8,9,10,11</sup>
<b>128</b>	2242,16 ± 36,85 <sup>28</sup>	<b>315</b>	1316,47 ± 22,69 <sup>17,18,19</sup>
<b>132</b>	695,83 ± 5,30 <sup>1</sup>	<b>316</b>	1335,11 ± 41,70 <sup>18,19,20,21</sup>
<b>136</b>	929,43 ± 38,20 <sup>5,6</sup>	<b>317</b>	1226,92 ± 52,52 <sup>14,15,16</sup>
<b>140</b>	1004,14 ± 23,81 <sup>7</sup>	<b>322</b>	1137,21 ± 15,08 <sup>10,11,12</sup>
<b>153</b>	898,56 ± 9,76 <sup>3,4,5</sup>	<b>325</b>	1088,73 ± 77,29 <sup>8,9,10,11</sup>
<b>155</b>	1857,48 ± 24,06 <sup>27</sup>	<b>339</b>	1309,46 ± 35,26 <sup>17,18,19</sup>
<b>163</b>	828,48 ± 44,78 <sup>2,3</sup>	<b>340</b>	821,80 ± 21,09 <sup>2</sup>
<b>164</b>	1253,06 ± 8,58 <sup>16,17</sup>	<b>344</b>	1396,11 ± 8,10 <sup>20,21,22,23</sup>
<b>167</b>	894,86 ± 20,85 <sup>3,4,5</sup>	<b>345</b>	1566,56 ± 35,70 <sup>25,26</sup>
<b>168</b>	1161,91 ± 25,17 <sup>11,12,13,14</sup>	<b>351</b>	1123,93 ± 9,62 <sup>10,11,12</sup>
<b>171</b>	1209,81 ± 18,88 <sup>13,14,15,16</sup>	<b>352</b>	1044,89 ± 11,93 <sup>7,8,9</sup>
<b>175</b>	1586,05 ± 25,89 <sup>26</sup>	<b>353</b>	1020,71 ± 25,09 <sup>7,8</sup>
<b>182</b>	1837,40 ± 40,73 <sup>27</sup>	<b>354</b>	1220,31 ± 65,01 <sup>13,14,15,16</sup>
<b>185</b>	785,23 ± 14,75 <sup>2</sup>	<b>358</b>	695,00 ± 1,30 <sup>1</sup>
<b>187</b>	1042,28 ± 25,06 <sup>7,8,9</sup>	<b>365</b>	1439,80 ± 10,57 <sup>23,24</sup>
<b>192</b>	850,84 ± 17,45 <sup>2,3,4</sup>	<b>367</b>	1164,44 ± 2,54 <sup>12,13,14,15</sup>
<b>194</b>	1331,19 ± 34,21 <sup>18,19,20</sup>	<b>368</b>	1447,84 ± 30,03 <sup>23,24</sup>
<b>195</b>	901,89 ± 20,58 <sup>4,5</sup>	<b>370</b>	1032,83 ± 10,74 <sup>7,8</sup>
<b>203</b>	979,90 ± 2,12 <sup>6,7</sup>		

Zhuang *et al.* (2012) se reportó mayores concentraciones de compuestos fenólicos en *C. frutesces* en comparación con *C. annuum*, Bogusz *et al.* (2018) también reportaron mayores concentraciones en *C. frutesces* seguido de *C. chinense* y finalmente *C. annuum*. En otro trabajo no se encontró diferencias entre *C. chinense* y *C. annuum* (Ornelas-Paz *et al.*, 2010); sin embargo en otro trabajo si se observa un mayor contenido para *C. annuum* con respecto a *C. chinense* (Oboh *et al.*, 2007). Existen también trabajos con contenidos similares entre *C. annuum*, y *C. baccatum*, con contenidos superiores a *C. pubescens* (Rodríguez-Burruezo *et al.*, 2009). Las comparaciones entre especie son divergentes y continúan siendo estudiadas.

Existen muchos trabajos donde se explora la identificación de los compuestos fenólicos; sin embargo, esto está ampliamente abordado para *Capsicum annuum*. Específicamente se ha identificado compuestos fenólicos de clase flavonoide, destacando flavonoles como derivados de quercetina glicosilada (Morales-Soto *et al.*, 2013). También se ha informado de cambios en el contenido de flavonoles (quercetina y catequina) durante la maduración de los *Capsicum*, como la reducción en el contenido de quercetina cuando la fruta maduraba (Ghasemnezhad *et al.*, 2011). En el Jalapeño se ha identificado ácido gálico, ácido cafeico, ácido ferulico, ácido 3,4-dihidroxibenzoico, ácido clorogénico, ácido o-cúmarico, catequina, epicatequina, rutina y kaempferol (Sandoval-Castro *et al.*, 2017). Otro trabajo identifico compuestos como ácidos fenólicos derivados, O-glucósidos flavonoides, C-glucósidos flavonoides tanto en la placenta como en el pericarpio de tres *Capsicum* dulces (Materska, 2014).

En el caso de *Capsicum annuum* también se identificó la ausencia de ácido salicílico (tres accesiones) y ácido gálico (una accesión). En otros trabajos se reportan diferencias entre el alto contenido de compuestos fenólicos totales en el pericarpio y las semillas, pero sin mayores diferencias en el contenido de catequinas (Sim y Sil, 2008).

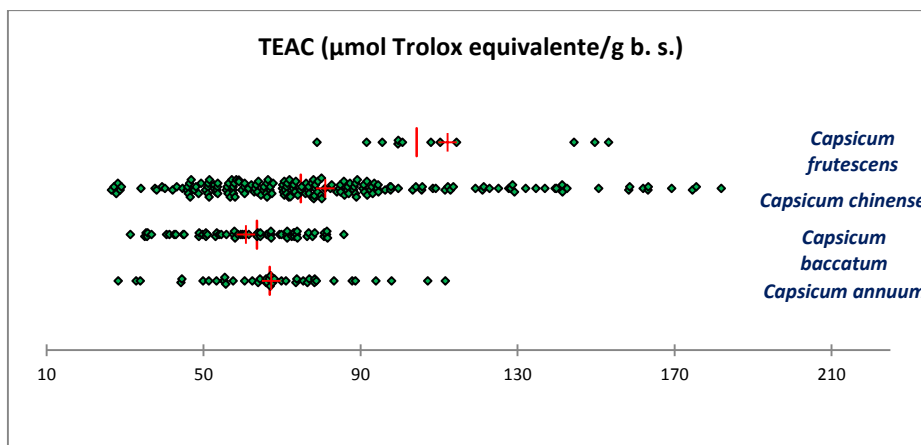
Otro trabajo identificó compuestos fenólicos con actividad antiradical como: naringenin-7-O-glucósido, dímero de procianidina tipo B, dímero de quercetina-3-O-rhamnoside, Kaempferol-3-O-glucósido, Kaempferol-3-O-rutinósido, Quercetina-3- rutinósido (rutina), dímero de glucósido de ácido cafeico y tres moléculas desconocidas más (Xin *et al.*, 2014). Para *Capsicum frutescens* se ha identificado la presencia de ácido gálico, ácido 3,4-dihidroxibenzoico, catequina, vainillina, ácido benzoico, ácido salicílico, luteolina (Zhuang *et al.*, 2012).

Las diferencias encontradas entre muestras respecto al contenido de compuestos fenólicos incluso con matrices similares, podrían tener origen en la misma metodología de análisis. Como se ha demostrado en varios estudios, el ensayo de Folin-Ciocalteu no es específico para compuestos fenólicos ya que puede reaccionar con algunos compuestos como bisulfito de sodio, azúcares reductores, ácido ascórbico, algunos metales de transición y aminoácidos reductores (triptófano y tirosina), desviando el valor real de compuestos fenólicos en la muestra (Chen *et al.*, 2015). En *Capsicum* está bien demostrada la presencia de algunos de estos componentes (ácido ascórbico y en menor proporción azúcares reductores), esto potencialmente puede originar la reducción de Folin-Ciocalteu en medio acuoso y también podría influenciar la cuantificación de compuestos fenólicos totales.

#### **4.4 Capacidad antioxidante hidrofílica en trolox equivalente**

Se cuantificó la actividad anti radical expresada como micro mol de Trolox equivalentes, en la Figura 19 se presenta los contenidos por especie, donde se deduce que la actividad fue menor (respecto a la mediana, Figura 19) en *Capsicum baccatum* y mayor para *Capsicum frutescens*; la accesión 123 con nombre común Pucunucho curvado de Tarapoto alcanzo los 173,15  $\mu\text{mol}$  de trolox equivalente /g. m.s. siendo el máximo nivel alcanzado; la accesión más pungente: Pucunucho de Lamas (128) alcanzó los 151,3  $\mu\text{mol}$  de trolox equivalente /g. m.s.

La actividad antioxidante cuantificada en este trabajo obtuvo valores significativamente superiores a dos trabajos anteriores presentados Meckelmann *et al.* (2013, 2015). Diversos factores pueden influir en estas diferencias, como el mismo método de ensayo, las condiciones de cultivo, entre otros. En otros trabajos se aborda valores para *Capsicum* peruanos y bolivianos con valores son más cercanos pero aun menores respecto a van Zonneveld *et al.* (2015) y Meckelmann *et al.* (2015). Los valores obtenidos son semejantes a los obtenidos para granadilla, maguey, mutuy, alcachofa, toronjil, yacon y habas (Chirinos *et al.*, 2013).



**Figura 19.** Capacidad antioxidante hidrofílica según especie de *Capsicum* (cruz representa la media y línea central la mediana)

Se cuantificó mayor contenido en las dos accesiones comunes de *Capsicum annuum*. En *Capsicum baccatum* se encontraron grandes diferencias (mayor actividad) para las accesiones 5 (Cacho de cabra de Chiclayo) y 157 (Challuaruro de Yurimaguas) y valores semejantes para la accesión 42 (Chico de Huanuco). En *Capsicum chinense* también se encontró mayor actividad, incluso en la accesión 153 (ají dulce de Yurimaguas) la actividad antioxidante fue cuatro veces más que lo reportado por Meckelmann *et al.* (2013).

La actividad antioxidante parece también estar condicionado por la especie (esta comparación solo es descriptiva en este trabajo). *Capsicum frutescens* obtuvo mayor actividad (Cuadro 15, letras simbolizan dos categorías en diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ) que fue desde 91,4 hasta 149,1  $\mu\text{mol}$  de Trolox equivalente /g. m.s.

**Cuadro 15: Capacidad antioxidante en *Capsicum frutescens* ( $\mu\text{mol}$  Trolox equivalente/ gramo de materia seca)**

Accesión	TEAC
124	99,693 $\pm$ 8,176 <sup>a,b</sup>
139	108,497 $\pm$ 7,087 <sup>b</sup>
142	149,110 $\pm$ 4,443 <sup>b</sup>
343	91,390 $\pm$ 10,991 <sup>a</sup>

En *Capsicum annuum* la actividad fue desde 31 hasta 99  $\mu\text{mol}$  de Trolox equivalente por gramo de materia seca (Cuadro 16, letras simbolizan siete categorías en diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ) y se corresponden con otros trabajos (Hervert-Hernández *et al.*, 2010; Alvarez-Parrilla *et al.*, 2011; Carvalho *et al.*, 2015; Meckelmann *et al.*, 2013, 2015).

**Cuadro 16: Capacidad antioxidante en *Capsicum annuum* (µmol Trolox equivalente/ gramo de materia seca)**

Accesión	TEAC	Accesión	TEAC
57	46,24 ± 3,16 <sup>b</sup>	3	59,15 ± 4,71 <sup>c,d</sup>
91	96,30 ± 9,84 <sup>f</sup>	4	75,45 ± 3,94 <sup>e,f</sup>
99	78,44 ± 4,72 <sup>f</sup>	233	59,83 ± 4,45 <sup>c,d</sup>
101	65,41 ± 9,04 <sup>d,e</sup>	234	67,04 ± 1,09 <sup>d,e</sup>
102	31,69 ± 2,97 <sup>a</sup>	273	73,74 ± 6,82 <sup>e,f</sup>
107	69,74 ± 4,94 <sup>d,e,f</sup>	330	53,31 ± 1,93 <sup>b,c</sup>
251	66,32 ± 3,73 <sup>d,e</sup>	334	99,43 ± 11,54 <sup>g</sup>

En *Capsicum baccatum* fue desde 34,6 hasta 81,9 µmol de Trolox equivalente por gramo de materia seca (Cuadro 17, letras simbolizan siete categorías en diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ) y se corresponden con otros trabajos (Carvalho *et al.*, 2015, Meckelmann *et al.*, 2013, 2015).

Finalmente en *Capsicum chinense* hubo la máxima dispersión en la actividad (Cuadro 18, números ordinales simbolizan 26 categorías en diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ), la actividad fue desde 27,7 hasta 173,2 µmol de Trolox equivalente por gramo de materia seca y se corresponden con Carvalho *et al.* (2015) y Meckelmann *et al.* (2013, 2015).

**Cuadro 17: Capacidad antioxidante en *Capsicum baccatum* (µmol Trolox equivalente/ gramo de materia seca)**

Accesión	TEAC	Accesión	TEAC
5	59,53 ± 1,34 <sup>d</sup>	165	57,510 ± 5,46 <sup>c,d</sup>
12	49,18 ± 5,92 <sup>b,c</sup>	286	73,920 ± 2,79 <sup>f,g</sup>
33	44,77 ± 4,12 <sup>b</sup>	296	62,010 ± 3,60 <sup>d,e</sup>
42	74,89 ± 6,10 <sup>f,g</sup>	300	81,930 ± 3,74 <sup>g</sup>
72	34,59 ± 2,84 <sup>a</sup>	301	69,230 ± 2,50 <sup>e,f</sup>
118	60,06 ± 6,96 <sup>d,e</sup>	309	72,470 ± 1,01 <sup>f,g</sup>
120	60,17 ± 6,44 <sup>d,e</sup>	318	43,110 ± 1,89 <sup>a,b</sup>
126	73,04 ± 8,17 <sup>f,g</sup>	323	49,810 ± 0,85 <sup>b,c</sup>
129	73,37 ± 7,31 <sup>f,g</sup>	329	35,390 ± 0,39 <sup>a</sup>
134	72,48 ± 5,27 <sup>f,g</sup>	338	73,100 ± 10,33 <sup>f,g</sup>
157	57,36 ± 6,61 <sup>c,d</sup>		

En algunas comparaciones, por ejemplo Sricharoen *et al.* (2017) no encontraron diferencias significativas en la actividad antioxidante de oleorresinas extraídas con ultrasonido asistido a partir de *C. frutescens* y *C. chinense*. En otro estudio con ajíes brasileños, Bogusz *et al.* (2018) reportaron mayor actividad antioxidante para *C. frutescens*, seguida por *C. chinense* y



con valores bastante cercanos para *C. baccatum*. En otro estudio con ajíes brasileros, se obtuvo la mayor actividad para *Capsicum baccatum* con el ají dedo de moça, seguido *C. chinense* (bode) y este mayor que *Capsicum frutesces* (malagueta) (Jorge et al., 2016).

En otro trabajo *C. baccatum* obtuvo menor contenido de compuestos fenólicos junto a una baja actividad antioxidante y un contenido muy bajo de capsaicina y dihidrocapsaicina, mientras que los cultivares de *Capsicum annuum* obtuvieron una mayor actividad que se relacionó con el mayor contenido de fenoles y capsaicinoides (Loizzo et al., 2015).

**Cuadro 18: Capacidad antioxidante en *Capsicum chinense* (µmol Trolox equivalente/ gramo de materia seca)**

Accesión	TEAC	Accesión	TEAC
6	62,08 ± 5,04 <sup>6,7,8,9,10</sup>	213	63,62 ± 4,93 <sup>6,7,8,9,10,11</sup>
7	64,18 ± 5,07 <sup>7,8,9,10,11,12</sup>	215	56,90 ± 3,84 <sup>4,5,6,7,8</sup>
9	169,01 ± 5,67 <sup>26</sup>	216	119,45 ± 9,45 <sup>22,23</sup>
73	131,51 ± 7,58 <sup>24</sup>	217	58,47 ± 7,10 <sup>4,5,6,7,8</sup>
77	76,13 ± 3,53 <sup>12,13,14,15,16,17</sup>	222	59,51 ± 7,03 <sup>4,5,6,7,8,9</sup>
81	88,12 ± 8,76 <sup>17,18,19</sup>	226	66,39 ± 6,97 <sup>8,9,10,11,12,13</sup>
86	122,07 ± 15,20 <sup>22,23,24</sup>	230	88,30 ± 1,32 <sup>17,18,19</sup>
108	84,04 ± 3,52 <sup>15,16,17,18,19</sup>	237	47,82 ± 3,20 <sup>2,3,4</sup>
113	87,13 ± 3,06 <sup>17,18,19</sup>	241	78,46 ± 2,07 <sup>13,14,15,16,17,18</sup>
114	67,90 ± 4,97 <sup>8,9,10,11,12,13,14</sup>	246	85,43 ± 9,28 <sup>16,17,18,19</sup>
116	43,18 ± 3,68 <sup>2,3</sup>	248	59,68 ± 1,79 <sup>4,5,6,7,8,9</sup>
123	173,15 ± 10,15 <sup>26</sup>	252	52,28 ± 5,98 <sup>3,4,5,6,7</sup>
128	151,32 ± 11,74 <sup>25</sup>	315	141,82 ± 0,69 <sup>25</sup>
132	27,71 ± 1,11 <sup>1</sup>	316	88,53 ± 2,74 <sup>18,19</sup>
136	48,74 ± 2,49 <sup>2,3,4,5</sup>	317	72,09 ± 0,90 <sup>10,11,12,13,14,15</sup>
140	74,82 ± 3,65 <sup>11,12,13,14,15,16</sup>	322	67,82 ± 2,21 <sup>8,9,10,11,12,13,14</sup>
153	95,76 ± 8,91 <sup>19,20</sup>	325	100,06 ± 10,47 <sup>20</sup>
155	101,69 ± 8,22 <sup>20,21</sup>	339	71,40 ± 0,73 <sup>9,10,11,12,13,14</sup>
163	42,08 ± 3,96 <sup>2,3</sup>	340	37,30 ± 3,10 <sup>1,2</sup>
164	79,91 ± 4,37 <sup>14,15,16,17,18</sup>	344	79,77 ± 5,23 <sup>14,15,16,17,18</sup>
167	48,71 ± 2,52 <sup>2,3,4,5</sup>	345	87,04 ± 9,09 <sup>17,18,19</sup>
168	96,16 ± 3,03 <sup>19,20</sup>	351	111,42 ± 11,93 <sup>21,22</sup>
171	60,51 ± 6,97 <sup>5,6,7,8,9,10</sup>	352	88,83 ± 8,88 <sup>18,19</sup>
175	117,55 ± 4,66 <sup>22</sup>	353	55,92 ± 1,97 <sup>4,5,6,7,8</sup>
182	128,75 ± 0,53 <sup>23,24</sup>	354	72,16 ± 1,80 <sup>10,11,12,13,14,15</sup>
185	28,18 ± 0,95 <sup>1</sup>	358	77,12 ± 6,01 <sup>13,14,15,16,17,18</sup>
187	57,70 ± 3,65 <sup>4,5,6,7,8</sup>	365	88,64 ± 4,55 <sup>18,19</sup>
192	86,79 ± 12,03 <sup>16,17,18,19</sup>	367	77,42 ± 0,47 <sup>13,14,15,16,17,18</sup>
194	67,07 ± 3,67 <sup>8,9,10,11,12,13</sup>	368	149,66 ± 15,23 <sup>25</sup>
195	56,03 ± 0,21 <sup>4,5,6,7,8</sup>	370	51,52 ± 5,60 <sup>3,4,5,6</sup>
203	52,09 ± 2,31 <sup>3,4,5,6,7</sup>		

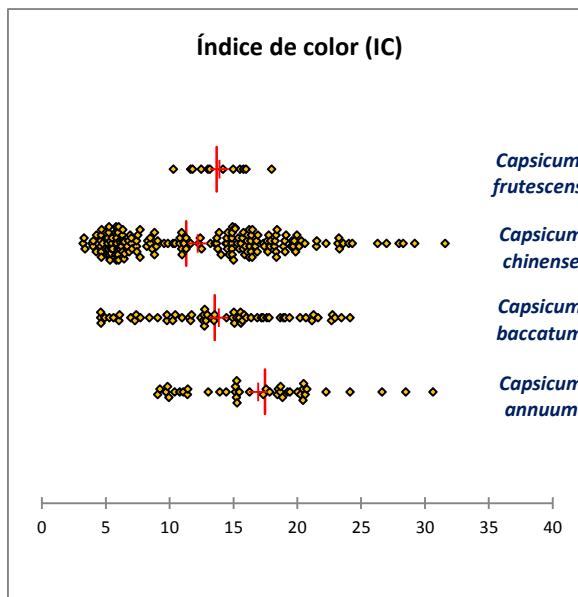
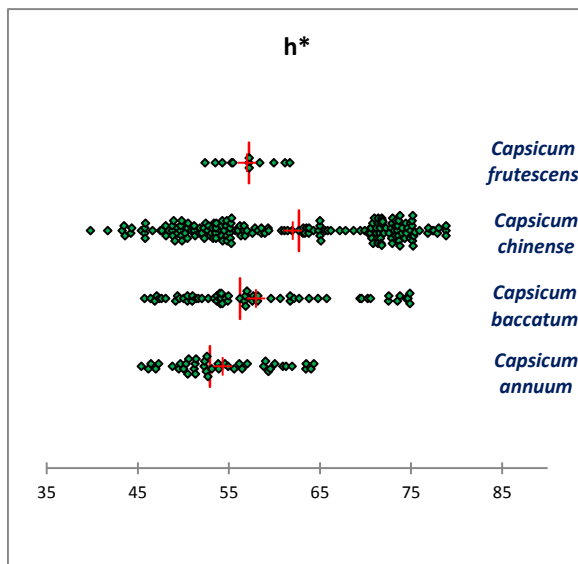
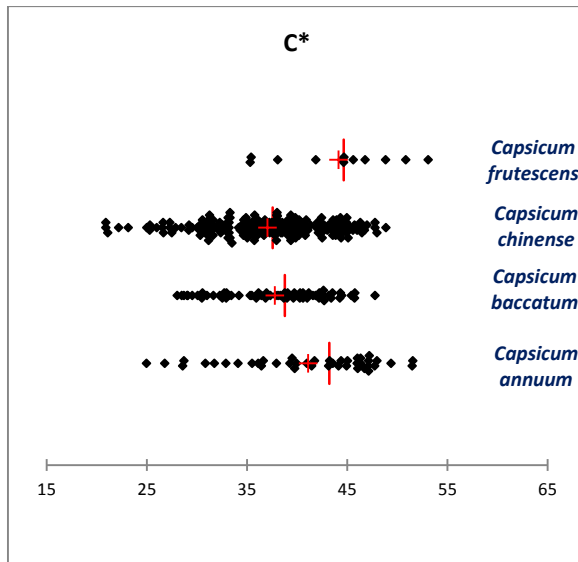
#### 4.5 Atributos de color

Los atributos de color para ají molido, se expresaron en tres indicadores de color basados en el sistema Cielab, calculados en base a la medición de las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . En la Figura 20 se grafica el valor croma ( $C^*$ ) que se usa para determinar el grado de diferencia de una matiz en comparación con un color gris con la misma luminosidad (intensidad del color percibido); el ángulo de matiz o tonalidad ( $h^*$ ) es el atributo que ha sido utilizado tradicionalmente para definir colores (Granato *et al.*, 2010); e índice de color ( $IC^*$ ) que se utiliza para categorizar colores según la matriz física (ají molido en este caso) en la que se realizó la medición (Vignoni *et al.*, 2006, García Taín *et al.*, 2011).

En la Figura 20 se observa que el índice de color ( $IC^*$ ) tiene la una tendencia contraria al ángulo de matiz ( $h^*$ ). Cuando realizamos comparaciones de las 15 accesiones en común con Meckelmann *et al.* (2013), nuestros resultados muestran semejanzas en los rangos, y especialmente para *Capsicum chinense*. Sin embargo, esta información solo es referencial, debido a que la medición de color en los trabajos de Meckelmann *et al.* (2013, 2015) fue hecho en la superficie de los ajíes.

En *Capsicum annum* el color fue bastante variable, así también los índices de color expresados (Cuadro 19, letras simbolizan siete categorías con diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ). En el caso de las accesiones 3 (ají cerezo redondo de Chiclayo) y 4 (ají cerezo triangular de Chiclayo), fueron antes exploradas por Meckelmann *et al.*, (2013), quienes reportan valores menores para la saturación y tonalidad, así como para el índice de color (calculado).

Las 14 accesiones de *Capsicum annum* se pueden categorizar gracias al índice de color, como 12 accesiones en colores desde amarillo pálido al naranja intenso, y dos accesiones desde naranja intenso al rojo profundo. Así también se debe resaltar que tres accesiones alcanzaron y/o superaron los una tonalidad de 60, lo que indica un menor carácter amarillo o más pálido (Pathare *et al.*, 2012). Las demás accesiones obtuvieron tonalidades con valores superiores a 45, estos valores superan lo reportado por Meckelmann *et al.* (2013, 2015).



**Figura 20. Valor croma, tonalidad e índices de color para *Capsicum* molido según especie (cruz representa la media y línea central la mediana)**

**Cuadro 19: Color instrumental en *Capsicum annum***

Accesión	C*	h*	IC*
57	42,45 ± 1,47 <sup>d,e</sup>	55,51 ± 1,32 <sup>d</sup>	14,52 ± 1,29 <sup>b,c</sup>
91	35,25 ± 1,03 <sup>b</sup>	50,39 ± 0,91 <sup>b</sup>	19,80 ± 1,17 <sup>e</sup>
99	34,19 ± 3,30 <sup>b</sup>	51,05 ± 0,38 <sup>b</sup>	19,84 ± 0,88 <sup>e</sup>
101	26,78 ± 1,81 <sup>a</sup>	46,19 ± 0,80 <sup>a</sup>	28,59 ± 2,00 <sup>g</sup>
102	31,99 ± 3,99 <sup>b</sup>	59,31 ± 0,67 <sup>e</sup>	13,26 ± 1,63 <sup>b</sup>
107	45,22 ± 1,02 <sup>e,f,g,h</sup>	62,26 ± 1,14 <sup>f</sup>	10,13 ± 0,60 <sup>a</sup>
251	43,32 ± 0,20 <sup>d,e,f</sup>	52,49 ± 0,11 <sup>c</sup>	17,59 ± 0,25 <sup>d,e</sup>
3	9,69 ± 3,18 <sup>h</sup>	53,02 ± 1,49 <sup>c</sup>	16,59 ± 2,46 <sup>c,d</sup>
4	40,15 ± 0,75 <sup>c,d</sup>	56,08 ± 0,43 <sup>d</sup>	15,66 ± 0,53 <sup>c,d</sup>
233	47,24 ± 1,08 <sup>g,h</sup>	50,12 ± 0,52 <sup>b</sup>	19,38 ± 1,20 <sup>e</sup>
234	47,21 ± 2,19 <sup>g,h</sup>	52,72 ± 0,43 <sup>c</sup>	19,26 ± 0,76 <sup>e</sup>
273	46,99 ± 0,24 <sup>g,h</sup>	63,94 ± 0,45 <sup>g</sup>	9,42 ± 0,47 <sup>a</sup>
330	38,55 ± 1,69 <sup>c</sup>	47,52 ± 1,19 <sup>a</sup>	22,34 ± 1,74 <sup>f</sup>
334	46,51 ± 0,56 <sup>f,g,h</sup>	59,96 ± 0,86 <sup>e</sup>	10,96 ± 0,53 <sup>a</sup>

En ajíes pertenecientes a *Capsicum frutescens* por el índice de color se los puede clasificar como desde amarillo pálido al naranja intenso (Cuadro 20, letras simbolizan tres categorías con diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ), en contraste Meckelmann *et al.* (2013) reporta una accesión con un significativo mayor índice de color; Meckelmann *et al.* (2013) reportaron valores similares tanto para índice de color como para tonalidad.

En *Capsicum baccatum* hubo divergencia, respecto a Meckelmann *et al.* (2013). Por ejemplo, en las accesiones 5 (cacho de cabra de Chiclayo), 42 (chico de Huanuco) y 157 (Challuaruro de Yurimaguas) se obtuvieron valores superiores para la saturación (similares) y se obtuvieron valores superiores para tonalidad a excepción de la 42 (menor); en consecuencia, valores inferiores en índice de color (excepción de la accesión 5). De 21 accesiones estudiadas, por el índice de color se puede clasificar en 18 accesiones en colores desde amarillo pálido al naranja intenso y tres accesiones desde naranja intenso al rojo profundo (Cuadro 21, letras simbolizan 13 categorías con diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ). Así también, siete accesiones superaron la tonalidad de 60.

**Cuadro 20: Color instrumental en *Capsicum frutescens***

Accesión	C*	h*	IC*
124	44,44 ± 2,47 <sup>b</sup>	53,40 ± 0,96 <sup>a</sup>	16,58 ± 1,22 <sup>c</sup>
139	36,27 ± 1,57 <sup>a</sup>	56,00 ± 1,07 <sup>b</sup>	14,50 ± 1,33 <sup>b,c</sup>
142	49,85 ± 3,84 <sup>c</sup>	57,63 ± 0,69 <sup>b</sup>	13,05 ± 1,19 <sup>a,b</sup>
343	46,00 ± 2,45 <sup>bc</sup>	60,95 ± 0,91 <sup>c</sup>	11,48 ± 1,11 <sup>a</sup>

**Cuadro 21: Color instrumental en *Capsicum baccatum***

Accesión	C*	h*	IC*
5	44,88 ± 1,48 <sup>h,i</sup>	55,96 ± 1,43 <sup>e,f</sup>	13,54 ± 1,76 <sup>g,h</sup>
12	43,09 ± 2,07 <sup>g,h,i</sup>	62,22 ± 0,49 <sup>i</sup>	10,16 ± 0,34 <sup>d,e</sup>
33	42,22 ± 1,20 <sup>f,g,h</sup>	53,40 ± 0,64 <sup>d</sup>	15,71 ± 0,13 <sup>i</sup>
42	32,54 ± 0,90 <sup>b,c</sup>	64,79 ± 0,98 <sup>j</sup>	9,10 ± 0,69 <sup>d</sup>
72	37,99 ± 0,74 <sup>d,e</sup>	74,83 ± 0,12 <sup>m</sup>	4,72 ± 0,18 <sup>a</sup>
118	45,28 ± 2,58 <sup>i</sup>	69,85 ± 0,64 <sup>k</sup>	7,47 ± 0,21 <sup>c</sup>
120	39,41 ± 1,03 <sup>d,e,f</sup>	60,68 ± 1,07 <sup>h</sup>	11,45 ± 0,41 <sup>e,f</sup>
126	33,28 ± 2,99 <sup>b,c</sup>	47,53 ± 0,60 <sup>a</sup>	21,95 ± 1,50 <sup>m</sup>
129	30,55 ± 0,47 <sup>a,b</sup>	57,60 ± 0,59 <sup>g</sup>	13,55 ± 0,90 <sup>g,h</sup>
134	41,67 ± 1,19 <sup>f,g</sup>	49,67 ± 0,70 <sup>b</sup>	21,15 ± 0,48 <sup>m</sup>
157	34,22 ± 1,26 <sup>c</sup>	46,43 ± 0,67 <sup>a</sup>	23,45 ± 0,70 <sup>n</sup>
165	28,53 ± 0,54 <sup>a</sup>	71,78 ± 1,33 <sup>l</sup>	6,36 ± 0,52 <sup>b,c</sup>
286	41,68 ± 1,70 <sup>f,g</sup>	54,67 ± 0,44 <sup>d,e</sup>	15,77 ± 1,24 <sup>i</sup>
296	32,75 ± 0,45 <sup>b,c</sup>	54,10 ± 0,09 <sup>d</sup>	17,33 ± 0,46 <sup>j,k</sup>
300	37,23 ± 2,06 <sup>d</sup>	57,02 ± 0,91 <sup>f,g</sup>	12,99 ± 0,44 <sup>g</sup>
301	40,23 ± 2,91 <sup>d,e,f,g</sup>	50,50 ± 0,47 <sup>b,c</sup>	18,64 ± 0,93 <sup>k,l</sup>
309	38,48 ± 1,72 <sup>d,e</sup>	57,74 ± 0,41 <sup>g</sup>	12,45 ± 0,80 <sup>f,g</sup>
318	37,41 ± 2,37 <sup>d</sup>	73,93 ± 0,49 <sup>m</sup>	5,17 ± 0,51 <sup>a,b</sup>
323	40,60 ± 0,98 <sup>e,f,g</sup>	51,71 ± 0,32 <sup>c</sup>	15,96 ± 0,46 <sup>i,j</sup>
329	42,49 ± 1,75 <sup>f,g,h,i</sup>	54,02 ± 0,54 <sup>d</sup>	14,50 ± 1,06 <sup>h,i</sup>
338	29,09 ± 0,41 <sup>a</sup>	49,32 ± 1,84 <sup>b</sup>	19,68 ± 1,41 <sup>l</sup>

*Capsicum chinense* presentó valores semejantes a los encontrados por Meckelmann *et al.* (2013) en los índices de color, la saturación, y tonalidad (la accesión 175 alcanzó los mismos valores reportados en saturación, tonalidad e índice de color).

De 61 accesiones estudiadas en *Capsicum chinense*, se pueden categorizar mediante su índice de color en 56 accesiones en colores desde amarillo pálido al naranja intenso y cinco

accesiones desde naranja intenso al rojo profundo (Cuadro 22, números ordinales simbolizan 25 categorías con diferencias significativas Duncan,  $p < 0.05$ ). Los valores de tonalidad de 32 accesiones superaron los 60.

Según algunos trabajos desarrollados en *Capsicum* de origen peruano, los pigmentos responsables del color pueden ser carotenoides y los colores amarillentos de los carotenoides se corresponde con el bajo índice de color, que fue inversamente proporcional a la tonalidad, la tonalidad es un indicador de amarillo. En ese sentido Morales-Soriano *et al.* (2018) analizaron el color (medido en la superficie) y el contenido de carotenoides de ajíes peruanos, dentro de los cuales había nueve accesiones en común con el presente estudio. El contraste de estos datos permitió confirmar que las accesiones: 3 (cerezo redondo), 323 (cacho cabra rojo), 132 (Ají picante de Lamas) y 358 (Panca); obtuvieron altos valores para índice de color (con divergencia en los valores  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), y Morales-Soriano *et al.* (2018) confirmaron que estos también son ricos en capsantina, criptoxantina, retinol  $\beta$ -caroteno y todas superaban los 20 mil  $\mu\text{g}$   $\beta$ -caroteno equivalente/ 100 g de material vegetal (carotenoides totales).

**Cuadro 22: Color instrumental en *Capsicum chinense***

Accesión	C*	h*	IC*
6	46,13 $\pm$ 1,07 <sup>26,27,28</sup>	54,02 $\pm$ 0,35 <sup>10,11,12</sup>	14,39 $\pm$ 0,50 <sup>14,15</sup>
7	36,50 $\pm$ 2,40 <sup>9,10,11,12,13,14</sup>	62,81 $\pm$ 0,94 <sup>18</sup>	10,67 $\pm$ 1,41 <sup>12</sup>
9	41,17 $\pm$ 0,90 <sup>16,17,18,19,20,21,22</sup>	53,28 $\pm$ 0,97 <sup>10,11</sup>	15,93 $\pm$ 1,23 <sup>15,16,17,18</sup>
73	36,60 $\pm$ 2,47 <sup>9,10,11,12,13,14</sup>	72,44 $\pm$ 0,65 <sup>24,25,26</sup>	5,95 $\pm$ 0,52 <sup>3,4,5,6,7,8</sup>
77	33,20 $\pm$ 2,50 <sup>5,6,7,8</sup>	72,82 $\pm$ 1,03 <sup>25,26,27,28</sup>	6,10 $\pm$ 0,83 <sup>3,4,5,6,7,8</sup>
81	27,49 $\pm$ 1,48 <sup>2,3</sup>	71,32 $\pm$ 0,11 <sup>23,24,25</sup>	7,22 $\pm$ 0,38 <sup>8,9,10</sup>
86	25,53 $\pm$ 0,40 <sup>2</sup>	64,96 $\pm$ 0,63 <sup>20</sup>	10,68 $\pm$ 0,36 <sup>12</sup>
108	39,57 $\pm$ 0,63 <sup>14,15,16,17,18,19</sup>	74,63 $\pm$ 0,29 <sup>29,30</sup>	5,01 $\pm$ 0,22 <sup>2,3,4,5,6</sup>
113	33,23 $\pm$ 2,03 <sup>5,6,7,8</sup>	72,86 $\pm$ 0,83 <sup>25,26,27,28</sup>	6,48 $\pm$ 0,83 <sup>5,6,7,8,9</sup>
114	36,72 $\pm$ 1,56 <sup>9,10,11,12,13,14</sup>	72,41 $\pm$ 0,46 <sup>24,25,26</sup>	5,68 $\pm$ 0,41 <sup>3,4,5,6,7,8</sup>
116	31,18 $\pm$ 0,09 <sup>4,5,6</sup>	41,72 $\pm$ 1,89 <sup>1</sup>	29,25 $\pm$ 2,29 <sup>26</sup>
123	33,67 $\pm$ 0,95 <sup>6,7,8,9</sup>	70,90 $\pm$ 1,29 <sup>23,24</sup>	6,74 $\pm$ 0,68 <sup>6,7,8,9,10</sup>
128	42,36 $\pm$ 0,35 <sup>18,19,20,21,22,23,24</sup>	73,62 $\pm$ 1,33 <sup>26,27,28,29</sup>	6,10 $\pm$ 0,60 <sup>3,4,5,6,7,8</sup>
132	22,76 $\pm$ 2,01 <sup>1</sup>	58,98 $\pm$ 0,40 <sup>16</sup>	15,77 $\pm$ 1,13 <sup>15,16,17,18</sup>
136	32,01 $\pm$ 1,31 <sup>4,5,6</sup>	57,60 $\pm$ 0,59 <sup>15,16</sup>	14,90 $\pm$ 0,02 <sup>14,15,16</sup>
140	32,35 $\pm$ 0,75 <sup>5,6,7</sup>	64,39 $\pm$ 1,07 <sup>19,20</sup>	9,05 $\pm$ 0,73 <sup>11</sup>
153	35,28 $\pm$ 1,20 <sup>7,8,9,10,11</sup>	48,61 $\pm$ 0,87 <sup>4,5,6</sup>	19,87 $\pm$ 0,41 <sup>21,22</sup>
155	38,15 $\pm$ 1,80 <sup>11,12,13,14,15,16</sup>	73,60 $\pm$ 0,06 <sup>26,27,28,29</sup>	5,99 $\pm$ 0,21 <sup>3,4,5,6,7,8</sup>
163	32,19 $\pm$ 2,59 <sup>4,5,6</sup>	71,82 $\pm$ 0,06 <sup>23,24,25</sup>	6,76 $\pm$ 0,41 <sup>7,8,9,10</sup>

Continuación

164	$45,26 \pm 0,93^{24,25,26,27,28}$	$74,61 \pm 0,54^{29,30}$	$5,27 \pm 0,25^{2,3,4,5,6,7}$
167	$36,29 \pm 0,86^{9,10,11,12,13}$	$47,52 \pm 0,89^4$	$21,24 \pm 1,16^{22}$
168	$36,79 \pm 0,87^{10,11,12,13,14}$	$77,05 \pm 0,31^{31}$	$3,99 \pm 0,05^{1,2}$
171	$38,30 \pm 1,93^{11,12,13,14,15,16}$	$56,60 \pm 0,23^{14,15}$	$14,08 \pm 0,80^{14}$
175	$45,73 \pm 2,36^{25,26,27,28}$	$73,48 \pm 0,33^{26,27,28,29}$	$5,59 \pm 0,35^{2,3,4,5,6,7,8}$
182	$32,85 \pm 0,29^{5,6,7,8}$	$61,13 \pm 0,35^{17}$	$12,39 \pm 0,11^{13}$
185	$32,16 \pm 1,00^{4,5,6}$	$50,02 \pm 0,38^{6,7,8}$	$19,21 \pm 0,34^{21}$
187	$33,74 \pm 0,67^{6,7,8,9,10}$	$51,33 \pm 1,70^{8,9}$	$19,68 \pm 1,94^{21}$
192	$33,93 \pm 2,64^{6,7,8,9,10}$	$44,08 \pm 1,16^2$	$26,76 \pm 2,36^{25}$
194	$38,31 \pm 2,37^{11,12,13,14,15,16}$	$70,72 \pm 0,11^{23}$	$6,60 \pm 0,36^{5,6,7,8,9}$
195	$41,91 \pm 3,85^{17,18,19,20,21,22,23}$	$49,42 \pm 0,89^{5,6,7}$	$18,55 \pm 0,41^{20,21}$
203	$27,80 \pm 1,55^{2,3}$	$68,81 \pm 1,06^{22}$	$8,06 \pm 0,33^{9,10,11}$
213	$44,84 \pm 0,89^{23,24,25,26,27,28}$	$78,87 \pm 0,01^{32}$	$3,30 \pm 0,07^1$
215	$43,89 \pm 2,76^{22,23,24,25,26,27}$	$55,04 \pm 0,45^{12,13}$	$15,24 \pm 0,89^{14,15,16,17}$
216	$46,78 \pm 1,86^{27,28}$	$50,88 \pm 0,33^8$	$19,26 \pm 1,18^{21}$
217	$44,12 \pm 0,86^{22,23,24,25,26,27}$	$55,07 \pm 0,26^{12,13}$	$14,50 \pm 0,45^{14,15,16}$
222	$39,33 \pm 0,07^{13,14,15,16,17,18,19}$	$75,32 \pm 0,12^{30}$	$4,62 \pm 0,03^{1,2,3,4}$
226	$39,10 \pm 1,47^{13,14,15,16,17}$	$56,00 \pm 0,77^{13,14}$	$15,58 \pm 0,18^{14,15,16,17,18}$
230	$43,57 \pm 1,76^{21,22,23,24,25,26}$	$75,46 \pm 0,44^{30}$	$4,40 \pm 0,23^{1,2,3}$
237	$38,07 \pm 0,40^{11,12,13,14,15,16}$	$74,25 \pm 0,61^{27,28,29,30}$	$5,73 \pm 0,28^{3,4,5,6,7,8}$
241	$31,78 \pm 1,25^{4,5,6}$	$64,61 \pm 0,69^{19,20}$	$10,74 \pm 0,28^{12}$
246	$40,62 \pm 0,19^{15,16,17,18,19,20,21}$	$63,37 \pm 0,19^{18,19}$	$11,12 \pm 0,17^{12,13}$
248	$21,65 \pm 1,30^1$	$77,81 \pm 0,29^{31,32}$	$5,13 \pm 0,10^{2,3,4,5,6,7}$
252	$27,55 \pm 0,29^{2,3}$	$70,78 \pm 0,44^{23}$	$9,11 \pm 0,40^{11}$
315	$43,82 \pm 0,71^{22,23,24,25,26,27}$	$50,44 \pm 0,77^{7,8}$	$17,22 \pm 0,76^{18,19,20}$
316	$42,36 \pm 1,30^{18,19,20,21,22,23,24}$	$72,74 \pm 2,07^{25,26,27}$	$5,50 \pm 0,73^{2,3,4,5,6,7,8}$
317	$42,67 \pm 2,18^{20,21,22,23,24,25}$	$48,43 \pm 0,58^{4,5}$	$19,11 \pm 1,46^{21}$
322	$37,97 \pm 0,43^{11,12,13,14,15}$	$74,32 \pm 0,64^{28,29,30}$	$5,01 \pm 0,32^{2,3,4,5,6}$
325	$38,77 \pm 4,98^{12,13,14,15,16}$	$54,61 \pm 0,26^{11,12,13}$	$15,46 \pm 1,53^{14,15,16,17}$
339	$37,99 \pm 0,04^{11,12,13,14,15}$	$45,81 \pm 0,05^3$	$23,25 \pm 0,06^{23}$
340	$35,65 \pm 1,38^{8,9,10,11,11}$	$52,99 \pm 1,02^{10}$	$16,10 \pm 0,14^{16,17,18}$
344	$35,64 \pm 1,27^{8,9,10,11,12}$	$54,78 \pm 1,43^{11,12,13}$	$15,00 \pm 1,52^{14,15,16}$
345	$42,75 \pm 0,66^{20,21,22,23,24,25}$	$53,83 \pm 1,69^{10,11,12}$	$15,04 \pm 1,58^{14,15,16}$
351	$30,23 \pm 0,17^{3,4,5}$	$71,71 \pm 1,18^{23,24,25}$	$6,22 \pm 0,69^{4,5,6,7,8}$
352	$32,92 \pm 1,72^{5,6,7,8}$	$71,04 \pm 0,51^{23,24}$	$6,32 \pm 0,37^{4,5,6,7,8}$
353	$40,58 \pm 1,68^{15,16,17,18,19,20,21}$	$66,41 \pm 0,70^{21}$	$8,27 \pm 0,52^{10,11}$
354	$43,97 \pm 0,32^{22,23,24,25,26,27}$	$52,49 \pm 0,41^{9,10}$	$15,69 \pm 0,50^{14,15,16,17,18}$
358	$29,32 \pm 0,91^{3,4}$	$58,59 \pm 0,72^{16}$	$16,90 \pm 0,74^{17,18,19}$
365	$47,49 \pm 0,66^{28}$	$49,33 \pm 0,52^{5,6,7}$	$18,33 \pm 0,04^{19,20,21}$
367	$39,21 \pm 0,80^{13,14,15,16,17}$	$53,02 \pm 1,27^{10}$	$15,92 \pm 1,27^{15,16,17,18}$
368	$39,96 \pm 0,92^{15,16,17,18,19,20}$	$44,80 \pm 0,88^{2,3}$	$24,73 \pm 1,39^{24}$
370	$37,76 \pm 1,06^{11,12,13,14,15}$	$53,55 \pm 1,23^{10,11,12}$	$16,87 \pm 1,44^{17,18,19}$

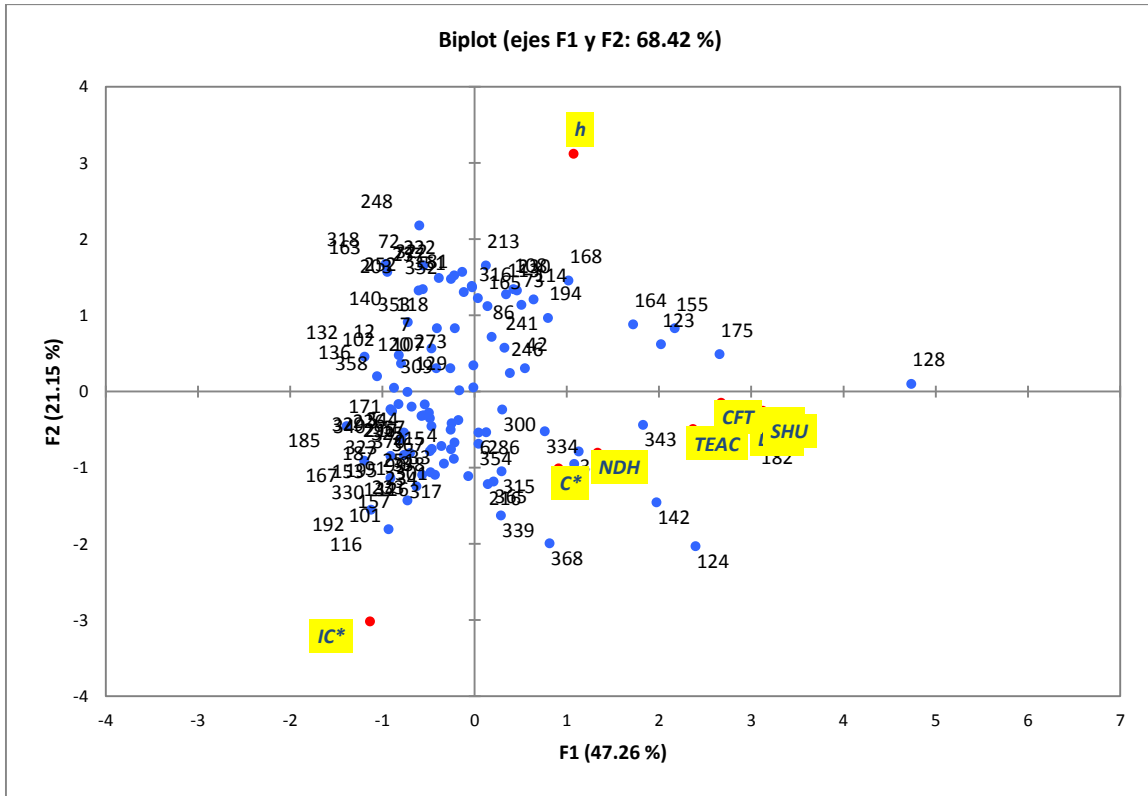
#### **4.6 Análisis multivariado: Análisis de componentes principales (PCA) y análisis discriminante (DA)**

La amplia cantidad de parámetros analizados en el presente experimento, y considerando que estudiamos 100 accesiones; crean la necesidad de relacionar y asociar las respuestas, con el fin de conocer mejor las características, mediante las similitudes y divergencias. Entonces los atributos que fueron relacionados mediante el Análisis de componentes principales (PCA) y análisis discriminante (DA). Se asoció: NDH (nordihidrocapsaicina), CPS (capsaicina), DHC (dihidrocapsaicina), SHU (unidades Scoville), CFT (compuestos fenólicos totales), TEAC (trolox equivalente), h\* (hue), C\* (saturación) y IC\* (índice de color).

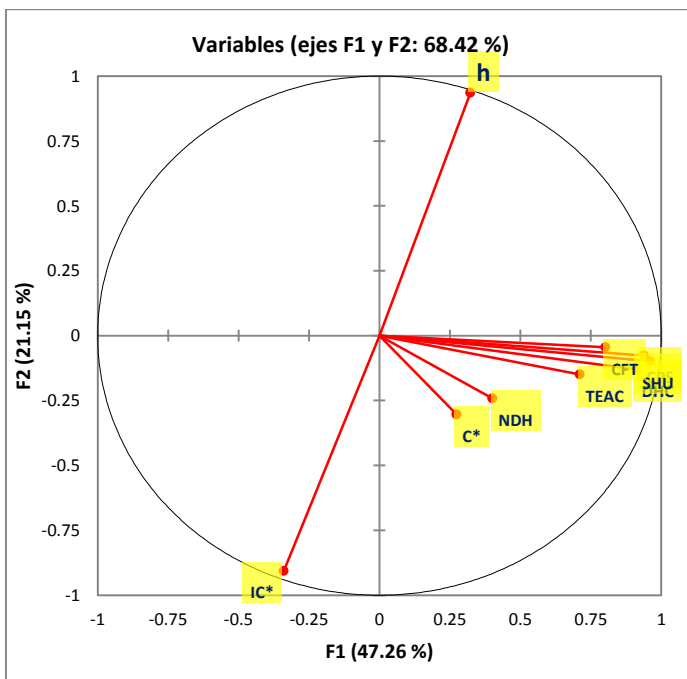
En la Figura 21 (grafico de dispersión) se representa cada accesión junto con las características y en la Figura 22 solamente atributos; por consiguiente, en ambos gráficos se puede encontrar semejanzas y asociaciones; en consecuencia, un alto contenido de compuestos fenólicos está asociado con el contenido de capsaicinoides (capsaicina y dihidrocapsaicina) y también con la capacidad anti radical radical ABTS<sup>+</sup>. En tanto en el color se obtuvo muy buena correlación inversa con el índice de color y la tonalidad (hue); sin embargo, no obtuvo buenas correlaciones con los atributos químicos.

En el gráfico de dispersión (Figura 21) se puede observar como las accesiones se sobreponen, lo que implica semejanzas entre sí, pero también observamos algunas particulares como: la accesión 128 con nombre Pucunucho de Lamas (altamente pungente y alto contenido de compuestos fenólicos), accesión 124 de nombre Malaguete de Tarapoto (alto contenido de dihidrocapsaicina) y la accesión 168 de nombre Ayuyo amarillo de Yurimaguas (pungente y de alto valor hue).





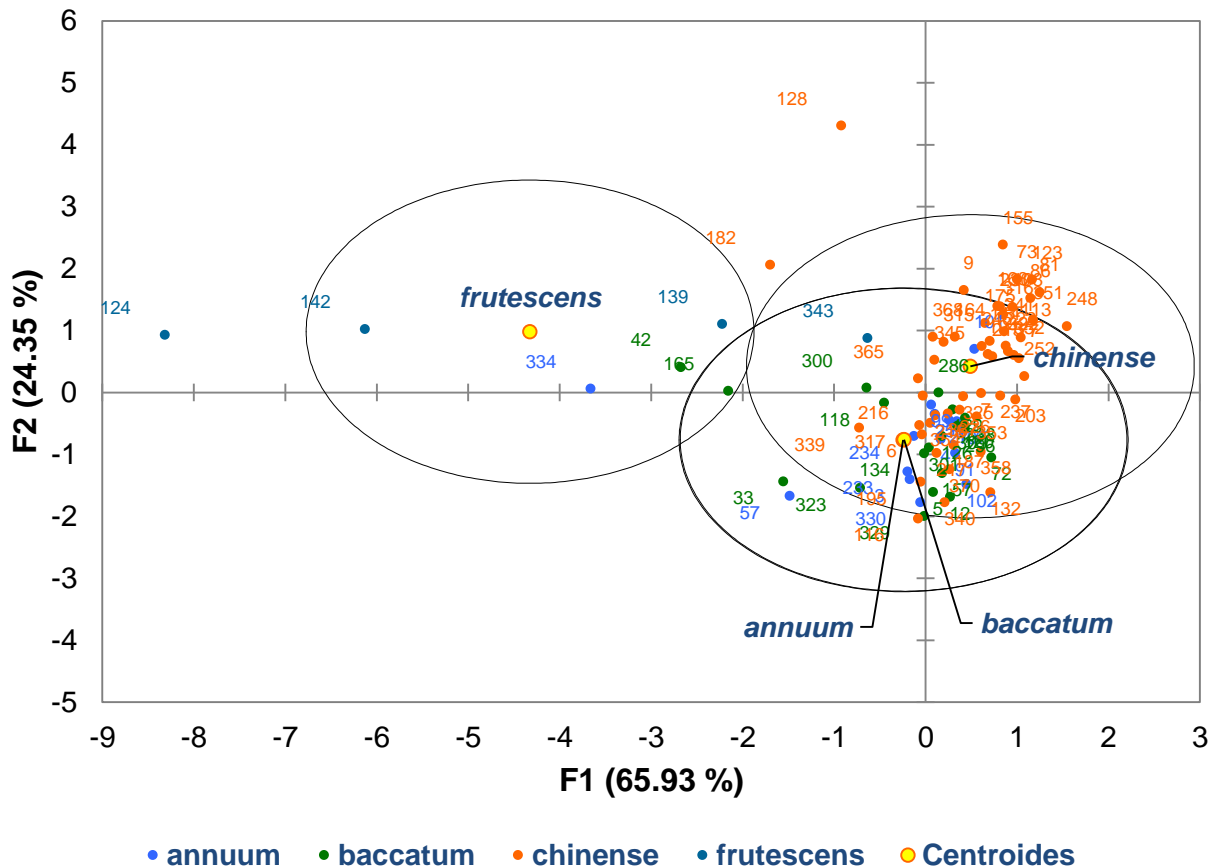
**Figura 21.** Gráfico de dispersión para factor 1 y factor 2 para análisis de componentes principales



**Figura 22.** Gráfico de atributos para para análisis de componentes principales

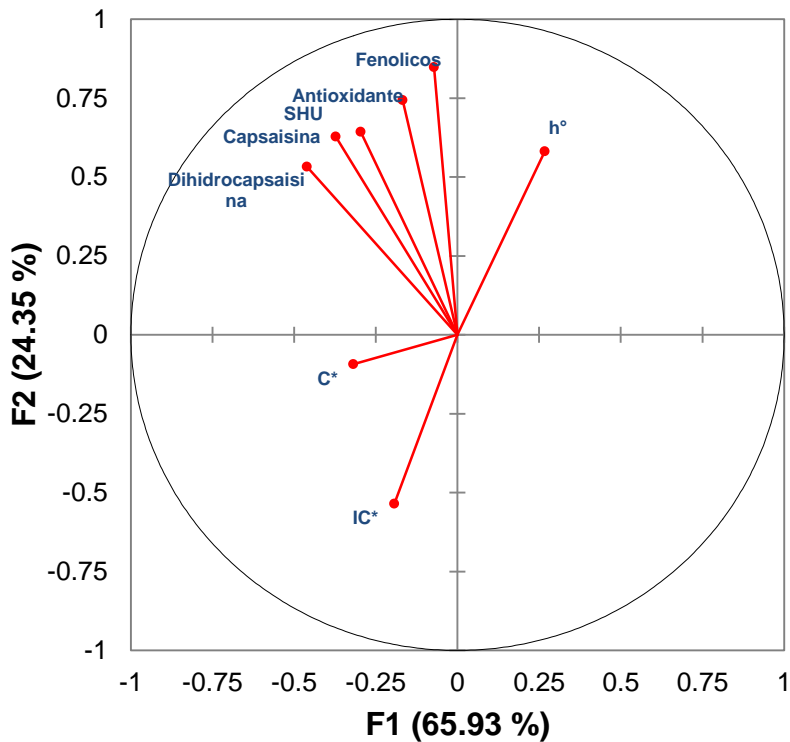
La Figura 23 es una gráfica de dispersión que utiliza centroides de acuerdo con sus agrupamientos y estos están condicionados por la distancia de Mahalanobis. Las elipses

presentadas en la figura 23 representan diferencias y semejanzas entre las especies de *Capsicum*, donde los centroides de *Capsicum baccatum* y *Capsicum annuum* se intersectaron, indicando similitudes entre los atributos medidos y las accesiones. En caso de *Capsicum frutescens*, fue la especie con mayor divergencia en los centroides, lo que se respaldó en cada respuesta medida, tanto para pungencia, actividad antioxidante, compuestos fenólicos y color.



**Figura 23. Gráfico de dispersión para factor 1 y factor 2 para análisis discriminante**

La especie *Capsicum chinense* fue muy dispersa, pero el análisis discriminante lineal permitió encontrar algunas semejanzas con *Capsicum baccatum* y *Capsicum annuum* que se vieron reflejadas mediante una intersección de sus elipses. En el gráfico de atributos (Figura 24) se observa una vez más las semejanzas entre los compuestos fenólicos con capsaicina, dihidrocapsaicina, pungencia en SHU y actividad antioxidante, así también entre el valor hue y el índice de color. Ambos análisis multivariados obtuvieron las mismas semejanzas entre atributos.



**Figura 24. Gráfico de atributos para para análisis discriminante**

Solo la nordihidrocapsaicina (NDH) no obtuvo clara relación con otras variables y estuvo ausente en muchas accesiones, por lo cual no fue considerada en el análisis discriminante. A pesar de la comprensión de la biosíntesis de capsaicinoides, aún se sabe muy poco sobre el comportamiento de acumulación de capsaicinoides bajo distintas condiciones, y sobre su verdadero rol en el metabolismo de las plantas.

En el presente trabajo los compuestos fenólicos totales obtuvieron una buena correlación con la actividad antioxidante, esto ha sido reportado ampliamente, pero también con el alto contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina. Los compuestos fenólicos son metabolitos intermedios y pueden influir en la biosíntesis de los capsaicinoides (Sudhakar Johnson *et al.*, 1996). De hecho esto se corresponde con lo anteriormente reportado por de Meckelmann *et al.* (2013, 2015) quienes reportan contenidos de flavonoides totales y quercetina en la mayoría de ajíes pungentes.

Así mismo van Zonneveld *et al.* (2015) realizó asociaciones mediante un PCA entre atributos de ajíes promisorios de Perú y Bolivia encontrando una buena correlación entre el contenido de capsaicinoides totales y compuestos fenólicos totales, pero sin similitudes

respecto al contenido de flavonoides totales y quercetina. En otros estudios como el de Díaz *et al.* (2001), se menciona que la síntesis de flavonoides puede converger con la vía de los capsaicinoides durante la maduración de los *Capsicum*. Por otra parte Sukrasno y Yeoman (1993) reportaron que la acumulación de capsaicinoides es paralela a la disminución de los flavonoides junto con una acumulación de sustancias parecidas a la lignina; sin embargo Lee *et al.* (1995) demostraron que no se puede asociar inversamente los flavonoides totales con el contenido de capsaicinoides.

Por otro lado también existe evidencia de que las isoenzimas de peroxidasa pueden estar directamente involucradas en el metabolismo de los capsaicinoides, mitigándose estos efectos mediante el secado.

## V. CONCLUSIONES

- 1 La contribución del presente trabajo está relacionada con la caracterización del contenido de metabolitos secundarios (especialmente capsaicinoides y compuestos fenólicos totales), actividad antioxidante y color en ajíes; características que deben ser estudiadas para su aplicación industrial.
- 2 El contenido de capsaicinoides en ajíes a niveles detectables en la mayoría de accesiones, determinándose también los contenidos de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante hidrofílica, así como el color con tres índices (índice de color, croma C\* y hue). Todos los atributos fueron divergentes de acuerdo a la especie; por tanto, el análisis de componentes principales (PCA) y el análisis discriminante (DA) permitieron relacionar todas las respuestas, mediante correlaciones en base a los atributos a los ajíes y especies de ajíes.
- 3 En el presente estudio se encontraron ajíes con características no descritas anteriormente para ajíes peruanos como el ají Pucunucho de Lamas (accesión 128) con más de 364 mil unidades Scoville y con más del 2,2 por ciento de compuestos fenólicos totales en base seca. También se encontró una alta variabilidad en el contenido de capsaicinoides y en el color instrumental.
- 4 La cuantificación y caracterización de los atributos medidos en el presente estudio ayudan a elucidar las características del gran potencial industrial de los ajíes peruanos, pudiendo ser usado como insumo en la industria de colorantes, gastronomía, farmacéutica y química en general.

## **VI. RECOMENDACIONES**

El presente trabajo permitió encontrar interesantes asociaciones entre variables y elucidar una gran variabilidad entre y por cada especie de *Capsicum*; sin embargo, esta valorización debe continuar para la identificación de los componentes más específicos y su actividad biológica. Asimismo se debe probar el poder antioxidante y/o funcional en sinergia con matrices alimentarias.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. De Aguiar, AC; Coutinho, JP; Barbero, GF; Godoy, HT; Martínez, J. 2016. Comparative Study of Capsaicinoid Composition in *Capsicum* Peppers Grown in Brazil. *International Journal of Food Properties* 19(6): 1292-1302.
2. De Aguiar, AC; Osorio-Tobón, JF; Silva, LPS; Barbero, GF; Martínez, J. 2018. Economic analysis of oleoresin production from malagueta peppers (*Capsicum frutescens*) by supercritical fluid extraction. *The Journal of Supercritical Fluids* 133(September): 86-93.
3. De Aguiar, AC; Silva, LPS; Coutinho, JP; Godoy, HT; Martínez, J. 2013. Influence of temperature and pressure conditions on the supercritical CO<sub>2</sub> extraction of *Capsicum* pepper oleoresin. *J. Supercrit. Fluids* 81: 210-216.
4. Alvarez-Parrilla, E; de la Rosa, L a.; Amarowicz, R; Shahidi, F. 2011. Antioxidant Activity of Fresh and Processed Jalapeño and Serrano Peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(1): 163-173.
5. American Spice Trade Association. 1985. *Official Analytical Methods of the American Spice Trade Association*. s.l., American Spice Trade Association.
6. Antonelli, A; Nylander, JAA; Persson, C; Sanmartin, I. 2009. Tracing the impact of the Andean uplift on Neotropical plant evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(24): 9749-9754.
7. AOAC, WH. 1990. *Official methods of analysis*. Arlington, VA 1990.
8. Baenas, N; Belović, M; Ilic, N; Moreno, DA; García-Viguera, C. 2019. Industrial use of pepper (*Capsicum annum* L.) derived products: Technological benefits and biological advantages. *Food Chemistry* 274(April 2018): 872-885.
9. Barbero, G; Liazid, A; Palma, M; Barroso, C. 2008. Ultrasound-assisted extraction of capsaicinoids from peppers. *Talanta* 75(5): 1332-1337.
10. Barbero, GF; de Aguiar, AC; Carrera, C; Olachea, Á; Ferreiro-González, M; Martínez, J; Palma, M; Barroso, CG. 2016. Evolution of Capsaicinoids in Peter Pepper (*Capsicum annum* var. *annuum*) During Fruit Ripening. *Chemistry & Biodiversity* 13(8): 1068-1075.

11. Barbero, GF; Ruiz, AG; Liazid, A; Palma, M; Vera, JC; Barroso, CG. 2014. Evolution of total and individual capsaicinoids in peppers during ripening of the Cayenne pepper plant (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry* 153: 200-206.
12. Bennett, DJ; Kirby, GW. 1968. Constitution and biosynthesis of capsaicin. *Journal of the Chemical Society C: Organic* 1968: 442-446.
13. Bernal, MA; Calderon, AA; Pedreno, MA; Munoz, R; Ros Barcelo, A; Merino de Caceres, F. 1993. Capsaicin oxidation by peroxidase from *Capsicum annuum* (variety *Annuum*) fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 41(7): 1041-1044.
14. Bogusz, S; Libardi, SH; Dias, FFG; Coutinho, JP; Bochi, VC; Rodrigues, D; Melo, AMT; Godoy, HT. 2018. Brazilian *Capsicum* peppers: capsaicinoid content and antioxidant activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98(1): 217-224.
15. Bosland, PW; Baral, JB. 2007. «Bhut Jolokia» - The world's hottest known chile pepper is a putative naturally occurring interspecific hybrid. *HortScience* 42(2): 222-224.
16. Bosland, PW; Coon, D; Cooke, PH. 2015. Novel formation of ectopic (nonplacental) capsaicinoid secreting vesicles on fruit walls explains the morphological mechanism for super-hot chile peppers. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 140(3): 253-256.
17. Bosland, PW; Votava, EJ. . 2012. Chemical Composition. Peppers: Vegetables and Spice *Capsicums*. CAB International, England. s.l., s.e., p.83-98. .
18. \_\_\_\_\_. 2012. Postharvest handling. Peppers: Vegetables and Spice *Capsicums*. CAB International, England. s.l., s.e., p.155-170. .
19. \_\_\_\_\_. 2012. Taxonomy, Pod Types and Genetic Resources. Peppers: vegetables and spice *Capsicums*. CAB International, England. s.l., s.e., p.13-38. .
20. Brack Egg, A. 2003. Perú: diez mil años de domesticación. 2003.
21. Broadbent, AD. 2010. Colorimetry, Methods. *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*. Oxford, Elsevier, p.372-379. .
22. Cabral, V de OS. 2005. Efeitos da perda de água em frutos de pimenta. Tesis MSc. Viçosa. Brasil. Universidade Federal de Viçosa.
23. Carrizo García, C; Barfuss, MHJ; Sehr, EM; Barboza, GE; Samuel, R; Moscone, EA; Ehrendorfer, F. 2016. Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, *Solanaceae*). *Annals of Botany* 118(1): 35-51.
24. Carrizo García, C; Sterpetti, M; Volpi, P; Ummarino, M; Saccardo, F. 2013. Wild *Capsicums*: identification and in situ analysis of Brazilian species. *Breakthroughs in*



- the genetics and breeding of Capsicum and eggplant. Edited by S. Lanteri, and GL Rotino 2013: 205-213.
25. Carvalho, AV; de Andrade Mattietto, R; de Oliveira Rios, A; de Almeida Maciel, R; Moresco, KS; de Souza Oliveira, TC. 2015. Bioactive compounds and antioxidant activity of pepper (*Capsicum spp.*) genotypes. *Journal of Food Science and Technology* 52(11): 7457-7464.
  26. Chanthai, S; Juangsamoot, J; Ruangviriyachai, C; Techawongstien, S. 2012. Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in some chilli varieties using accelerated solvent extraction associated with solid-phase extraction methods and RP-HPLC-fluorescence. *E-Journal of Chemistry* 9(3): 1550-1561.
  27. Chen, L; Cheng, C; Liang, J. 2015. Effect of esterification condensation on the Folin–Ciocalteu method for the quantitative measurement of total phenols. *Food Chemistry* 170: 10-15.
  28. Chinn, MS; Sharma-Shivappa, RR; Cotter, JL. 2011. Solvent extraction and quantification of capsaicinoids from *Capsicum chinense*. *Food and Bioproducts Processing* 89(4): 340-345.
  29. Chirinos, R; Pedreschi, R; Rogez, H; Larondelle, Y; Campos, D. 2013. Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Industrial Crops and Products* 47: 145-152.
  30. Chuichulcherm, S; Prommakort, S; Srinophakun, P; Thanapimmetha, A. 2013. Optimization of capsaicin purification from *Capsicum frutescens* Linn. with column chromatography using Taguchi design. *Industrial Crops and Products* 44: 473-479.
  31. Collins, MD; Wasmund, LM; Bosland, PW. 1995. Improved Method for Quantifying Capsaicinoids in *Capsicum* Using High-performance Liquid Chromatography. *HortScience* 30(1): 137-139.
  32. Díaz, J; Bernal, A; Pomar, F; Merino, F. 2001. Induction of shikimate dehydrogenase and peroxidase in pepper (*Capsicum annuum* L.) seedlings in response to copper stress and its relation to lignification. *Plant Science* 161(1): 179-188.
  33. Domínguez-Martínez, I; Meza-Márquez, OG; Osorio-Revilla, G; Proal-Nájera, J; Gallardo-Velázquez, T. 2014. Determination of capsaicin, ascorbic acid, total phenolic compounds and antioxidant activity of *Capsicum annuum* L. var. serrano by mid infrared spectroscopy (Mid-FTIR) and chemometric analysis. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry* 57(1): 133-142.

34. Dziurkowska, E; Wesolowski, M. 2015. Multivariate Statistical Analysis as a Supplementary Tool for Interpretation of Variations in Salivary Cortisol Level in Women with Major Depressive Disorder. *The Scientific World Journal* 2015: 1-8.
35. Eshbaugh, WH. 1993. Peppers: history and exploitation of a serendipitous new crop discovery. *New crops* 1993.
36. FAOSTAT. 2018. Data, Crops Chillies and peppers, green & dry. (en línea). Consultado 17 jun. 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data>
37. Fernández-Ronco, MP; de Lucas, A; Rodríguez, JF; García, MT; Gracia, I. 2013. New considerations in the economic evaluation of supercritical processes: Separation of bioactive compounds from multicomponent mixtures. *The Journal of Supercritical Fluids* 79(2013): 345-355.
38. Finger, FL; Pereira, GM. 2016. Physiology and Postharvest of Pepper Fruits. *Production and Breeding of Chilli Peppers (Capsicum spp.)*. Cham, Springer International Publishing, p.27-40.
39. Fujiwake, H; Suzuki, T; Iwai, K. 1982. Capsaicinoid formation in the protoplast from the placenta of *Capsicum* fruits. *Agricultural and Biological Chemistry* 46(10): 2591-2592.
40. \_\_\_\_\_. 1982. Intracellular distributions of enzymes and intermediates involved in biosynthesis of capsaicin and its analogues in *Capsicum* fruits. *Agricultural and Biological Chemistry* 46(11): 2685-2689.
41. Fujiwake, H; Suzuki, T; Oka, S; Iwai, K. 1980. Enzymatic formation of capsaicinoid from vanillylamine and iso-type fatty acids by cell-free extracts of *Capsicum annuum* var. *annuum* cv. *Karayatsubusa*. *Agricultural and Biological Chemistry* 44(12): 2907-2912.
42. Galán Enciso, A. 2014. Identificación de metabolitos relacionados con el carácter picante en variedades españolas de pimiento *Capsicum annuum* L. de “Reconocida Calidad Diferenciada” (Denominaciones de Origen Protegidas e Indicaciones Geográficas Protegidas). Tesis Ing. Huesca, España. Escuela Politécnica Superior de Huesca, Universidad Zaragoza. 2014.
43. García Taín, Y; García Pereira, A; Hernández Gómez, A; Pérez Padrón, J. 2011. Estudio de la variación del Índice de Color durante la conservación de la piña variedad Cayena Lisa a temperatura ambiente. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 20(4): 12-16.

44. Ghasemnezhad, M; Sherafati, M; Payvast, GA. 2011. Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times. *Journal of Functional Foods* 3(1): 44-49.
45. Gibbs, HAA; Garro, LWO. 2004. Capsaicin Content of West Indies Hot Pepper Cultivars Using Colorimetric and Chromatographic Techniques. 39(1): 132-135.
46. Gillette, MH; Appel, CE; Lego, MC. 1984. A New Method for Sensory Evaluation of Red Pepper Heat. *Journal of Food Science* 49(4): 1028-1033.
47. Giuffrida, D; Dugo, P; Torre, G; Bignardi, C; Cavazza, A; Corradini, C; Dugo, G. 2013. Characterization of 12 *Capsicum* varieties by evaluation of their carotenoid profile and pungency determination. *Food Chemistry* 140(4): 794-802.
48. \_\_\_\_\_. 2014. Evaluation of carotenoid and capsaicinoid contents in powder of red chili peppers during one year of storage. *Food Research International* 65(PB): 163-170.
49. González-Zamora, A; Sierra-Campos, E; Luna-Ortega, J; Pérez-Morales, R; Ortiz, J; García-Hernández, J. 2013. Characterization of Different *Capsicum* Varieties by Evaluation of Their Capsaicinoids Content by High Performance Liquid Chromatography, Determination of Pungency and Effect of High Temperature. *Molecules* 18(11): 13471-13486.
50. Granato, D; Katayama, FCU; Castro, IA. 2010. Assessing the association between phenolic compounds and the antioxidant activity of Brazilian red wines using chemometrics. *LWT - Food Science and Technology* 43(10): 1542-1549.
51. Granato, D; Putnik, P; Kovačević, DB; Santos, JS; Calado, V; Rocha, RS; Cruz, AG Da; Jarvis, B; Rodionova, OY; Pomerantsev, A. 2018. Trends in Chemometrics: Food Authentication, Microbiology, and Effects of Processing. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 17(3): 663-677.
52. Granato, D; Santos, JS; Escher, GB; Ferreira, BL; Maggio, RM. 2018. Use of principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA) for multivariate association between bioactive compounds and functional properties in foods: A critical perspective. *Trends in Food Science & Technology* 72(2018): 83-90.
53. Guiné, RPF; Barroca, MJ. 2012. Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioprocess Processing* 90(1): 58-63.

54. Guzman, I; Bosland, P; O'Connell, M. 2011. Heat, Color, and Flavor Compounds in *Capsicum* Fruit. The Biological Activity of Phytochemicals SE - 8. s.l., Springer New York, v.41, p.109-126. , (Recent Advances in Phytochemistry).
55. Guzmán, I; Bosland, PW. 2017. Sensory properties of chile pepper heat – and its importance to food quality and cultural preference. *Appetite* 117: 186-190.
56. Hall, RD; Holden, MA; Yeoman, MM. 1987. The accumulation of phenylpropanoid and capsaicinoid compounds in cell cultures and whole fruit of the chilli pepper, *Capsicum frutescens* Mill. *Plant cell, tissue and organ culture* 8(2): 163-176.
57. Han, K; Jeong, H-J; Sung, J; Keum, YS; Cho, M-C; Kim, J-H; Kwon, J-K; Kim, B-D; Kang, B-C. 2012. Biosynthesis of capsinoid is controlled by the Pun1 locus in pepper. *Molecular Breeding* 31(3): 537-548.
58. Hervert-Hernández, D; Sáyago-Ayerdi, SG; Goñi, I. 2010. Bioactive compounds of four hot pepper varieties (*Capsicum annuum* L.), antioxidant capacity, and intestinal bioaccessibility. *Journal of agricultural and food chemistry* 58(6): 3399-406.
59. Hutchings, JB; Ronnier Luo, M; Ji, W. 2013. Food appearance quality assessment and specification. *Instrumental Assessment of Food Sensory Quality 2013*: 29-53e.
60. ISO. 1983. Spice and Condiments. Geneva: International Organization for Standardization. International Standard ISO 1983: 1983-6663.
61. Iwai, K; Suzuki, T; Fujiwake, H. 1979. Formation and accumulation of pungent principle of hot pepper fruits, capsaicin and its analogues, in *Capsicum annuum* var. *annuum* cv. karayatsubusa at different growth stages after flowering. *Agricultural and biological Chemistry* 43(12): 2493-2498.
62. Jayaprakasha, GK; Bae, H; Crosby, K; Jifon, JL; Patil, BS. 2012. Bioactive Compounds in Peppers and Their Antioxidant Potential. ACS Symposium Series. s.l., s.e., v.1109, p.43-56. .
63. Jeeatid, N; Techawongstien, S; Suriharn, B; Chanthai, S; Bosland, PW; Techawongstien, S. 2018. Influence of water stresses on capsaicinoid production in hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivars with different pungency levels. *Food Chemistry* 245(August): 792-797.
64. Jorge, N; Veronezi, CM; Pereira, DC. 2016. Extracts of red peppers: antioxidant activity and sensory evaluation. *Nutrition & Food Science* 46(2): 228-236.
65. Juangsamoot, J; Ruangviriyachai, C; Techawongstien, S; Chanthai, S. 2012. Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in some hot chilli varieties by RP-

- HPLC-PDA after magnetic stirring extraction and clean up with C 18 cartridge. International Food Research Journal 19(3): 1217-1226.
66. Kaiser, HF. 1960. The application of electronic computers to factor analysis. Educational and psychological measurement 20(1): 141-151.
  67. Kanner, J; Harel, S; Mendel, H. 1979. Content and stability of. alpha.-tocopherol in fresh and dehydrated pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). Journal of agricultural and food chemistry 27(6): 1316-1318.
  68. Kappel, VD; Costa, GM; Scola, G; Silva, FA; Landell, MF; Valente, P; Souza, DG; Vanz, DC; Reginatto, FH; Moreira, JCF. 2008. Phenolic Content and Antioxidant and Antimicrobial Properties of Fruits of *Capsicum baccatum* L. var. pendulum at Different Maturity Stages. Journal of Medicinal Food 11(2): 267-274.
  69. Keyhaninejad, N; Curry, J; Romero, J; O'Connell, MA. 2014. Fruit specific variability in capsaicinoid accumulation and transcription of structural and regulatory genes in *Capsicum* fruit. Plant Science 215-216: 59-68.
  70. Kim, M; Kim, S; Kim, S; Kim, B-D. 2001. Isolation of cDNA clones differentially accumulated in the placenta of pungent pepper by suppression subtractive hybridization. Molecules & Cells (Springer Science & Business Media BV) 11(2).
  71. Kim, S; Park, J; Yeom, S-I; Kim, Y-M; Seo, E; Kim, K-T; Kim, M-S; Lee, JM; Cheong, K; Shin, H-S; Kim, S-B; Han, K; Lee, J; Park, M; Lee, H-A; Lee, H-Y; Lee, Y; Oh, S; Lee, JH; Choi, E; Choi, E; Lee, SE; Jeon, J; Kim, H; Choi, G; Song, H; Lee, J; Lee, S-C; Kwon, J-K; Lee, H-Y; Koo, N; Hong, Y; Kim, RW; Kang, W-H; Huh, JH; Kang, B-C; Yang, T-J; Lee, Y-H; Bennetzen, JL; Choi, D. 2017. New reference genome sequences of hot pepper reveal the massive evolution of plant disease-resistance genes by retroduplication. Genome Biology 18(1): 210.
  72. Kim, S; Park, M; Yeom, S-I; Kim, Y-M; Lee, JM; Lee, H-A; Seo, E; Choi, J; Cheong, K; Kim, K-T; Jung, K; Lee, G-W; Oh, S-K; Bae, C; Kim, S-B; Lee, H-Y; Kim, S-Y; Kim, M-S; Kang, B-C; Jo, YD; Yang, H-B; Jeong, H-J; Kang, W-H; Kwon, J-K; Shin, C; Lim, JY; Park, JH; Huh, JH; Kim, J-S; Kim, B-D; Cohen, O; Paran, I; Suh, MC; Lee, SB; Kim, Y-K; Shin, Y; Noh, S-J; Park, J; Seo, YS; Kwon, S-Y; Kim, H a; Park, JM; Kim, H-J; Choi, S-B; Bosland, PW; Reeves, G; Jo, S-H; Lee, B-W; Cho, H-T; Choi, H-S; Lee, M-S; Yu, Y; Do Choi, Y; Park, B-S; van Deynze, A; Ashrafi, H; Hill, T; Kim, WT; Pai, H-S; Ahn, HK; Yeam, I; Giovannoni, JJ; Rose, JKC; Sørensen, I; Lee, S-J; Kim, RW; Choi, I-Y; Choi, B-S; Lim, J-S; Lee, Y-H; Choi, D. 2014. Genome

- sequence of the hot pepper provides insights into the evolution of pungency in *Capsicum* species. *Nature Genetics* no.October 2013.
73. Kinsella, JE. 1971. Composition of the lipids of cucumber and peppers. *Journal of food science* 36(6): 865-866.
  74. Kobata, K; Kawaguchi, M; Watanabe, T. 2002. Enzymatic Synthesis of a Capsinoid by the Acylation of Vanillyl Alcohol with Fatty Acid Derivatives Catalyzed by Lipases. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 66(2): 319-327.
  75. Koeda, S; Sato, K; Tomi, K; Tanaka, Y; Takisawa, R; Hosokawa, M; Doi, M; Nakazaki, T; Kitajima, A. 2014. Analysis of Non-pungency, Aroma, and Origin of a *Capsicum chinense* Cultivar from a Caribbean Island. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 83(3): 244-251.
  76. Korkutata, NF; Kavaz, A. 2015. A Comparative Study of Ascorbic Acid and Capsaicinoid Contents in Red Hot Peppers (*Capsicum annum* L.) Grown in Southeastern Anatolia Region A Comparative Study of Ascorbic Acid and Capsaicinoid Contents in Red Hot Peppers (*Capsicum annum* L.) Grown in. *International Journal of Food Properties* 18(4): 725-734.
  77. Kurita, S; Kitagawa, E; Kim, C-H; Momose, Y; Iwahashi, H. 2002. Studies on the Antimicrobial Mechanisms of Capsaicin Using Yeast DNA Microarray. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 66(3): 532-536.
  78. Lee, Y; Howard, LR; Villalon, B. 1995. Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annum*) cultivars. *Journal of Food Science* 60(3): 473-476.
  79. Leete, E; Loudon, MCL. 1968. Biosynthesis of capsaicin and dihydrocapsaicin in *Capsicum frutescens*. *Journal of the American Chemical Society* 90(24): 6837-6841.
  80. Lejeune, MPGM; Kovacs, EMR; Westerterp-Plantenga, MS. 2003. Effect of capsaicin on substrate oxidation and weight maintenance after modest body-weight loss in human subjects. *British Journal of Nutrition* 90(03): 651.
  81. Link, E; Emde, K. 2017. Discriminant Analysis. *The International Encyclopedia of Communication Research Methods*. Hoboken, NJ, USA, John Wiley & Sons, Inc., p.1-10.
  82. Lipovetsky, S. 2015. MANOVA, LDA, and FA criteria in clusters parameter estimation. *Cogent Mathematics* 2(1): 1-9.

83. Loizzo, MR; Pugliese, A; Bonesi, M; Menichini, F; Tundis, R. 2015. Evaluation of chemical profile and antioxidant activity of twenty cultivars from *Capsicum annuum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chacoense* and *Capsicum chinense*: A comparison between fresh and processed peppers. *LWT - Food Science and Technology* 64(2): 623-631.
84. Lu, M; Ho, C-T; Huang, Q. 2017. Extraction, bioavailability, and bioefficacy of capsaicinoids. *Journal of Food and Drug Analysis* 25(1): 27-36.
85. Luza Fernández, DE. . 2013. El ají y las culturas alimentarias andinas. 2013.
86. Lyons, JM; Lippert, LF. 1966. Characterization of fatty acids from root and shoot lipids of *Capsicum* species. *Lipids* 1(2): 136-140.
87. Manirakiza, PA; Covaci, A; Schepens, P. 2003. Pungency principles. In *Capsicum* The genus *Capsicum*. s.l., Taylor and Francis: London, UK, 2003, p.71–86. .
88. Materska, M. 2014. Bioactive phenolics of fresh and freeze-dried sweet and semi-spicy pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Functional Foods* 7(1): 269-277.
89. Matus, Z; Deli, J; Szabolcs, J. 1991. Carotenoid composition of yellow pepper during ripening: isolation of .beta.-cryptoxanthin 5,6-epoxide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 39(11): 1907-1914.
90. McLeod, MJ; Guttman, SI; Eshbaugh, WH. 1982. Early evolution of chili peppers (*Capsicum*). *Economic Botany* 36(4): 361-368.
91. McQuaid, J. 2016. Tasty: The art and science of what we eat. s.l., Simon and Schuster.
92. Meckelmann, SW; Jansen, C; Riegel, DW; van Zonneveld, M; Ríos, L; Peña, K; Mueller-Seitz, E; Petz, M. 2015. Phytochemicals in native Peruvian *Capsicum pubescens* (Rocoto). *European Food Research and Technology* 241(6): 817-825.
93. Meckelmann, SW; Riegel, DW; van Zonneveld, M; Ríos, L; Peña, K; Mueller-Seitz, E; Petz, M. 2014. *Capsaicinoids*, flavonoids, tocopherols, antioxidant capacity and color attributes in 23 native Peruvian chili peppers (*Capsicum spp.*) grown in three different locations. *European Food Research and Technology* 240(2): 273-283.
94. Meckelmann, SW; Riegel, DW; van Zonneveld, MJ; Ríos, L; Peña, K; Ugas, R; Quinonez, L; Mueller-Seitz, E; Petz, M. 2013. Compositional Characterization of Native Peruvian Chili Peppers (*Capsicum spp.*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61 (10): 2530-2537
95. Morales-Soriano, E; Kebede, B; Ugás, R; Grauwet, T; Van Loey, A; Hendrickx, M. 2018. Flavor characterization of native Peruvian chili peppers through integrated

- aroma fingerprinting and pungency profiling. *Food Research International* 109(February): 250-259.
96. Morales-Soriano, E; Panozzo, A; Ugás, R; Grauwet, T; Van Loey, A; Hendrickx, M. 2018. Carotenoid profile and basic structural indicators of native Peruvian chili peppers. *European Food Research and Technology* 0(0): 0.
  97. Morales-Soto, A; Gómez-Caravaca, AM; García-Salas, P; Segura-Carretero, A; Fernández-Gutiérrez, A. 2013. High-performance liquid chromatography coupled to diode array and electrospray time-of-flight mass spectrometry detectors for a comprehensive characterization of phenolic and other polar compounds in three pepper (*Capsicum annuum* L.) samples. *Food Research International* 51(2): 977-984.
  98. Moscone, EA; Scaldaferrò, MA; Grabiele, M; Cecchini, NM; Sánchez García, Y; Jarret, R; Daviña, JR; Ducasse, DA; Barboza, GE; Ehrendorfer, F. 2007. The Evolution of Chili Peppers (*Capsicum - Solanaceae*): A Cytogenetic Perspective. *Acta Horticulturae* 745(745): 137-170.
  99. Navarro, J; Flores, P; Garrido, C; Martínez, V. 2006. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *Food Chemistry* 96(1): 66-73.
  100. Nmaju, A; Joshua, I; Okon, U; Bisong, S; Nwankwo, A; Osim, E. 2018. Long-term Consumption of *Capsicum annuum* (Chili Pepper) and Capsaicin Diets Elevates Anxiety but Improves Motor Coordination in CD-1 Mice. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research* 25(9): 1-10.
  101. Oboh, G; Puntel, RL; Rocha, JBT. 2007. Hot pepper (*Capsicum annuum*, Tepin and *Capsicum chinese*, Habanero) prevents Fe<sup>2+</sup>-induced lipid peroxidation in brain – in vitro. *Food Chemistry* 102(1): 178-185.
  102. Ochoa-Alejo, N; Gómez-Peralta, JE. 1993. Activity of enzymes involved in capsaicin biosynthesis in callus tissue and fruits of chili pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Plant Physiology* 141(2): 147-152.
  103. Oliveri, P; Simonetti, R. 2016. *Chemometrics for Food Authenticity Applications*. s.l., Elsevier Ltd, 701-728 p.
  104. Ornelas-Paz, J de J; Martínez-Burrola, JM; Ruiz-Cruz, S; Santana-Rodríguez, V; Ibarra-Junquera, V; Olivas, GI; Pérez-Martínez, JD. 2010. Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. *Food Chemistry* 119(4): 1619-1625.



105. Ortiz, R; Delgado de la Flor, F; Alvarado, G; Crossa, J. 2010. Classifying vegetable genetic resources-A case study with domesticated *Capsicum spp.* *Scientia Horticulturae* 126(2): 186-191.
106. Ortiz, R; Delgado de la Flor, LF. 1990. Utilization of descriptors for the characterization of lines of the genus *Capsicum*. *Turrialba* 40(1): 112-118.
107. Pandey, V; Pandey, HK; Dayal, D; Joshi, UC; Pant, T; Ahmed, Z. 2009. Studies on antioxidant constituents of some domesticated *capsicums* in the middle hill conditions of western Himalayas. *Horticultural Science* 36(1): 26-30.
108. Park, J; Kim, S; Moon, B. 2011. Changes in Carotenoids, Ascorbic Acids, and Quality Characteristics by the Pickling of Paprika (*Capsicum annuum* L.) Cultivated in Korea. *Journal of Food Science* 76(7): C1075-C1080.
109. Pathare, PB; Opara, UL; Al-Said, FAJ. 2013. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology* 6(1): 36-60.
110. Perry, L; Dickau, R; Zarrillo, S; Holst, I; Pearsall, DM; Piperno, DR; Berman, MJ; Cooke, RG; Rademaker, K; Ranere, AJ; Raymond, JS; Sandweiss, DH; Scaramelli, F; Tarble, K; Zeidler, JA. . 2007. Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum spp.* L.) in the Americas. *Science* 315(5814): 986-988.
111. Perva-Uzunalić, A; Škerget, M; Weinreich, B; Knez, Ž. 2004. Extraction of chilli pepper (var. Byedige) with supercritical CO<sub>2</sub>: Effect of pressure and temperature on capsaicinoid and colour extraction efficiency. *Food Chemistry* 87(1): 51-58.
112. Pickersgill, B. 1984. Migration of chili peppers, *Capsicum spp.*, in the Americas. *Pre-Columbian plant migration* 1984.
113. Pinto, CMF; Dos Santos, IC; De Araujo, FF; Da Silva, TP. 2016. Pepper Importance and Growth (*Capsicum spp.*). *Production and Breeding of Chilli Peppers (Capsicum spp.)*. Cham, Springer International Publishing, p.1-25.
114. Pozo, O. 1991. *Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México*. Chapingo: Sociedad Mexicana de Fitogenética, AC 1991.
115. Pozzobon, MT; Schifino-Wittmann, MT; De Bem Bianchetti, L. 2006. Chromosome numbers in wild and semidomesticated Brazilian *Capsicum* L. (*Solanaceae*) species: Do  $x = 12$  and  $x = 13$  represent two evolutionary lines? *Botanical Journal of the Linnean Society* 151(2): 259-269.
116. Ramachandran, S; Srivastava, SK. 2017. Abstract 4422: Capsaicin suppresses pancreatic tumor growth by inhibiting tumor cell metabolism. *Cancer Research* 77(13 Supplement): 4422-4422.

117. Reuhs, BL. 2017. High-Performance Liquid Chromatography. Food Analysis. Cham, Springer International Publishing, p.213-226.
118. Reyes-Escogido, M; Gonzalez-Mondragon, EG; Vazquez-Tzompantzi, E. 2011. Chemical and Pharmacological Aspects of Capsaicin. *Molecules* 16(2): 1253-1270.
119. Rodríguez-Burruezo, A; Kollmannsberger, H; Prohens, J; Nitz, S; Fita, A. 2010. Comparative analysis of pungency and pungency active compounds in Chile peppers (*Capsicum spp.*). *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture* 67(1): 270-273.
120. Rodríguez-Burruezo, A; Prohens, J; Raigón, MD; Nuez, F. 2009. Variation for bioactive compounds in ají (*Capsicum baccatum L.*) and rocoto (*C. pubescens R. & p.*) and implications for breeding. *Euphytica* 170(1): 169-181.
121. Rodríguez-maturino, A; Valenzuela-solorio, A; Troncoso-rojas, R; Grimaldo-juarez, O; Aviles-marin, M. 2012. Antioxidant activity and bioactive compounds of Chiltepin (*Capsicum annum var. glabriusculum*) and Habanero (*Capsicum chinense*): A comparative study. *Journal of Medicinal Plants Research* 6(9): 1758-1763.
122. SADC trade database. 2017. Trade&Industrial Policy Strategies, Australian Government, Trade Information Brief *Capsicum* (en línea). Consultado 17 jun. 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data>
123. Sandoval-Castro, CJ; Valdez-Morales, M; Oomah, BD; Gutiérrez-Dorado, R; Medina-Godoy, S; Espinosa-Alonso, LG. 2017. Bioactive compounds and antioxidant activity in scalded Jalapeño pepper industrial byproduct (*Capsicum annum*). *Journal of Food Science and Technology* 54(7): 1999-2010.
124. Särkinen, T; Bohs, L; Olmstead, RG; Knapp, S. 2013. A phylogenetic framework for evolutionary study of the nightshades (*Solanaceae*): a dated 1000-tip tree. *BMC Evolutionary Biology* 13(1): 214.
125. Sarwa, KK; Mazumder, B; Rudrapal, M; Debnath, M; Kumar, A; Verma, VK; Jangdey, MS. 2013. Capsaicinoids content of some indigenous capsicum varieties of assam, india. *Journal of Natural Sciences Research* 3(4): 112-116.
126. Schweiggert, U; Carle, R; Schieber, A. 2006. Characterization of major and minor capsaicinoids and related compounds in chili pods (*Capsicum frutescens L.*) by high-performance liquid chromatography/atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* 557(1-2): 236-244.
127. Scoville, WL. 1912. Note on *capsicums*. *Journal of Pharmaceutical Sciences* 1(5): 453-454.

128. Silva, EM; Souza, JNS; Rogez, H; Rees, JF; Larondelle, Y. 2006. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region. *Food Chemistry* 101(3): 1012-1018.
129. Silvestro, D; Jaramillo, C; Smith, BT; Bacon, CD; Silvestro, D; Jaramillo, C; Tilston, B; Chakrabarty, P. 2015. Correction for Bacon et al., Biological evidence supports an early and complex emergence of the Isthmus of Panama. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(24): E3153-E3153.
130. Sim, KH; Sil, HY. 2008. Antioxidant activities of red pepper (*Capsicum annuum*) pericarp and seed extracts. *International Journal of Food Science & Technology* 43(10): 1813-1823.
131. Singleton, VL; Rossi, JAJ. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic* 16: 144-153.
132. Somos, A. 1984. *The paprika*. s.l., Akadémiai Kiadó.
133. Sora, GTS; Haminiuk, CWI; da Silva, MV; Zielinski, AAF; Gonçalves, GA; Bracht, A; Peralta, RM. 2015. A comparative study of the capsaicinoid and phenolic contents and in vitro antioxidant activities of the peppers of the genus *Capsicum*: an application of chemometrics. *Journal of Food Science and Technology* 52(12): 8086-8094.
134. Sricharoen, P; Lamaiphan, N; Patthawaro, P; Limchoowong, N; Techawongstien, S; Chanthai, S. 2017. Phytochemicals in *Capsicum* oleoresin from different varieties of hot chilli peppers with their antidiabetic and antioxidant activities due to some phenolic compounds. *Ultrasonics Sonochemistry* 38: 629-639.
135. Stewart, C; Kang, BC; Liu, K; Mazourek, M; Moore, SL; Eun, YY; Kim, BD; Paran, I; Jahn, MM. 2005. The *Pun1* gene for pungency in pepper encodes a putative acyltransferase. *Plant Journal* 42(5): 675-688.
136. Stewart, C; Mazourek, M; Stellari, GM; O'Connell, M; Jahn, M. 2007. Genetic control of pungency in *C. chinense* via the *Pun1* locus. *Journal of Experimental Botany* 58(5): 979-991.
137. Sudhakar Johnson, T; Ravishankar, GA; Venkataraman, L V. 1996. Biotransformation of ferulic acid and vanillylamine to capsaicin and vanillin in immobilized cell cultures of *Capsicum frutescens*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 44(2): 117-121.
138. Sukrasno, N; Yeoman, MM. 1993. Phenylpropanoid metabolism during growth and development of *Capsicum frutescens* fruits. *Phytochemistry* 32(4): 839-844.
139. Suzuki, T; Fujiwake, H; Iwai, K. 1980. Intracellular localization of capsaicin and its analogues, capsaicinoid, in *Capsicum* fruit 1. Microscopic investigation of the

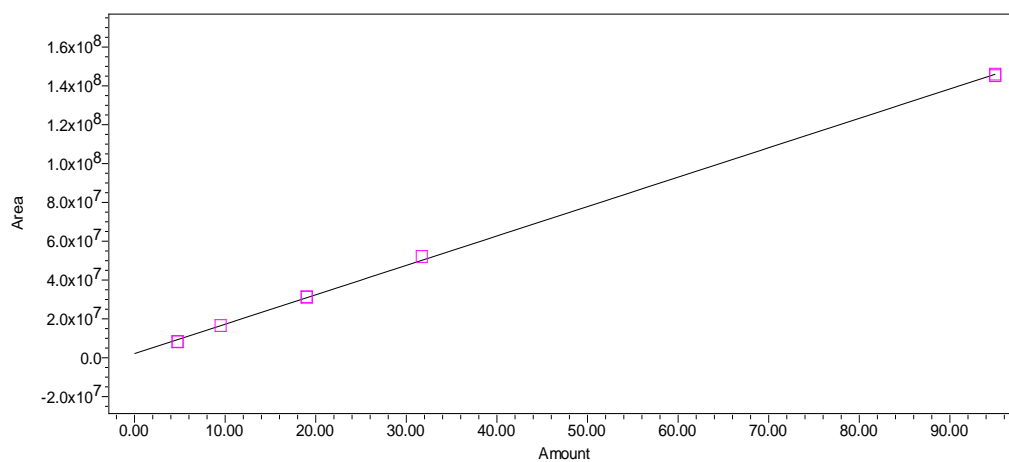
- structure of the placenta of *Capsicum annuum* var. *annuum* cv. Karayatsubusa. *Plant and Cell Physiology* 21(5): 839-853.
140. Suzuki, T; Kawada, T; Iwai, K. 1981. The precursors affecting the composition of capsaicin and its analogues in the fruits of *Capsicum annuum* var. *annuum* cv. Karayatsubusa. *Agricultural and Biological Chemistry* 45(2): 535-537.
  141. Tanaka, Y; Hosokawa, M; Miwa, T; Watanabe, T; Yazawa, S. 2010. Novel loss-of-function putative aminotransferase alleles cause biosynthesis of capsinoids, nonpungent capsaicinoid analogues, in mildly pungent chili peppers (*Capsicum chinense*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(22): 11762-11767.
  142. Tanaka, Y; Hosokawa, M; Otsu, K; Watanabe, T; Yazawa, S. 2009. Assessment of capsaicinoid composition, nonpungent capsaicinoid analogues, in *Capsicum* cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(12): 5407-5412.
  143. Tanaka, Y; Nakashima, F; Kirii, E; Goto, T; Yoshida, Y; Yasuba, K. 2017. Difference in capsaicinoid biosynthesis gene expression in the pericarp reveals elevation of capsaicinoid contents in chili peppers (*Capsicum chinense*). *Plant Cell Reports* 36(2): 267-279.
  144. Tewksbury, JJ; Nabhan, GP. 2001. Seed dispersal: Directed deterrence by capsaicin in chillies. *Nature* 412(6845): 403-404.
  145. Todd, PH; Bensinger, MG; Biftu, T. 1977. Determination of Pungency Due to *Capsicum* By Gas-Liquid Chromatography. *Journal of Food Science* 42(3): 660-665.
  146. Tundis, R; Loizzo, MR; Menichini, F; Bonesi, M; Conforti, F; De Luca, D; Menichini, F. 2012. Air-dried *Capsicum annuum* var. *acuminatum* medium and big: Determination of bioactive constituents, antioxidant activity and carbohydrate-hydrolyzing enzymes inhibition. *Food Research International* 45(1): 170-176.
  147. Tundis, R; Loizzo, MR; Menichini, F; Bonesi, M; Conforti, F; Statti, G; de Luca, D; de Cindio, B; Menichini, F. 2011. Comparative Study on the Chemical Composition, Antioxidant Properties and Hypoglycaemic Activities of Two *Capsicum annuum* L. Cultivars (*Acuminatum* small and *Cerasiferum*). *Plant Foods for Human Nutrition* 66(3): 261-269.
  148. Ugent, D; Ochoa, CM. 2006. *La etnobotánica del Perú: desde la prehistoria al presente*. s.l., Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, CONCYTEC.
  149. Vignoni, LA; Césari, RM; Forte, M; Mirábile, ML. 2006. Determinación de índice de color en ajo picado. *Información tecnológica* 17(6): 63-67.

150. Wahyuni, Y; Ballester, AR; Sudarmonowati, E; Bino, RJ; Bovy, AG. 2011. Metabolite biodiversity in pepper (*Capsicum*) fruits of thirty-two diverse accessions: Variation in health-related compounds and implications for breeding. *Phytochemistry* 72(11-12): 1358-1370.
151. Weatherall, IL; Coombs, BD. 1992. Skin color measurements in terms of CIELAB color space values. *Journal of investigative dermatology* 99(4): 468-473.
152. Xin, X; Fan, R; Gong, Y; Yuan, F; Gao, Y. 2014. On-line HPLC-ABTS<sup>++</sup> evaluation and HPLC-MS in identification of bioactive compounds in hot pepper peel residues. *European Food Research and Technology* 238(5): 837-844.
153. Yang, HJ; Chung, KR; Kwon, DY. 2017. DNA sequence analysis tells the truth of the origin, propagation, and evolution of chili (red pepper). *Journal of Ethnic Foods* 4(3): 154-162.
154. Zewdie, Y; Bosland, PW. 2001. Capsaicinoid profiles are not good chemotaxonomic indicators for *Capsicum* species. *Biochemical Systematics and Ecology* 29(2): 161-169.
155. Zhuang, Y; Chen, L; Sun, L; Cao, J. 2012. Bioactive characteristics and antioxidant activities of nine peppers. *Journal of Functional Foods* 4(1): 331-338.
156. Zielinski, AAF; Ávila, S; Ito, V; Nogueira, A; Wosiacki, G; Haminiuk, CWI. 2014. The Association between Chromaticity, Phenolics, Carotenoids, and In Vitro Antioxidant Activity of Frozen Fruit Pulp in Brazil: An Application of Chemometrics. *Journal of Food Science* 79(4): C510-C516.
157. Zonneveld, M van; Ramirez, M; Williams, D; Petz, M; Meckelmann, S; Avila, T; Bejarano, C; Ríos, L; Libreros, D; Scheldeman, X. 2014. Exploration of underutilized crop diversity of *Capsicum* peppers in their primary center of diversity in Bolivia and Peru.
158. van Zonneveld, M; Ramirez, M; Williams, DE; Petz, M; Meckelmann, S; Avila, T; Bejarano, C; Ríos, L; Peña, K; Jäger, M; Libreros, D; Amaya, K; Scheldeman, X. 2015. Screening Genetic Resources of *Capsicum* Peppers in Their Primary Center of Diversity in Bolivia and Peru. *PLOS ONE* 10(9): e0134663.

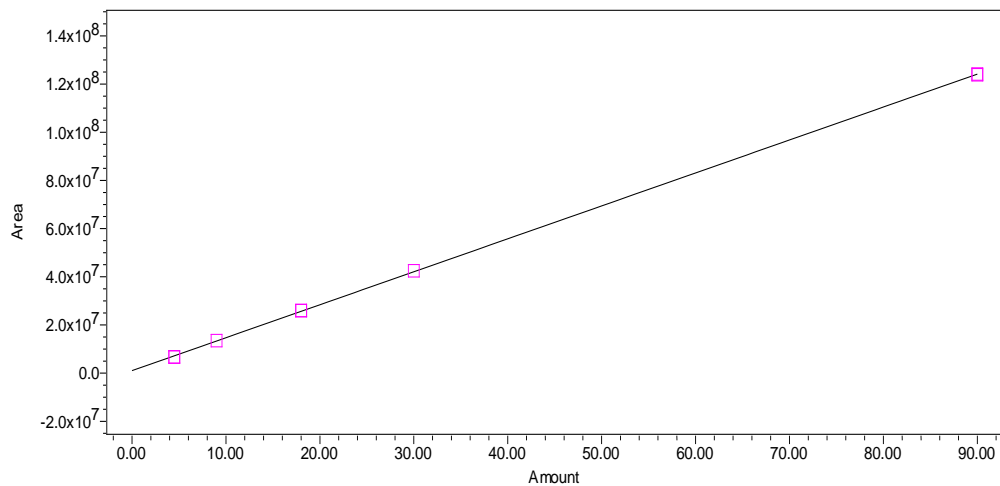
## VIII. ANEXOS

### Anexo 1: Curva estándar de Capsaicinoides (Capsaicina y Dihidrocapsaicina)

Time	R	R <sup>2</sup>	Standard Error	Equation Capsaicina	Fit Type	X-axis	Y-axis	Units
12,816	0,999850	0,999699	1,083185e+006	$Y = 1,51e+006 X + 2,14e+006$	Linear	Amount	Area	ppm



Time	R	R <sup>2</sup>	Standard Error	Equation Dihidrocapsaicina	Fit Type	X-axis	Y-axis	Units
15,306	0,999970	0,999940	4,146089e+005	$Y = 1,37e+006 X + 1,04e+006$	Linear	Amount	Area	ppm



## Anexo 2: Curva estándar de compuestos fenólicos totales

La oxidación de los fenoles presentes en la muestra causa la aparición de una coloración azul que presenta un máximo de absorción a 765 nm y que se cuantifica por espectrofotometría en base a una recta patrón de ácido gálico (García, 2005).

Reactivos:

- Carbonato de sodio (75 g/L)
- Folin Ciocalteau 1N
- Agua miliQ

Equipos

- Balanza analítica
- Micropipetas
- Espectrofotometro

### Procedimiento experimental

Se realizó la solución madre:

Ac. Gálico (mg)	Volumen (mL)	Concentración (mg/mL)
1.2	100	0.012

Se realizó las diluciones de los extractos con el factor necesario para que la absorbancia se encuentre en el rango de la curva estándar:

Alícuota (mL)	Volumen (mL)	Concentración (mg/mL)
4	10	0.0048
8	10	0.0096
12	10	0.0144
16	10	0.0192
20	10	0.0240
24	10	0.0288
28	10	0.0336
32	10	0.0384

En tubos de prueba (protegidos de luz) se colocó 500  $\mu$ L de extracto de muestra, 250  $\mu$ L del reactivo de Folin Ciocalteau 1N y 1250  $\mu$ L de la solución de carbonato de sodio (75 g/L).

Se homogenizó la mezcla en un vortex.

Se dejó reposar por treinta minutos en oscuridad.

Se leyó la absorbancia a la longitud de onda de 755 nm.

Se realizó un blanco con agua destilada.

Los datos experimentales se muestran a continuación:

Concentración (mg/mL Ac. Gálico)	D.O. 755nm
0,0048	0.149
0,0048	0.159
0,0048	0.161
0,0096	0.313
0,0096	0.317
0,0096	0.319
0,0144	0.464
0,0144	0.464
0,0144	0.464
0,0192	0.608
0,0192	0.616
0,0192	0.614
0,024	0.74
0,024	0.76
0,024	0.749
0,0288	0.868
0,0288	0.903
0,0288	0.91
0,0336	1.03
0,0336	1.035
0,0336	1.034
0,0384	<u>1.171</u>
0,0384	1.174
0,0384	1.175

### Análisis de regresión simple- D.O. 755 nm vs. mg/mL GAE (ac. gálico)

Variable dependiente: D.O. 755nm

Variable independiente: mg/mL GAE

Lineal:  $Y = a + b \cdot X$

#### Coefficientes

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	0.0251429	0,00480515	5,23249	0,0000
Pendiente	30.0802	0,198242	151,735	0,0000

#### Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	2,62672	1	2,62672	23023,47	0,0000
Residuo	0,00250996	22	0,000114089		
Total (Corr.)	2,62923	23			



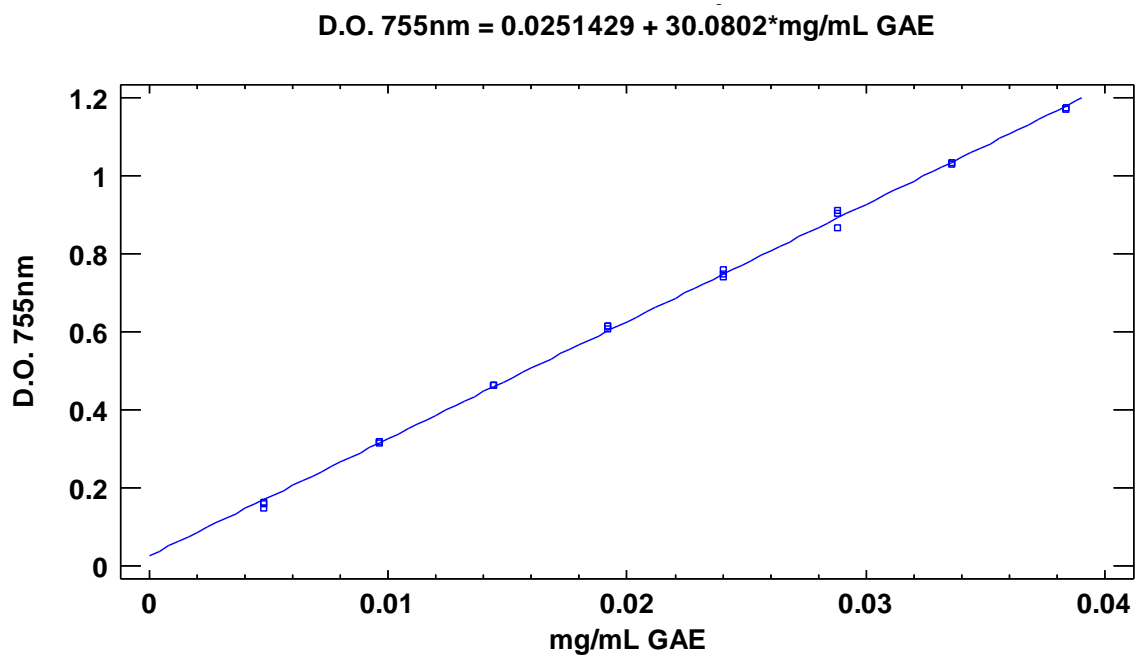
Coefficiente de Correlación = 0,999523  
R-cuadrada = 99,9045 por ciento  
R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,9002 por ciento  
Error estándar del est. = 0,0106812  
Error absoluto medio = 0,00834954  
Estadístico Durbin-Watson = 1,47934 (P=0,0604)  
Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,170954

**El StatAdvisor**

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre D.O. 755nm y mg/mL GAE. La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{D.O. 755nm} = 0,0251429 + 30,0802 * \text{mg/mL GAE}$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre D.O. 755 nm y mg/mL GAE con un nivel de confianza del 95,0%.



### Anexo 3: Curva estándar de Actividad Antioxidante TEAC

$\mu\text{Mol/L}$	AUC
15,38	201,11
15,38	197,41
15,38	192,83
30,77	273,28
30,77	281,95
30,77	301,37
61,54	450,76
61,54	435,72
61,54	467,05
121,21	809,28
121,21	833,52
121,21	808,54
181,82	1115,78
181,82	1151,63
181,82	1172,48
242,42	1527,67
242,42	1565,84
242,42	1599,53

#### Análisis de regresión simple- AUC vs. $\mu\text{mol/L}$

Variable dependiente: AUC

Variable independiente:  $\mu\text{mol/L}$

Lineal:  $Y = a + b \cdot X$

#### Coefficientes

	<i>Mínimos Cuadrados</i>	<i>Estándar</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
Intercepto	95,13	10,3932	9,15307	0,0000
Pendiente	5,95758	0,076245	78,1374	0,0000

#### Análisis de Varianza

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	4,30063E6	1	4,30063E6	6105,45	0,0000
Residuo	11270,3	16	704,392		
Total (Corr.)	4,3119E6	17			

Coefficiente de Correlación = 0,998692

R-cuadrada = 99,7386 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,7223 por ciento

Error estándar del est. = 26,5404

Error absoluto medio = 18,4115

Estadístico Durbin-Watson = 1,0297 (P=0,0055)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0,315432

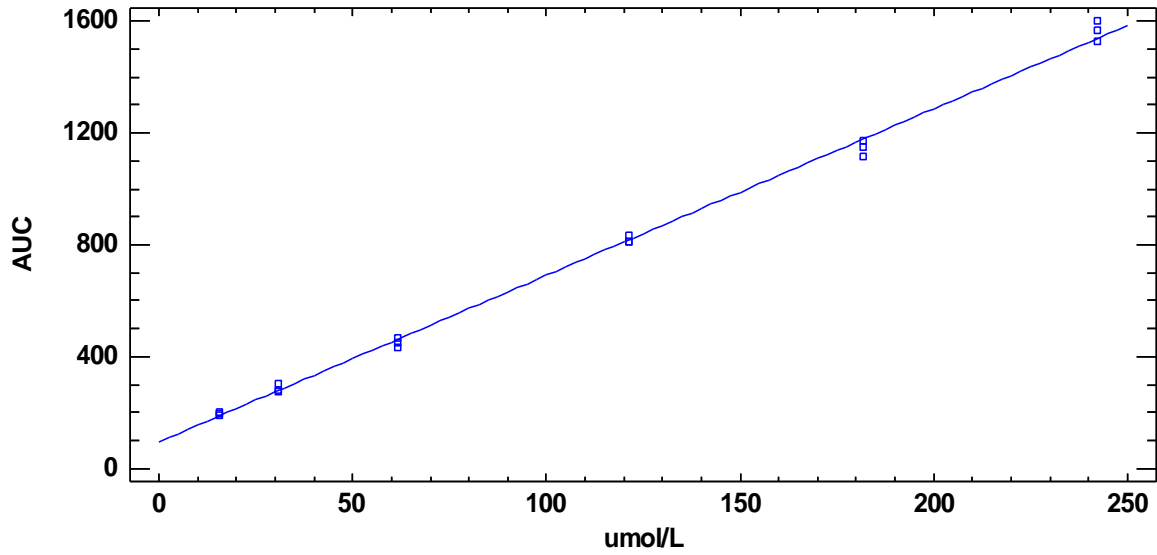
**El StatAdvisor**

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre AUC y umol/L. La ecuación del modelo ajustado es

$$AUC = 95,13 + 5,95758*umol/L$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre AUC y umol/L con un nivel de confianza del 95.0%.

$$AUC = 95.13 + 5.95758*umol/L$$



**Anexo 4: Materia seca (%), contenido de nordihidrocapsaicina (NDH), capsaicina (CPS), dihirocapsaicina (DHC), pungencia en unidades Scoville (SHU), compuestos fenólicos totales (CFT), actividad antioxidante hidrofílica (TEAC) y color en C\*, h°, IC\*.**

Muestra	<i>Capsicum</i>	Origen	Nombre común	M.S. (%)	NDH (mg/100g)	CPS (mg/100g)	DHC (mg/100g)	SHU	CFT (mg/100g base seca)	TEAC (µmol Trolox equivalente/g base seca)	C*	h°	IC*
3	<i>annuum</i>	Cerezo redondo	Chiclayo	93,69	0,00	142,38	74,12	34 858	928,51	55,43	51,50	53,84	15,17
				93,46	0,00	147,41	74,31	35 697	927,46	64,45	51,55	53,92	15,16
				93,01					924,64	57,58	46,02	51,30	19,43
4	<i>annuum</i>	Ají cerezo triangular	Chiclayo	94,09	0,00	290,22	93,54	61 784	878,77	70,98	39,96	55,61	16,26
				93,67	0,00	285,47	85,05	59 654	942,77	78,39	39,52	56,17	15,46
				94,11					983,83	76,99	40,98	56,46	15,26
57	<i>annuum</i>	Chilli (C. annuum) 1	India	94,06	20,57	130,55	139,25	45 350	820,75	49,88	44,13	57,02	13,03
				93,77	7,15	126,23	142,33	43 903	817,79	44,54	41,75	54,56	15,29
				94,59					811,31	44,29	41,46	54,94	15,23
91	<i>annuum</i>	Paprika de Cayenne	Alemania	92,02	0,00	41,95	62,10	16 753	857,86	87,87	36,13	51,42	18,45
				92,71	0,00	43,62	64,10	17 343	851,51	107,11	35,51	49,70	20,49
				93,07					839,81	93,93	34,12	50,05	20,46
99	<i>annuum</i>	Jalapeño Hechicero HMX 5658 F1 (Híbrid.)	EEUU	92,80	3,01	85,52	61,13	23 890	1 204,29	83,24	37,94	50,62	18,83
				93,45	2,86	81,24	58,07	22 696	1 221,63	73,80	32,90	51,20	20,25
				92,85					1 205,27	78,27	31,74	51,34	20,45
101	<i>annuum</i>	Anaheim Chile G76 F1 (Hybrid.)	EEUU	94,61	0,00	17,42	19,26	5 906	1 614,26	55,67	28,59	46,98	26,64
				93,89	0,00	19,59	19,14	6 236	1 619,47	73,53	24,97	45,39	30,64
				94,19					1 649,32	67,02	26,78	46,19	28,49
102	<i>annuum</i>	Secanno Camino Real F1 (Hybrid.)	EEUU	93,46	0,00	159,49	64,76	36 105	787,54	33,91	36,43	60,07	11,40
				91,72	0,00	159,21	69,78	36 867	803,26	28,31	28,71	59,05	14,43
				92,27					804,60	32,84	30,84	58,81	13,94
107	<i>annuum</i>	Small Red	Tailandia	93,92	0,00	106,96	74,54	29 221	1 081,79	75,38	46,35	61,97	9,85
				93,22	0,00	112,59	74,25	30 081	1 049,65	66,19	44,94	61,29	10,81
				93,46					1 022,83	67,64	44,38	63,51	9,72
233	<i>annuum</i>	Cerezo redondo	Tumbes	94,68	0,00	154,35	66,40	35 542	950,83	55,10	47,97	50,34	18,68
				94,13	0,00	196,01	68,58	42 599	973,14	63,94	47,74	50,49	18,69
				94,40					1 033,89	60,46	46,00	49,52	20,76

234	<i>annuum</i>	Cerezo triangular	Tumbes	93,78	0,00	228,59	53,01	45 339	1 074,86	65,93	49,39	52,29	18,51
				94,51	0,00	212,52	47,35	41 840	1 079,83	68,10	47,21	52,72	19,24
				94,12					1 053,37	67,08	45,02	53,14	20,02
273	<i>annuum</i>	Pipi de mono	Chorrillos	93,70	0,00	233,89	97,44	53 344	1 016,33	76,44	47,10	64,03	9,23
				93,79	0,00	217,50	89,16	49 372	990,97	78,80	47,15	64,33	9,07
				93,79					979,69	65,98	46,71	63,45	9,95
330	<i>annuum</i>	Ají Cerezo Redondo	Chiclayo	94,02	0,00	121,76	49,30	27 541	818,84	51,38	39,75	48,80	20,64
				93,72	0,00	124,50	51,48	28 333	808,43	53,32	39,28	47,30	22,25
				94,29					775,32	55,23	36,62	46,46	24,12
334	<i>annuum</i>	Quebrada verde	Lurin	93,75	31,66	376,21	144,97	86 855	981,22	88,71	47,13	59,56	11,07
				93,68	34,54	411,11	162,43	95 552	962,31	111,65	46,05	59,37	11,43
				93,18					941,60	97,92	46,34	60,95	10,39
251	<i>annuum</i>	Ají coreano	Korea	95,64	0,00	147,85	48,95	31 686	1 247,01	69,84	43,16	52,37	17,84
				95,67	0,00	148,91	43,12	30 918	1 277,61	62,41	43,25	52,52	17,58
				95,17					1 191,10	66,71	43,55	52,59	17,34
5	<i>baccatum</i>	Cacho de cabra	Chiclayo	93,22	0,00	48,02	34,95	13 358	746,55	58,03	45,76	56,86	12,44
				93,18	0,00	46,21	34,71	13 028	742,86	59,99	45,72	56,71	12,62
				93,14					737,37	60,58	43,17	54,31	15,57
12	<i>baccatum</i>	Escabeche rojo	Chiclayo	91,60	0,00	57,67	50,89	17 478	672,67	53,96	44,32	61,75	10,26
				92,71	0,00	52,96	50,15	16 601	640,76	42,57	44,25	62,72	9,79
				93,83					630,33	51,03	40,70	62,18	10,44
33	<i>baccatum</i>	Yuri 3	Yurimaguas	92,25	14,17	162,25	150,46	51 663	1 004,38	40,62	43,41	52,76	15,83
				92,16	14,17	166,78	156,98	53 444	978,26	44,82	41,02	54,03	15,58
				91,88					917,88	48,86	42,22	53,40	15,71
42	<i>baccatum</i>	Chico	Huanuco	88,68	31,92	137,65	228,33	61 892	1 253,55	81,42	32,54	64,79	9,08
				88,74	30,72	141,59	234,90	63 472	1 260,55	73,90	33,43	65,76	8,42
				88,31					1 260,03	69,35	31,64	63,81	9,80
72	<i>baccatum</i>	Cacho de cabra amarillo	Viru	94,76	0,00	126,67	81,16	33 462	665,77	31,38	38,78	74,90	4,60
				94,22	0,00	139,21	85,90	36 242	700,87	36,77	37,32	74,89	4,64
				95,15					725,45	35,63	37,87	74,69	4,93
118	<i>baccatum</i>	Ayuyo verde	Tarapoto	93,01	8,80	126,98	59,45	30 834	962,23	67,26	47,78	69,58	7,40
				93,11	7,62	123,57	59,68	30 211	967,48	53,37	45,42	69,39	7,71
				92,83					995,79	59,54	42,63	70,58	7,30
120	<i>baccatum</i>	Ayuyo verde	Tarapoto	93,58	0,00	144,34	55,14	32 116	1 078,76	58,76	40,58	59,63	11,72
				93,27	0,00	141,53	56,26	31 844	1 015,23	54,55	38,98	60,65	11,64

				93,14					1 015,36	67,20	38,66	61,76	10,98
126	<i>baccatum</i>	Ají ayuyo	Lamas	94,62	0,00	234,02	74,72	49 707	1 108,20	64,45	36,44	47,62	20,22
				94,19	0,00	234,10	71,47	49 197	1 073,86	80,72	32,92	46,89	22,95
				94,13					1 079,93	73,96	30,49	48,09	22,68
134	<i>baccatum</i>	Ayuyo	Lamas	92,55	0,00	154,54	51,14	33 114	966,85	72,47	42,50	49,36	21,14
				92,92	0,00	160,89	50,30	34 001	975,37	77,75	42,20	49,18	21,63
				91,52					980,30	67,21	40,31	50,48	20,68
129	<i>baccatum</i>	Challuaruro	Lamas	93,32	2,12	340,00	112,43	73 038	1 066,54	73,19	31,02	58,18	12,67
				94,20	2,00	331,16	109,51	71 133	1 056,79	80,77	30,08	57,01	14,47
				93,76					1 084,00	66,15	30,55	57,60	13,52
157	<i>baccatum</i>	Challuaruro Yurimaguas	Yurimaguas	92,04	0,00	85,91	128,65	34 545	1 084,13	63,85	34,22	46,43	23,46
				92,70	0,00	79,78	123,24	32 686	1 085,83	57,61	32,96	47,10	22,75
				91,40					1 073,08	50,63	35,47	45,76	24,14
165	<i>baccatum</i>	Ayuyo blanco	Yurimaguas	93,52	27,30	139,75	181,32	54 231	950,25	53,08	29,09	70,24	6,96
				94,07	29,37	141,08	181,74	54 706	968,90	63,61	28,49	72,53	6,03
				94,30					982,31	55,84	28,02	72,57	6,09
286	<i>baccatum</i>	Ají morado	Bagua Chica	92,84	0,00	338,52	88,42	68 738	1 246,62	73,72	42,61	54,89	15,09
				92,36	0,00	335,46	87,72	68 132	1 261,75	71,24	42,70	54,96	15,03
				92,43					1 332,94	76,80	39,72	54,17	17,20
296	<i>baccatum</i>	Ají tipo challuaruro	Bagua Chica	92,26	0,00	129,19	55,09	29 669	1 124,32	63,66	32,75	54,10	17,32
				93,30	0,00	138,15	63,10	32 401	1 092,38	64,49	33,19	54,19	16,87
				92,79					1 039,10	57,88	32,30	54,01	17,79
300	<i>baccatum</i>	Ají verde	Bagua Chica	94,36	9,58	324,79	141,53	75 968	1 227,97	85,81	39,60	56,21	12,73
				93,47	8,72	295,56	128,79	69 131	1 215,15	81,62	35,94	58,00	12,74
				93,92					1 223,47	78,36	36,15	56,84	13,49
301	<i>baccatum</i>	Ají verde	Jaen	94,74	0,00	250,33	92,64	55 219	1 068,69	66,47	43,54	50,47	17,61
				94,13	0,00	271,67	105,83	60 777	1 057,37	71,33	39,06	50,04	19,40
				93,92					1 051,28	69,89	38,09	50,98	18,92
309	<i>baccatum</i>	Ají cerezo	Jaen	92,95	0,00	242,48	91,94	53 841	1 035,74	72,93	40,27	58,16	11,53
				92,44	0,00	231,80	84,91	50 991	1 056,54	73,17	38,31	57,34	12,87
				92,94					1 018,34	71,31	36,85	57,71	12,96
318	<i>baccatum</i>	Limo	Chachapoyas	90,21	0,00	0,00	0,00	0	667,59	45,06	39,98	74,47	4,62
				90,06	0,00	0,00	0,00	0	657,40	42,98	36,94	73,79	5,28
				89,89					658,06	41,29	35,32	73,52	5,62
323	<i>baccatum</i>		Chiclayo	90,19	6,22	105,18	36,20	23 341	846,10	49,83	41,58	52,05	15,47

		Ají Verde – Rojo		91,04	7,09	111,80	39,36	24 996	834,62	50,65	39,63	51,42	16,39
				89,35					815,91	48,95	40,60	51,66	16,01
329	<i>baccatum</i>	Ají Inguiri	Chiclayo	91,05	0,00	120,94	32,09	24 638	739,88	35,02	44,47	54,64	13,29
				90,88	0,00	123,48	37,62	25 938	729,87	35,80	41,83	53,71	14,94
				91,82					716,60	35,35	41,17	53,70	15,27
338	<i>baccatum</i>	Ají limo	Puerto Maldonado	90,37	0,00	214,19	114,85	52 976	1 204,22	61,52	29,53	47,36	21,29
				91,57	0,00	228,68	111,63	54 791	1 210,49	76,40	28,71	51,01	18,68
				89,46					1 242,21	81,38	29,03	49,60	19,06
6	<i>chinense</i>	Limo Paringo	Chiclayo	93,68	0,00	310,45	103,34	66 620	1 183,44	56,42	46,99	54,21	13,89
				91,39	0,00	312,98	104,66	67 240	1 167,04	66,08	46,47	53,62	14,89
				92,53					1 141,83	63,73	44,94	54,24	14,40
7	<i>chinense</i>	Limo Rojiblanco	Chiclayo	95,26	0,00	106,54	20,07	20 384	1 096,77	67,75	39,25	63,80	9,06
				95,28	0,00	121,87	24,08	23 498	1 118,66	66,41	35,42	61,94	11,65
				95,24					1 145,75	58,37	34,83	62,70	11,31
9	<i>chinense</i>	Limo Morado	Trujillo	92,15	0,00	387,22	150,42	86 560	1 526,86	163,21	42,12	53,39	15,13
				91,70	0,00	413,76	165,51	93 263	1 505,30	169,26	40,34	52,26	17,35
				92,12					1 490,00	174,55	41,06	54,19	15,32
73	<i>chinense</i>	Ají Miscucho	Viru	93,25	0,00	277,87	62,92	54 867	1 355,02	136,96	39,38	73,00	5,36
				92,78	0,00	291,11	60,48	56 605	1 264,34	134,72	35,78	71,72	6,35
				92,48					1 177,27	122,85	34,65	72,59	6,15
77	<i>chinense</i>	Ají Miscucho	Viru	93,02	0,00	94,32	18,70	18 196	1 056,45	78,30	35,74	73,51	5,41
				92,32	0,00	90,93	21,18	18 049	1 043,25	78,02	33,13	73,32	5,87
				92,46					1 030,08	72,06	30,74	71,64	7,02
81	<i>chinense</i>	Ají Miscucho	Viru	92,80	0,00	147,73	36,26	29 623	1 348,60	94,51	29,19	71,20	6,78
				93,84	0,00	156,89	34,65	30 837	1 430,38	91,72	26,65	71,42	7,45
				93,32					1 428,56	78,13	26,62	71,34	7,42
86	<i>chinense</i>	Ají Miscucho	Trujillo	93,63	0,00	231,68	72,70	49 005	1 459,26	139,62	25,99	64,31	10,95
				94,45	0,00	225,90	65,55	46 923	1 296,87	113,68	25,31	65,56	10,27
				93,77					1 169,72	112,91	25,28	65,00	10,82
108	<i>chinense</i>	Pucunucho	Tarapoto	93,28	0,00	219,02	111,56	53 223	1 406,80	87,00	40,16	74,97	4,76
				94,07	0,00	208,55	107,04	50 810	1 437,55	84,97	39,65	74,49	5,10
				94,86					1 408,49	80,15	38,90	74,44	5,17
113	<i>chinense</i>	Pucunucho alargado	Tarapoto	94,15	0,00	238,51	146,39	61 969	1 223,80	84,88	35,22	73,32	5,86
				93,92	0,00	245,77	140,51	62 190	1 237,44	85,90	33,31	73,35	6,16
				94,38					1 237,06	90,61	31,17	71,90	7,43

114	chinense	Charapita redondo	Tarapoto	92,97	0,00	523,80	131,49	105 501	1 239,40	62,20	38,51	72,93	5,23
				93,11	0,00	489,72	121,01	98 328	1 253,21	71,31	35,65	72,05	6,02
				92,81					1 252,82	70,20	36,00	72,26	5,79
116	chinense	Ají dulce amarillo	Tarapoto	89,39	0,00	175,80	91,13	42 976	819,27	43,19	31,09	43,60	27,00
				89,64	0,00	199,06	109,88	49 739	840,01	39,49	31,27	39,83	31,57
				89,94					857,05	46,85	31,18	41,72	29,19
123	chinense	Pucunucho curveado	Tarapoto	94,77	0,00	512,59	407,22	148 089	1 356,66	162,01	34,76	71,38	6,46
				94,54	0,00	518,03	393,35	146 732	1 443,74	181,88	33,22	71,87	6,24
				94,99					1 488,73	175,57	33,04	69,44	7,52
128	chinense	Pucunucho	Lamas	92,42	10,02	1 717,13	511,44	359 731	2 201,49	163,36	42,71	72,87	6,42
				92,32	12,46	1 763,91	540,24	372 127	2 251,69	150,70	42,02	72,84	6,48
				93,22					2 273,31	139,91	42,35	75,15	5,41
132	chinense	Ají picante Lamas	Lamas	91,27	0,00	82,68	48,98	21 197	699,63	28,80	24,99	59,39	14,66
				91,32	0,00	74,58	49,31	19 945	689,77	27,75	22,19	58,97	15,72
				91,22					698,09	26,58	21,10	58,59	16,92
136	chinense	Ají Bomboucho	Lamas	92,00	0,00	0,00	0,00	0	967,62	46,62	32,01	57,60	14,91
				91,83	0,00	0,00	0,00	0	929,43	51,48	33,32	57,01	14,92
				91,67					891,23	48,12	30,70	58,19	14,88
140	chinense	Warmiucho	Lamas	91,52	0,00	0,00	0,00	0	979,48	71,20	33,08	65,00	8,48
				91,43	0,00	0,00	0,00	0	1 005,94	78,50	32,39	65,01	8,81
				92,48					1 026,99	74,75	31,58	63,16	9,87
153	chinense	Ají dulce	Yurimaguas	92,81	0,00	0,00	0,00	0	888,51	88,19	36,63	47,65	20,33
				92,37	0,00	0,00	0,00	0	899,18	105,58	34,89	49,36	19,52
				91,93					907,99	93,52	34,33	48,82	19,77
155	chinense	Pucunucho Yurimaguas	Yurimaguas	92,64	0,00	750,55	326,60	173 421	1 829,79	92,53	40,19	73,61	5,75
				93,46	0,00	763,09	335,26	176 835	1 869,31	108,44	36,79	73,66	6,13
				93,66					1 873,33	104,09	37,46	73,54	6,09
163	chinense	Ají dulce amarillo	Yurimaguas	90,92	0,00	0,00	0,00	0	874,72	38,10	35,17	71,89	6,29
				91,05	0,00	0,00	0,00	0	825,42	42,12	30,82	71,79	6,92
				90,79					785,31	46,02	30,57	71,78	7,07
164	chinense	Charapita	Yurimaguas	94,01	0,00	869,89	251,22	180 498	1 244,48	76,01	46,30	75,12	5,02
				93,87	0,00	897,95	259,82	186 401	1 253,06	84,63	44,98	74,65	5,26
				93,74					1 261,64	79,10	44,51	74,05	5,52
167	chinense	Ají dulce	Yurimaguas	91,43	0,00	0,00	0,00	0	913,25	51,21	37,28	48,41	19,97
				91,63	0,00	0,00	0,00	0	899,12	46,18	35,72	46,64	22,25



				91,82					872,21	48,75	35,88	47,50	21,51
168	chinense	Ayuyo amarillo	Yurimaguas	93,13	0,00	657,79	135,83	127 773	1 171,61	99,65	37,74	76,84	4,00
				93,35	0,00	641,02	122,36	122 903	1 180,79	94,27	36,60	76,91	4,03
				93,35					1 133,34	94,56	36,03	77,40	3,93
171	chinense	Ají dulce	Yurimaguas	92,18	0,00	0,00	0,00	0	1 189,08	52,65	39,23	56,68	13,70
				92,28	0,00	0,00	0,00	0	1 226,01	62,94	39,58	56,78	13,55
				92,38					1 214,34	65,93	36,08	56,34	15,00
175	chinense	Pucunucho	Moyobamba	94,15	0,00	758,63	537,17	208 624	1 562,83	112,27	47,77	73,81	5,27
				94,69	0,00	735,56	523,54	202 715	1 581,36	119,27	46,26	73,47	5,54
				94,31					1 613,96	121,10	43,15	73,16	5,97
182	chinense	Miskyucho	Moyobamba	94,96	20,10	994,26	507,53	243 657	1 884,30	129,28	32,85	61,13	12,39
				95,32	20,11	1 025,99	505,57	248 452	1 817,04	128,73	33,13	60,78	12,50
				94,60					1 810,87	128,23	32,56	61,47	12,28
185	chinense	Ají dulce	Rioja	92,30	0,00	0,00	0,00	0	799,00	29,11	33,31	49,87	18,93
				92,42	0,00	0,00	0,00	0	787,02	28,23	31,55	50,46	19,12
				92,26					769,67	27,21	31,61	49,74	19,59
187	chinense	Motelito de Rioja	Rioja	95,59	0,00	87,47	36,63	19 979	1 067,89	60,48	33,50	49,70	21,52
				95,58	0,00	86,94	36,23	19 830	1 041,13	59,05	33,22	51,19	19,87
				95,58					1 017,82	53,56	34,50	53,09	17,65
192	chinense	Ají Leymer	Rioja	92,29	0,00	5,07	1,23	1 014	869,11	73,26	36,98	45,41	24,04
				92,85	0,00	5,13	1,24	1 025	849,07	90,84	32,52	43,51	27,96
				91,93					834,35	96,27	32,30	43,31	28,29
194	chinense	Ají tipo pucunucho	Lamas	92,59	0,00	454,09	195,54	104 591	1 362,75	67,00	39,82	70,63	6,45
				91,72	0,00	459,76	203,81	106 835	1 335,97	63,43	39,53	70,84	6,34
				92,61					1 294,84	70,77	35,58	70,70	7,01
195	chinense	Ají tipo pucunucho	Lamas	91,95	0,00	126,71	31,00	25 391	878,54	56,22	44,40	48,85	18,22
				91,19	0,00	131,99	32,29	26 449	909,74	56,05	43,86	48,96	18,43
				91,57					917,40	55,81	37,48	50,45	19,01
203	chinense	Ají bola	Piura	89,71	0,00	115,06	34,60	24 096	978,76	53,67	29,53	67,82	8,21
				88,68	0,00	117,76	37,09	24 930	982,34	53,16	26,56	68,69	8,29
				89,19					978,59	49,44	27,30	69,93	7,69
213	chinense	Limo	Tumbes	92,72	0,00	232,39	69,41	48 590	1 023,44	67,45	44,84	78,87	3,30
				92,75	0,00	240,45	73,22	50 502	1 088,36	65,36	45,72	78,86	3,24
				92,54					1 149,80	58,06	43,95	78,87	3,37
215	chinense	Limo	Tumbes	94,75	0,00	206,40	53,53	41 849	1 239,42	60,38	45,98	55,31	14,57

				94,61	0,00	202,71	56,61	41 750	1 240,29	57,54	44,94	55,29	14,89
				94,85					1 232,53	52,78	40,76	54,52	16,25
216	chinense	Limo	Tumbes	94,70	0,00	276,76	87,77	58 689	1 136,65	109,18	48,87	51,20	17,92
				94,39	0,00	268,30	84,45	56 792	1 104,80	121,38	46,14	50,90	19,71
				93,96					1 078,14	127,79	45,32	50,55	20,15
217	chinense	Limo	Tumbes	93,20	0,00	101,65	46,81	23 902	1 064,91	65,27	45,11	55,26	14,03
				93,87	0,00	94,47	51,56	23 511	1 020,35	59,03	43,56	55,17	14,53
				93,48					968,64	51,11	43,68	54,77	14,93
222	chinense	Limo	Tumbes	93,06	0,00	149,57	38,08	30 211	1 226,22	51,41	39,25	75,20	4,65
				92,78	0,00	145,08	36,59	29 249	1 216,74	64,00	39,38	75,31	4,61
				92,45					1 198,30	63,13	39,35	75,44	4,60
226	chinense	Limo	Tumbes	93,82	0,00	35,91	6,92	6 895	1 230,13	74,06	40,79	55,14	15,58
				93,59	0,00	30,01	6,96	5 951	1 139,38	64,66	38,21	56,22	15,75
				93,43					1 083,82	60,45	38,29	56,64	15,40
230	chinense	Limo	Tumbes	90,30	0,00	241,50	92,17	53 721	1 347,12	89,19	45,59	75,25	4,27
				90,01	0,00	263,05	79,41	55 137	1 389,17	88,92	42,41	75,96	4,26
				89,46					1 344,94	86,79	42,71	75,16	4,67
237	chinense	Charapa A	Pucallpa	93,77	0,00	140,55	82,42	35 899	1 005,24	44,69	38,53	74,00	5,81
				93,56	0,00	135,60	85,92	35 665	1 027,30	47,68	37,80	73,81	5,97
				93,98					1 059,78	51,09	37,89	74,94	5,42
241	chinense	Cerezo rojo	Pucallpa	94,16	0,00	282,00	125,66	65 633	1 378,17	80,08	33,22	63,82	10,43
				94,15	0,00	260,97	133,38	63 490	1 455,71	79,17	31,02	64,87	10,98
				94,15					1 550,85	76,13	31,11	65,13	10,81
246	chinense	Charapon rojo	Pucallpa	94,39	0,00	206,10	139,90	55 705	1 436,07	75,03	40,62	63,37	11,12
				94,50	0,00	209,34	152,00	58 176	1 484,60	88,40	40,81	63,55	10,96
				94,45					1 434,49	92,86	40,43	63,18	11,29
248	chinense	Ají rojo	Arequipa	93,87	0,00	21,83	9,66	5 071	1 160,79	57,87	23,16	77,48	5,01
				93,02	0,00	18,63	11,23	4 808	1 160,31	59,73	20,90	78,04	5,16
				93,11					1 177,20	61,45	20,90	77,92	5,21
252	chinense	Panca	Barranca	91,47	0,00	77,19	41,43	19 097	1 060,55	53,43	27,50	70,82	8,96
				91,15	0,00	87,46	46,30	21 535	1 095,11	57,60	27,29	71,19	8,81
				91,80					1 111,90	45,81	27,87	70,32	9,57
315	chinense	Limo	Chachapoyas	93,58	0,00	248,86	60,76	49 848	1 338,20	142,62	44,05	49,80	17,86
				92,45	0,00	240,56	54,93	47 573	1 318,28	141,37	44,39	51,30	16,38
				93,01					1 292,92	141,48	43,03	50,22	17,42

316	chinense	Limo	Chachapoyas	91,22	0,00	102,57	34,31	22 039	1 286,97	86,57	43,82	71,72	5,83
				91,49	0,00	102,45	32,26	21 689	1 360,20	91,66	41,33	71,38	6,01
				91,35					1 358,15	87,35	41,93	75,12	4,66
317	chinense	Limo	Chachapoyas	91,34	0,00	311,97	91,34	64 933	1 168,36	72,95	44,32	49,10	17,68
				91,60	0,00	281,10	81,01	58 299	1 242,54	71,15	43,50	48,12	19,04
				91,87					1 269,86	72,16	40,20	48,08	20,60
322	chinense	Ají Limo	Chiclayo	89,09	0,00	124,57	27,19	24 434	1 119,80	66,21	38,39	74,95	4,69
				89,17	0,00	131,89	27,93	25 731	1 146,43	70,34	37,54	73,68	5,33
				89,13					1 145,39	66,90	37,97	74,32	5,00
325	chinense	Ají Limo	Chiclayo	90,74	0,00	55,57	17,57	11 775	1 166,29	90,99	44,51	54,81	13,69
				90,99	0,00	57,40	18,23	12 176	1 088,20	111,52	36,28	54,31	16,39
				89,28					1 011,71	97,66	35,53	54,70	16,29
339	chinense	Ají dulce picante	Puerto Maldonado	92,77	6,64	341,67	193,65	86 804	1 269,29	71,90	37,99	45,81	23,25
				92,85	6,01	356,36	203,19	90 645	1 335,26	71,74	38,03	45,76	23,31
				92,70					1 323,83	70,57	37,95	45,85	23,19
340	chinense	Ají dulce	Puerto Maldonado	92,42	0,00	100,19	59,51	25 713	797,62	40,21	37,23	51,82	16,23
				91,50	0,00	104,35	65,57	27 357	831,38	37,65	35,04	53,58	15,95
				91,96					836,39	34,05	34,68	53,58	16,12
344	chinense	Rocotito	Pucallpa	89,51	0,00	2,88	0,15	487	1 401,99	85,81	36,41	56,02	13,79
				89,04	0,00	2,99	0,15	507	1 386,87	76,80	34,18	53,22	16,71
				88,57					1 399,48	76,70	36,34	55,11	14,49
345	chinense	Upia ucho	Pucallpa	91,71	0,00	586,08	225,87	130 725	1 526,41	80,96	43,50	55,72	13,22
				91,67	0,00	570,38	227,24	128 416	1 578,53	97,49	42,44	52,48	16,10
				91,84					1 594,73	82,66	42,30	53,29	15,79
351	chinense	Limo	Trujillo	91,47	0,00	146,96	49,93	31 699	1 130,78	125,12	30,35	72,94	5,48
				90,84	0,00	138,36	46,15	29 706	1 128,09	105,79	30,30	71,61	6,32
				91,46					1 112,93	103,34	30,04	70,58	6,85
352	chinense	Limo	Trujillo	92,48	0,00	186,37	47,36	37 631	1 035,14	88,72	34,87	70,97	5,95
				92,34	0,00	184,60	52,94	38 244	1 041,35	97,77	31,60	71,58	6,32
				91,88					1 058,19	80,01	32,29	70,56	6,68
353	chinense	Limo	Trujillo	91,51	0,00	102,63	55,25	25 420	992,89	56,85	42,50	67,19	7,68
				92,47	0,00	105,09	57,80	26 224	1 041,61	53,65	39,82	65,84	8,65
				91,48					1 027,62	57,25	39,41	66,20	8,49
354	chinense	Limo	Trujillo	92,70	0,00	267,24	106,33	60 145	1 151,07	70,13	44,07	52,78	15,12
				92,42	0,00	270,63	116,96	62 403	1 229,83	73,56	43,61	52,03	16,06

				92,98					1 280,03	72,80	44,22	52,67	15,88
358	<i>chinense</i>	Panca	Trujillo	92,51	0,00	91,39	38,74	20 951	696,50	70,57	29,21	57,88	17,76
				93,32	0,00	84,32	38,59	19 789	694,30	78,41	30,28	58,57	16,46
				92,37					694,20	82,39	28,46	59,32	16,49
365	<i>chinense</i>	Arnaucho	Pativilca	93,60	0,00	286,71	78,94	58 869	1 436,58	88,80	47,96	49,36	18,36
				92,72	0,00	291,29	75,62	59 072	1 451,61	93,11	47,77	48,80	18,28
				92,75					1 431,21	84,02	46,73	49,83	18,35
367	<i>chinense</i>	Arnaucho	Pativilca	91,73	0,00	201,78	66,45	43 185	1 165,49	77,72	40,06	54,32	14,48
				92,31	0,00	180,09	58,89	38 477	1 166,28	76,88	39,10	51,78	16,87
				92,89					1 161,54	77,65	38,47	52,95	16,41
368	<i>chinense</i>	Arnaucho	Pativilca	92,18	0,00	421,76	172,59	95 691	1 481,75	132,07	40,92	44,36	24,32
				92,33	0,00	438,23	170,61	98 023	1 437,18	158,34	39,86	45,82	23,60
				92,19					1 424,60	158,57	39,09	44,23	26,28
370	<i>chinense</i>	Arnaucho	Pativilca	91,37	0,00	119,67	137,67	41 432	1 032,76	46,45	37,76	53,55	16,81
				91,26	0,00	106,91	120,13	36 553	1 043,60	57,53	38,81	54,78	15,46
				91,08					1 022,12	50,57	36,70	52,32	18,34
124	<i>frutescens</i>	Malaguete	Tarapoto	93,63	74,77	720,11	419,18	190 380	1 348,54	99,53	46,80	53,51	15,98
				93,75	70,26	669,90	393,17	177 689	1 402,00	107,95	44,64	54,29	15,78
				93,51					1 513,96	91,60	41,88	52,39	17,98
139	<i>frutescens</i>	Malaguete	Lamas	93,75	23,38	535,69	307,28	137 893	1 488,57	114,48	38,08	57,23	13,00
				94,70	23,60	514,60	287,24	131 291	1 557,01	110,34	35,32	55,45	14,98
				94,24					1 621,89	100,67	35,40	55,32	15,52
142	<i>frutescens</i>	Malaguete	Lamas	94,41	55,77	529,10	295,80	137 995	1 161,29	149,68	53,09	58,42	11,81
				94,60	52,86	537,97	321,78	143 335	1 173,63	153,24	50,84	57,26	13,16
				94,94					1 142,21	144,41	45,61	57,20	14,18
343	<i>frutescens</i>	Pucunucho rojo	Pucallpa	92,02	6,64	811,58	295,05	178 786	1 487,02	78,92	48,82	61,72	10,29
				92,84	5,73	799,59	289,73	175 913	1 536,38	95,58	44,67	59,95	12,49
				92,97					1 550,52	99,67	44,50	61,17	11,65

**Anexo 5: Análisis de varianza y comparación de medias para materia seca, por especie de Capsicum**

**Materia seca en *Capsicum annuum***

**Tabla ANOVA para Materia seca en *C. annuum***

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	23,3116	13	1,7932	10,98	0,0000
Intra grupos	4,573	28	0,163321		
Total (Corr.)	27,8846	41			

**Comparación de medias Duncan**

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f
102	92.48333	****					
91	92.60000	****					
99	93.03333	****	****				
3	93.38667		****	****			
107	93.53333		****	****	****		
334	93.53667		****	****	****		
273	93.76000		****	****	****	****	
4	93.95667			****	****	****	
330	94.01000			****	****	****	
234	94.13667			****	****	****	
57	94.14000			****	****	****	
101	94.23000				****	****	
233	94.40333					****	
251	95.49333						****

**Materia seca en *Capsicum baccatum***

**Tabla ANOVA para Base seca por *C. Baccatum***

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	154,191	20	7,70957	27,38	0,0000
Intra grupos	11,8258	42	0,281567		
Total (Corr.)	166,017	62			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
42	88.57667	****									
318	90.05333		****								
323	90.19333		****								
338	90.46667		****	****							
329	91.25000			****	****						
157	92.04667				****	****					
33	92.09667				****	****					
134	92.33000					****	****				
286	92.54333					****	****				
12	92.71333					****	****				
309	92.77667					****	****	****			
296	92.78333					****	****	****			
118	92.98333					****	****	****	****		
5	93.18000						****	****	****		
120	93.33000						****	****	****	****	
129	93.76000							****	****	****	****
300	93.91667								****	****	****
165	93.96333								****	****	****
301	94.26333									****	****
126	94.31333									****	****
72	94.71000										****

### Materia seca en *Capsicum frutescens*

#### Tabla ANOVA para Mat seca por accesión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7,0524	3	2,3508	16,28	0,0009
Intra grupos	1,155	8	0,144375		
Total (Corr.)	8,2074	11			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c
343	92.61000	****		
124	93.63000		****	
139	94.23000		****	****
142	94.65000			****







**Anexo 6: Análisis de varianza y comparación de medias para concentración de capsaicinoides por especie de Capsicum**

**Contenido de Nordihidrocapsaicina (NDH) en *Capsicum Annuum***

**Tabla ANOVA para NDH por accesión**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	932,974	2	466,487	14,86	0,0278
Intra grupos	94,2067	3	31,4022		
Total (Corr.)	1027,18	5			

**Comparación de medias Duncan**

Accesión	Media	a	b
99	2,935	****	
57	13,86	****	
334	33,1		****

**Contenido de Nordihidrocapsaicina (NDH) en *Capsicum baccatum***

**Tabla ANOVA para NDH por accesión**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1517,09	6	252,849	410,27	0,0000
Intra grupos	4,3141	7	0,6163		
Total (Corr.)	1521,41	13			

**Comparación de medias Duncan**

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f
129	2,06	****					
323	6,655		****				
118	8,21		****	****			
300	9,15			****			
33	14,17				****		
165	28,335					****	
42	31,32						****

**Contenido de Nordihidrocapsaicina (NDH) en *Capsicum frutescens***

**Tabla ANOVA para NDH por accesión**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	5350,25	3	1783,42	480,63	0,0000
Intra grupos	14,8423	4	3,71059		
Total (Corr.)	5365,09	7			

**Comparación de medias Duncan**

Accesión	Media	a	b	c	d
343	6.18500	****			
139	23.49000		****		
142	54.31500			****	
124	72.51500				****

## Contenido de Nordihidrocapsaicina (NDH) en *Capsicum Chinense*

**Tabla ANOVA para NDH por accesión**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	195,089	2	97,5446	92,16	0,0020
Intra grupos	3,1753	3	1,05843		
Total (Corr.)	198,265	5			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c
339	6.325	****		
128	20.105		****	
182	11.24			****

## Contenido de Capsaicina (CPS) en *Capsicum Annuum*

**Tabla ANOVA para CPS por accesión**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	247994.	13	19076,5	147,83	0,0000
Intra grupos	1806,6	14	129,043		
Total (Corr.)	249801.	27			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f	g	h	i
101	18.5050	****								
91	42.7850	****								
99	83.3800		****							
107	109.7750			****						
330	123.1300			****	****					
57	128.3900			****	****					
3	144.8950				****	****				
251	148.3800				****	****				
102	159.3500					****	****			
233	175.1800						****			
234	220.5550							****		
273	225.6950							****		
4	287.8450								****	
334	393.6600									****

## Contenido de Capsaicina (CPS) en *Capsicum baccatum*

**Tabla ANOVA para CPS por accesión**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	286823.	19	15096,0	278,29	0,0000
Intra grupos	1084,92	20	54,2458		
Total (Corr.)	287908.	39			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
5	47.115	***												
12	55.315	***												
157	82.845		***											
323	108.490			***										
329	122.210			***	***									
118	125.275				***	***								
72	132.940				***	***	***							
296	133.670				***	***	***							
42	139.620					***	***							
165	140.415					***	***							
120	142.935						***	***						
134	157.715							***	***					
33	164.515								***					
338	221.435									***				
126	234.060									***	***			
309	237.140										***			
301	261.000											***		
300	310.175												***	
129	335.580													***
286	336.990													***

### Contenido de Capsaicina (CPS) en *Capsicum frutescens*

Tabla ANOVA para CPS por accesión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	109941.	3	36646,9	91,95	0,0004
Intra grupos	1594,13	4	398,534		
Total (Corr.)	111535.	7			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c
139	525.1450	****		
142	533.5350	****		
124	695.0050		****	
343	805.5850			****





## Contenido de Dihidrocapsaicina (DHC) en *Capsicum Annuum*

Tabla ANOVA para DHC por accesión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	33462,7	13	2574,06	126,62	0,0000
Intra grupos	284,602	14	20,3287		
Total (Corr.)	33747,4	27			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f	g	h
101	19.2000	****							
251	46.0350		****						
234	50.1800		****	****					
330	50.3900		****	****					
99	59.6000			****	****				
91	63.1000				****				
102	67.2700				****	****			
233	67.4900				****	****			
3	74.2150					****			
107	74.3950					****			
4	89.2950						****		
273	93.3000						****		
57	140.7900							****	
334	153.7000								****

## Contenido de Dihidrocapsaicina (DHC) en *Capsicum baccatum*

Tabla ANOVA para DHC por accesión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	103932.	19	5470,09	331,23	0,0000
Intra grupos	330,292	20	16,5146		
Total (Corr.)	104262.	39			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
5	34.8300	****										
329	34.8550	****										
323	37.7800	****										
12	50.5200		****									
134	50.7200		****									
120	55.7000		****									
296	59.0950		****									
118	59.5650		****									
126	73.0950			****								
72	83.5300				****							
286	88.0700				****							
309	88.4250				****							
301	99.2350					****						
129	110.9700						****					
338	113.2400						****					
157	125.9450							****				
300	135.1600								****			
33	153.7200									****		
165	181.5300										****	
42	231.6150											****

## Contenido de Dihidrocapsaicina (DHC) en *Capsicum frutescens*

**Tabla ANOVA para DHC por accesión**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	17359,5	3	5786,49	25,99	0,0044
Intra grupos	890,692	4	222,673		
Total (Corr.)	18250,2	7			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b
343	292.3900	****	
139	297.2600	****	
142	308.7900	****	
124	406.1750		****







## Contenido de unidades Scoville (SHU) en *Capsicum Annuum*

Tabla ANOVA para SHU por accesión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,0999E10	13	8,46077E8	143,38	0,0000
Intra grupos	8,26104E7	14	5,90074E6		
Total (Corr.)	1,10816E10	27			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c	D	e	f	g	h	i	j	k
101	6070.74	****										
91	17048.22		****									
99	23293.14			****								
330	27937.10			****	****							
107	29650.97				****							
251	31301.63				****	****						
3	35277.29					****	****					
102	36485.91					****	****					
233	39070.58						****	****				
234	43589.38							****	****			
57	44626.51								****			
273	51358.01									****		
4	60718.99										****	
334	91203.27											****

## Contenido de unidades Scoville (SHU) en *Capsicum baccatum*

Tabla ANOVA para SHU por accesión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,26753E10	19	6,67118E8	214,47	0,0000
Intra grupos	6,22122E7	20	3,11061E6		
Total (Corr.)	1,27375E10	39			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
5	13193.36	****										
12	17039.72		****									
323	24168.21			****								
329	25287.97			****								
118	30522.51				****							
296	31034.96				****	****						
120	31980.32				****	****						
134	33557.61				****	****						
157	33615.14				****	****						
72	34852.05					****						
126	49452.29						****					
309	52415.96						****	****				
33	52553.49						****	****				
338	53883.51							****				
165	54468.26							****	****			
301	57998.10								****			
42	62681.56									****		
286	68434.76										****	
129	72085.56											****
300	72549.79											****

## Contenido de unidades Scoville (SHU) en *Capsicum frutescens*

**Tabla ANOVA para SHU por accesión**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	3,79045E9	3	1,26348E9	41,87	0,0018
Intra grupos	1,20711E8	4	3,01777E7		
Total (Corr.)	3,91116E9	7			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b
139	134592.0	****	
142	140665.1	****	
343	177349.3		****
124	184034.2		****





**Anexo 7: Análisis de varianza y comparación de medias para concentración de compuestos fenólicos totales por especie de Capsicum**

**Contenido de compuestos fenólicos (CFT) en *Capsicum annuum***

**Tabla ANOVA para CFT por accesión**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,9356E6	13	148892.	218,04	0,0000
Intra grupos	19119,8	28	682,852		
Total (Corr.)	1,95472E6	41			

**Comparación de medias Duncan**

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f	g
102	798.467	****						
330	800.863	****						
57	816.617	****	****					
91	849.727		****					
3	926.870			****				
4	935.123			****				
334	961.710			****	****			
233	985.953				****			
273	995.663				****			
107	1051.423					****		
234	1069.353					****		
99	1210.397						****	
251	1238.573						****	
101	1627.683							****

**Contenido de compuestos fenólicos (CFT) en *Capsicum baccatum***

**Tabla ANOVA para CFT por accesión**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2,3113E6	20	115565.	216,31	0,0000
Intra grupos	22438,7	42	534,255		
Total (Corr.)	2,33374E6	62			

**Comparación de medias Duncan**

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
12	647.920	****									
318	661.017	****	****								
72	697.363		****	****							
329	728.783			****	****						
5	742.260				****						
323	832.210					****					
33	966.840						****				
165	967.153						****				
134	974.173						****				
118	975.167						****				
120	1036.450							****			
309	1036.873							****			
301	1059.113							****	****		
129	1069.110							****	****		
157	1081.013								****		
296	1085.267								****		
126	1087.330								****		
338	1218.973									****	
300	1222.197									****	
42	1258.043									****	****
286	1280.437										****

**Contenido de compuestos fenólicos (CFT) en *Capsicum frutescens***

**Tabla ANOVA para CFT por accesión**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	292224.	3	97408,0	30,13	0,0001
Intra grupos	25865,5	8	3233,19		
Total (Corr.)	318089.	11			

**Comparación de medias Duncan**

Accesión	Media	a	b	c
142	1159.043	****		
124	1421.500		****	
343	1524.640		****	****
139	1555.823			****







**Anexo 8: Análisis de varianza y comparación de medias para actividad antioxidante por especie de Capsicum**

**Capacidad Antioxidante (TEAC) en *Capsicum annuum***

**Tabla ANOVA para TEAC por accesión**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	12437,0	13	956,69	26,78	0,0000
Intra grupos	1000,26	28	35,7235		
Total (Corr.)	13437,2	41			

**Comparación de medias Duncan**

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f	g
102	31.68667	****						
57	46.23667		****					
330	53.31000		****	****				
3	59.15333			****	****			
233	59.83333			****	****			
101	65.40667				****	****		
251	66.32000				****	****		
234	67.03667				****	****		
107	69.73667				****	****	****	
273	73.74000					****	****	
4	75.45333					****	****	
99	78.43667						****	
91	96.30333							****
334	99.42667							****

**Capacidad Antioxidante (TEAC) en *Capsicum baccatum***

**Tabla ANOVA para TEAC por accesión**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	11413,9	20	570,695	21,26	0,0000
Intra grupos	1127,25	42	26,8394		
Total (Corr.)	12541,2	62			

**Comparación de medias Duncan**

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f	g
72	34.59333	****						
329	35.39000	****						
318	43.11000	****	****					
33	44.76667		****					
12	49.18667		****	****				
323	49.81000		****	****				
157	57.36333			****	****			
165	57.51000			****	****			
5	59.53333				****			
118	60.05667				****	****		
120	60.17000				****			
296	62.01000				****	****		
301	69.23000					****	****	
309	72.47000						****	****
134	72.47667						****	****
126	73.04333						****	****
338	73.10000						****	****
129	73.37000						****	****
286	73.92000						****	****
42	74.89000						****	****
300	81.93000							****

## Capacidad Antioxidante (TEAC) en *Capsicum frutescens*

**Tabla ANOVA para TEAC por accesión**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	5896,6	3	1965,53	30,52	0,0001
Intra grupos	515,243	8	64,4054		
Total (Corr.)	6411,84	11			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c
343	91.3900	****		
124	99.6933	****	****	
139	108.4967		****	
142	149.1100			****





## Anexo 9: Análisis de varianza y comparación de medias para color por especie de Capsicum

### Coordenada de color “C\*” en *Capsicum annuum*

Tabla ANOVA para C por accesión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1840,93	13	141,61	36,62	0,0000
Intra grupos	108,265	28	3,86662		
Total (Corr.)	1949,2	41			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f	g	h
101	26.78000	****							
102	31.99333		****						
99	34.19333		****						
91	35.25333		****						
330	38.55000			****					
4	40.15333			****	****				
57	42.44667				****	****			
251	43.32000				****	****	****		
107	45.22333					****	****	****	****
334	46.50667						****	****	****
273	46.98667							****	****
234	47.20667							****	****
233	47.23667							****	****
3	49.69000								****

### Coordenada de color “C\*” en *Capsicum baccatum*

Tabla ANOVA para C por accesión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1570,97	20	78,5483	28,51	0,0000
Intra grupos	115,734	42	2,75558		
Total (Corr.)	1686,7	62			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f	g	h	i
165	28.53333	****								
338	29.09000	****								
129	30.55000	****	****							
42	32.53667		****	****						
296	32.74667		****	****						
126	33.28333		****	****						
157	34.21667			****						
300	37.23000				****					
318	37.41333				****					
72	37.99000				****	****				
309	38.47667				****	****				
120	39.40667				****	****	****			
301	40.23000				****	****	****	****		
323	40.60333					****	****	****		
134	41.67000						****	****		
286	41.67667						****	****		
33	42.21667						****	****	****	
329	42.49000						****	****	****	****
12	43.09000							****	****	****
5	44.88333								****	****
118	45.27667									****

### Coordenada de color "C\*" en *Capsicum frutescens*

Tabla ANOVA para C por accesión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	294.278	3	98,0926	13,41	0,0017
Intra grupos	58.5252	8	7,31565		
Total (Corr.)	352.803	11			

Accesión	Media	a	b	c
139	36.26667	****		
124	44.44000		****	
343	45.99667		****	****
142	49.84667			****







### Coordenada de color “h\*” en *Capsicum annuum*

Tabla ANOVA para h por accesión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1141,38	13	87,7981	119,09	0,0000
Intra grupos	20,6431	28	0,737255		
Total (Corr.)	1162,02	41			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f	g
101	46.18667	****						
330	47.52000	****						
233	50.11667		****					
91	50.39000		****					
99	51.05333		****					
251	52.49333			****				
234	52.71667			****				
3	53.02000			****				
57	55.50667				****			
4	56.08000				****			
102	59.31000					****		
334	59.96000					****		
107	62.25667						****	
273	63.93667							****

### Coordenada de color “h\*” en *Capsicum baccatum*

Tabla ANOVA para h por accesión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4472,15	20	223,608	333,95	0,0000
Intra grupos	28,1225	42	0,669584		
Total (Corr.)	4500,27	62			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
157	46.43000	****												
126	47.53333	****												
338	49.32333		****											
134	49.67333		****											
301	50.49667		****	****										
323	51.71000			****										
33	53.39667				****									
329	54.01667				****									
296	54.10000				****									
286	54.67333				****	****								
5	55.96000					****	****							
300	57.01667						****	****						
129	57.59667							****						
309	57.73667							****						
120	60.68000								****					
12	62.21667									****				
42	64.78667										****			
118	69.85000											****		
165	71.78000												****	
318	73.92667													****
72	74.82667													****

### Coordenada de color "h\*" en *Capsicum frutescens*

Tabla ANOVA para h por accesión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	89,858	3	29,9527	35,82	0,0001
Intra grupos	6,6892	8	0,83615		
Total (Corr.)	96,5472	11			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c
124	53.39667	****		
139	56.00000		****	
142	57.62667		****	
343	60.94667			****





## Índice de color (IC\*) en *Capsicum annum*

**Tabla ANOVA para IC por Annuum**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1059,36	13	81,4896	50,13	0,0000
Intra grupos	45,5129	28	1,62546		
Total (Corr.)	1104,88	41			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f	g
273	9.41667	****						
107	10.12667	****						
334	10.96333	****						
102	13.25667		****					
57	14.51667		****	****				
4	15.66000			****	****			
3	16.58667			****	****			
251	17.58667				****	****		
234	19.25667					****		
233	19.37667					****		
91	19.80000					****		
99	19.84333					****		
330	22.33667						****	
101	28.59000							****

### 8.1.1 Índice de color (IC\*) en *Capsicum baccatum*

**Tabla ANOVA para IC por accesión**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1776,81	20	88,8405	124,34	0,0000
Intra grupos	30,0091	42	0,714503		
Total (Corr.)	1806,82	62			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
72	4.72333	***													
318	5.17333	***	***												
165	6.36000		***	***											
118	7.47000			***											
42	9.10000				***										
12	10.16333				***	***									
120	11.44667					***	***								
309	12.45333						***	***							
300	12.98667							***							
5	13.54333							***	***						
129	13.55333							***	***						
329	14.50000								***	***					
33	15.70667									***					
286	15.77333									***					
323	15.95667									***	***				
296	17.32667									***	***				
301	18.64333										***	***			
338	19.67667											***			
134	21.15000													***	
126	21.95000													***	
157	23.45000														***

### Índice de color (IC\*) en *Capsicum frutescens*

Tabla ANOVA para IC por accesión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	42,4123	3	14,1374	9,61	0,0050
Intra grupos	11,7725	8	1,47156		
Total (Corr.)	54,1848	11			

### Comparación de medias Duncan

Accesión	Media	a	b	c
343	11.47667	****		
142	13.05000	****	****	
139	14.50000		****	****
124	16.58000			****









## Anexo 10: Análisis de componentes principales

### Estadísticos descriptivos

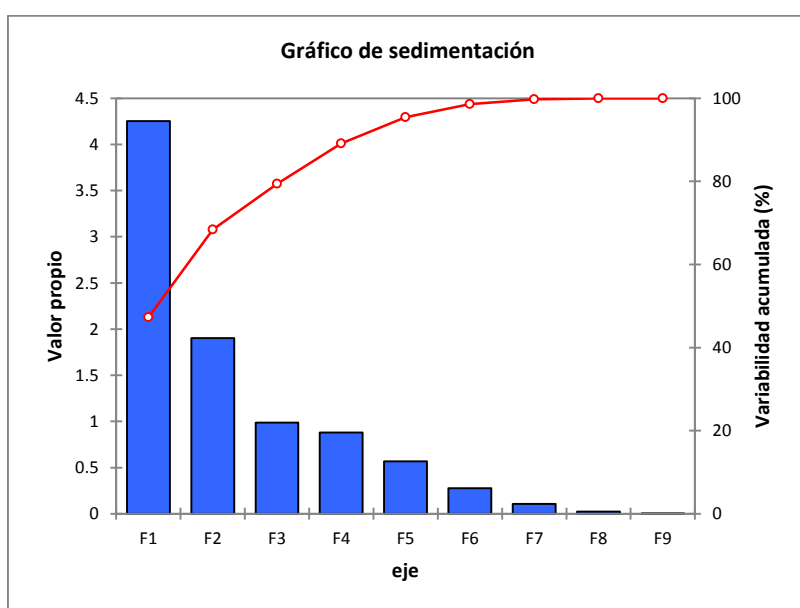
Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
NDH	100	0	100	0.000	72.513	3.189	10.784
CPS	100	0	100	0.000	1740.520	238.587	256.132
DHC	100	0	100	0.000	530.357	104.651	111.789
SHU	100	0	100	0.000	364884	55547	57899
CFT	100	0	100	647.920	2242.160	1135.886	275.205
TEAC	100	0	100	27.710	173.153	76.136	29.570
C*	100	0	100	21.653	49.847	38.052	6.143
h	100	0	100	41.717	78.867	59.901	9.873
IC*	100	0	100	3.303	29.253	13.277	6.120

### Matriz de correlaciones de Pearson

Variable	NDH	CPS	DHC	SHU	CFT	TEAC	C*	h	IC*
<b>s</b>									
<b>NDH</b>	<b>1</b>	0.265	0.462	0.349	0.129	0.224	0.144	-0.036	-0.014
<b>CPS</b>	0.265	<b>1</b>	<b>0.868</b>	<b>0.987</b>	<b>0.713</b>	<b>0.571</b>	0.275	0.218	-0.225
<b>DHC</b>	0.462	<b>0.868</b>	<b>1</b>	<b>0.937</b>	<b>0.653</b>	<b>0.551</b>	0.210	0.172	-0.184
<b>SHU</b>	0.349	<b>0.987</b>	<b>0.937</b>	<b>1</b>	<b>0.713</b>	<b>0.582</b>	0.263	0.208	-0.218
<b>CFT</b>	0.129	<b>0.713</b>	<b>0.653</b>	<b>0.713</b>	<b>1</b>	<b>0.652</b>	0.087	0.186	-0.166
<b>TEAC</b>	0.224	<b>0.571</b>	<b>0.551</b>	<b>0.582</b>	<b>0.652</b>	<b>1</b>	0.150	0.088	-0.095
<b>C*</b>	0.144	0.275	0.210	0.263	0.087	0.150	<b>1</b>	-0.138	0.011
<b>h</b>	-0.036	0.218	0.172	0.208	0.186	0.088	-0.138	<b>1</b>	<b>-0.966</b>
<b>IC*</b>	-0.014	-0.225	-0.184	-0.218	-0.166	-0.095	0.011	<b>-0.966</b>	<b>1</b>

## Contribuciones de las variables

	F1	F2	F3	F4	F5
NDH	3.774	3.082	32.525	46.431	6.327
CPS	20.689	0.307	0.177	1.025	10.742
DHC	19.870	0.900	0.388	2.280	7.518
SHU	21.704	0.518	0.000	0.018	9.882
CFT	15.138	0.107	15.297	0.712	2.037
TEAC	11.900	1.165	7.991	0.144	59.190
C*	1.761	4.843	38.509	49.065	2.963
h	2.452	45.929	0.794	0.003	0.263
IC*	2.713	43.149	4.319	0.323	1.078



## Anexo 11: Análisis discriminante

Variable	Categorías	Frecuencias	%
especies	annuum	14	15.556
	baccatum	20	22.222
	chinense	52	57.778
	frutescens	4	4.444

## Matriz de correlaciones

Variables	CPS	DHC	SHU	CFT	TEAC	C*	h°	IC*
<b>CPS</b>	<b>1.000</b>	<b>0.854</b>	<b>0.985</b>	<b>0.715</b>	<b>0.567</b>	0.232	0.208	-0.216
<b>DHC</b>	<b>0.854</b>	<b>1.000</b>	<b>0.930</b>	<b>0.648</b>	<b>0.545</b>	0.162	0.157	-0.171
<b>SHU</b>	<b>0.985</b>	<b>0.930</b>	<b>1.000</b>	<b>0.714</b>	<b>0.579</b>	0.219	0.197	-0.208
<b>Fenólicos</b>	<b>0.715</b>	<b>0.648</b>	<b>0.714</b>	<b>1.000</b>	<b>0.651</b>	0.039	0.199	-0.166
<b>TEAC</b>	<b>0.567</b>	<b>0.545</b>	<b>0.579</b>	<b>0.651</b>	<b>1.000</b>	0.121	0.109	-0.117
<b>C*</b>	0.232	0.162	0.219	0.039	0.121	<b>1.000</b>	-0.169	0.034
<b>h°</b>	0.208	0.157	0.197	0.199	0.109	-0.169	<b>1.000</b>	<b>-0.965</b>
<b>IC*</b>	-0.216	-0.171	-0.208	-0.166	-0.117	0.034	<b>-0.965</b>	<b>1.000</b>

Prueba unidimensional de igualdad de las medias de las clases:

Variable	Lambda	F	GL1	GL2	valor-p
Capsaisina	0.841	5.437	3	86	0.002
Dihidrocapsaisina	0.811	6.699	3	86	0.000
SHU	0.819	6.322	3	86	0.001
Fenolicos	0.797	7.285	3	86	0.000
Antioxidante	0.829	5.903	3	86	0.001
C*	0.921	2.464	3	86	0.068
h°	0.862	4.579	3	86	0.005
IC*	0.884	3.753	3	86	0.014

Traza de Pillai:

---

Traza	0.919
F (Valor observado)	4.470
F (Valor crítico)	1.562
GL1	24
GL2	243
valor-p	< 0.0001
alfa	0.05

---

Interpretación de la prueba:

H0: Los vectores medios de las 4 clases son iguales.

Ha: Al menos uno de los vectores medios es diferente de otro.

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula H0 cuando es verdadera es inferior al 0.01%.

Traza de Hotelling-Lawley:

---

Traza	1.573
F (Valor observado)	5.110
F (Valor crítico)	1.584
GL1	24
GL2	164
valor-p	< 0.0001
alfa	0.05

---

Interpretación de la prueba:

H0: Los vectores medios de las 4 clases son iguales.

Ha: Al menos uno de los vectores medios es diferente de otro.

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , se debe rechazar la hipótesis nula H0, y aceptar la hipótesis alternativa Ha.

El riesgo de rechazar la hipótesis nula  $H_0$  cuando es verdadera es inferior al 0.01%.

Raíz más grande de Roy:

Raíz	1.037
F (Valor observado)	10.504
F (Valor crítico)	2.055
GL1	8
GL2	81
valor-p	< 0.0001
alfa	0.05

Interpretación de la prueba:

$H_0$ : Los vectores medios de las 4 clases son iguales.

$H_a$ : Al menos uno de los vectores medios es diferente de otro.

Puesto que el valor-p computado es menor que el nivel de significación  $\alpha=0.05$ , se debe rechazar la hipótesis nula  $H_0$ , y aceptar la hipótesis alternativa  $H_a$ .

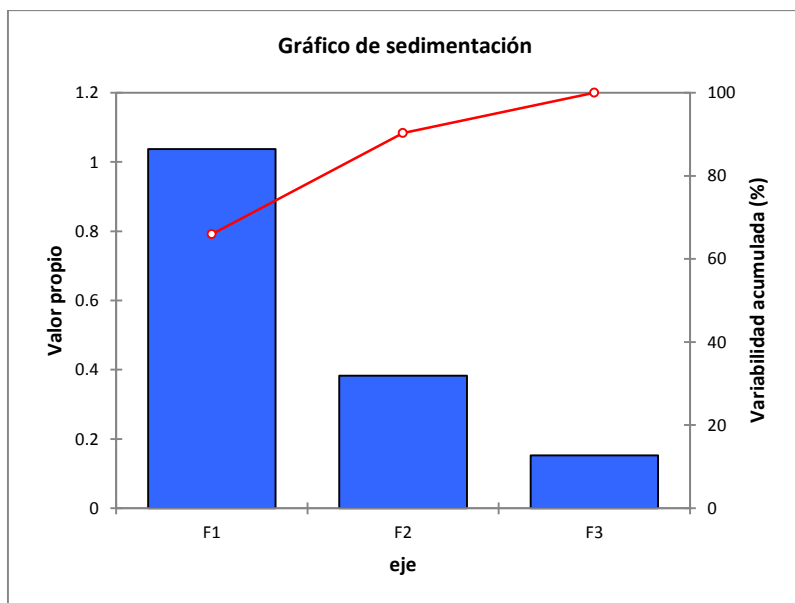
El riesgo de rechazar la hipótesis nula  $H_0$  cuando es verdadera es inferior al 0.01%.

Distancias de Mahalanobis:

	annuum	baccatum	chinense	frutescens
annuum	0	1.597	2.505	20.237
baccatum	1.597	0	2.198	20.029
chinense	2.505	2.198	0	23.485
frutescens	20.237	20.029	23.485	0

Valores propios

	F1	F2	F3
Valor propio	1.037	0.383	0.153
Discriminación (%)	65.933	24.347	9.720
% acumulado	65.933	90.280	100.000



### Centroides

	F1	F2	F3
annuum	-0.247	-0.767	0.741
baccatum	-0.235	-0.760	-0.522
chinense	0.489	0.423	0.002
frutescens	-4.324	0.982	-0.004