



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y CONTENIDO DE
INULINA EN RAÍCES TUBEROSAS DE CINCO ESPECIES DE
DALIA (*Dahlia spp.*)”**

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Presenta:

EDDI FELICIANO JIMÉNEZ RUIZ

Bajo la supervisión de: Juan Martínez Solís, Dr.



Chapingo, Estado de México, junio de 2017

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y CONTENIDO DE
INULINA EN RAÍCES TUBEROSAS DE CINCO ESPECIES DE
DALIA (*Dahlia spp.*)**

Tesis realizada por **EDDI FELICIANO JIMÉNEZ RUIZ** bajo la supervisión del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

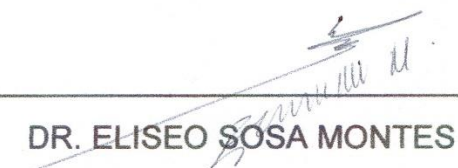
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



DR. JUAN MARTÍNEZ SOLÍS

ASESOR:



DR. ELISEO SOSA MONTES

ASESOR



DRA. MARÍA TERESA MARTÍNEZ DAMIÁN

ASESOR



M. C. JOSÉ MERCED MEJÍA MUÑOZ

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
DEDICATORIA	ix
AGRADECIMIENTOS	x
DATOS BIOGRÁFICOS	xi
RESUMEN GENERAL	xii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. Objetivo general	3
1.2. Objetivos específicos	3
1.3. Hipótesis	3
2.1. Antecedentes	4
2.1.1. Origen	4
2.1.2. Descripción botánica	4
2.1.3. Distribución geográfica	5
2.1.4. Usos y propiedades de la dalia	5
2.2. Especies de dalia	6
2.2.1. <i>Dahlia brevis</i>	6
2.2.2. <i>Dahlia campanulata</i>	7
2.2.3. <i>Dahlia coccinea</i>	8
2.2.4. <i>Dahlia merckii</i>	10
2.3. Especies con raíz tuberosa	11
2.3.1. Achicoria	12
2.3.2. Topinambur	13

2.3.3.	Yacón	13
2.3.4.	Ñame.....	15
2.3.5.	Yuca	15
2.3.6.	Camote.....	16
2.4.	Valor nutricional de los alimentos	17
2.4.1.	Constancia de energía	17
2.4.2.	Energía metabolizada	18
2.4.3.	Cálculo del valor energético de un alimento.....	19
2.4.4.	Declaraciones nutricionales de los alimentos.....	19
2.5.	Sistemas para el análisis de los alimentos	20
2.5.1.	Sistema Weende (análisis proximal)	20
2.5.2.	Sistema Van Soest.....	23
2.6.	Inulina	25
2.7.	LITERATURA CITADA	27
3.	CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y CONTENIDO DE INULINA EN RAÍCES TUBEROSAS DE CINCO ESPECIES DE DALIA (<i>Dahlia spp</i>).....	33
3.1.	RESUMEN.....	33
3.2.	INTRODUCCIÓN.....	34
3.3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
	Etapa I. Trabajo de Campo.....	37
3.3.1.	Diámetro de la corona, peso de raíces tuberosas y número de raíces tuberosas por planta	37
	Etapa II: Trabajo de laboratorio	38
3.3.2.	Grados Brix	38
3.3.3.	Humedad parcial	38
3.3.4.	pH.....	39

3.3.5. Acidez titulable	39
3.3.6. Materia seca total	39
3.3.7. Cenizas y materia orgánica.....	40
3.3.8. Proteína cruda.....	40
3.3.9. Grasa cruda (Extracto etéreo).....	41
3.3.10. Fibra cruda	42
3.3.11. Carbohidratos totales (ELN).....	43
3.3.12. Valor energético	43
3.3.13. Fibra detergente neutro.....	44
3.3.14. Fibra detergente ácido	44
3.3.15. Celulosa, Lignina, Sílice, Hemicelulosa, Contenido celular	45
3.3.16. Digestibilidad de la materia seca (DMS)	46
3.3.17. Inulina y sacarosa	46
3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
3.4.1. Número de raíces tuberosas , peso de raíces tuberosas y diámetro de la corona.....	48
3.4.2. Grados Brix, pH y acidez titulable	52
3.4.3. Humedad, materia seca, proteína cruda, extracto etéreo (grasa), fibra cruda, carbohidratos totales (ELN)	53
3.4.4. Cenizas y materia orgánica.....	59
3.4.5. Inulina, sacarosa y valor energético	60
3.4.6. Fibra detergente neutro y fibra detergente ácido	62
3.4.7. Contenido celular, celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice	64
3.4.8. Digestibilidad de la materia seca.....	67
3.4.9. Correlación entre variables	68
3.5. CONCLUSIONES	74
3.6. LITERATURA CITADA	75
APÉNDICES	79

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Condiciones para declaraciones de propiedades relativas al contenido de nutrientes.....	19
Cuadro 2. Contenido promedio de inulina de algunas especies de plantas en base seca.	26
Cuadro 3. Comparación de medias de número de raíces tuberosas peso de raíces tuberosas y diámetro de la corona por planta de cinco especies de dalia.	51
Cuadro 4. Comparación de medias de grados brix, pH, Acidez titulable de cinco especies de dalia.	53
Cuadro 5. Comparación de medias de porcentaje de humedad, materia seca, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda y carbohidratos totales (ELN) en base seca de raíces tuberosas de cinco especies de dalia.	59
Cuadro 6. Comparación de medias de cenizas y materia orgánica en base seca de raíces tuberosas de cinco especies de dalia analizadas.	60
Cuadro 7. Comparación de medias de inulina, sacarosa y valor energético en base seca de raíces tuberosas de cinco especies de dalia analizadas.	62
Cuadro 8. Comparación de medias de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido en base seca de raíces tuberosas de cinco especies de dalia.....	64
Cuadro 9. Comparación de medias de contenido celular, celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice en base seca de raíces tuberosas de cinco especies de dalia. .	67
Cuadro 10. Comparación de medias del límite superior e inferior de la digestibilidad de la materia seca en raíces tuberosas de cinco especies de dalia.	68
Cuadro 11. Correlaciones de Pearson para las variables evaluadas en cinco especies de dalia	79

LISTA DE APENDICES

Apéndice 1. Correlaciones.....	79
--------------------------------	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Raíces tuberosas de las cinco especies de dalia analizadas	51
--	----

DEDICATORIA

A mi pequeña pero hermosa familia, a ti Fran por guiarme y ayudarme a concluir una etapa más en mi vida, por estar siempre a mi lado y amarme tanto, te amo, a ti Yaretzi, mi amada hija, que me alegras siempre con tu sonrisa, siendo un impulso para seguir adelante, sin duda alguna eres mi razón de ser.

A mis queridos padres (Feliciano y Delina) y hermanos (Tere, Leti, Julio, Irma y Avey) por confiar tener fe en mí, por todo el apoyo que me han brindado en cada momento y motivarme a seguir adelante, los amo querida familia.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento otorgado para realizar mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo por haberme permitido concluir una meta más en mi vida.

Al Dr. Juan Martínez Solís por su empeño y valiosas observaciones que sin duda contribuyeron para la mejora de este proyecto.

Al Dr. Eliseo Sosa Montes por su orientación, confianza, disposición y facilidades en todo momento para la culminación de esta investigación.

A la Dra. María Martínez Damián por su valiosa colaboración en la revisión de este proyecto.

Al M.C. José Merced Mejía Muñoz por su apoyo incondicional, la confianza brindada, disposición en todo momento y por la motivación para la culminación de este proyecto.

A la Dra. Patricia Dupré por su valiosa aportación en la culminación de este trabajo.

Al Ing. Claudio por su amistad y amable atención en todo momento y al personal del laboratorio de nutrición de Zootecnia (Ing. Benito, Emilio, Eva y Aldo), por su amistad y apoyo en todo momento durante el desarrollo d

A todos mis compañeros de la Maestría que me acompañaron durante este recorrido, en especial a mis compañeros de estudio, y más que compañeros amigos, Deneb, Diego, Gaby y Toño por su valiosa amistad y por todos los momentos compartidos, momentos que se quedaran por siempre.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre	Eddi Feliciano Jiménez Ruiz
Fecha de nacimiento	11 de febrero de 1989
Lugar de nacimiento	Ocosingo, Chiapas
CURP	JIRE890211HCSMZD07
Profesión	Ingeniero Agroindustrial
Cedula	09285858

Desarrollo académico

Bachillerato	Centro Bachillerato Tecnológico Agropecuario 91
Licenciatura	Ingeniería Agroindustrial, UACH

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y CONTENIDO DE INULINA EN RAÍCES TUBEROSAS DE CINCO ESPECIES DE DALIA (*Dahlia spp.*).

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND INULIN CONTENT IN TUBEROUS ROOTS OF FIVE DALIA (*Dahlia spp.*) SPECIES

Eddi Feliciano Jiménez Ruiz¹ y Juan Martínez Solís².

RESUMEN

El objetivo del estudio fue conocer el desarrollo en campo y la composición química de las raíces tuberosas de cinco especies de dalia (*D. brevis*, *D. campanulata*, *D. coccinea*, *D. merckii*, *D. x. hortorum*). Se transplantó bajo un arreglo en bloques completos al azar; se registró el peso, número de raíces tuberosas y diámetro de la corona. Se evaluaron las variables pH, acidez titulable, °Brix, humedad, materia seca, cenizas, proteína, extracto etéreo, fibra, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa, hemicelulosa, lignina y digestibilidad de la materia seca, con el análisis proximal y el de Van Soest, de acuerdo a la metodología de la AOAC. Sacarosa e inulina se evaluaron por cromatografía de líquidos de alta resolución. Estas variables respuesta se determinaron por triplicado. Se hizo un ANAVA, comparación de medias Tukey y análisis de correlación de Pearson. *D. campanulata* y *D. merckii* mostraron el mayor número de raíces tuberosas y *D. brevis* el más bajo. *D. campanulata* y *D. coccinea* mostraron los valores más altos de peso de raíces tuberosas, carbohidratos y digestibilidad en comparación con *D. brevis* que mostró los valores más bajos. *D. brevis* mostró los valores más altos de proteína, extracto etéreo, fibra detergente neutro y ácido. *D. x. hortorum* y *D. merckii* mostraron los valores más altos de inulina en comparación con *D. campanulata*, *D. coccinea*, y *D. brevis*. Con base en estos resultados se concluyó que aunque *D. brevis* mostró menor número de raíces tuberosas, es la mejor fuente de proteínas, lípidos y fibra detergente neutro y ácido. Por otro lado, *D. campanulata* y *D. coccinea* fueron consideradas la mejor fuente de carbohidratos por su alta digestibilidad y contenido en materia seca. Finalmente, en base a su alto contenido de inulina, *D. x. hortorum* y *D. merckii* podrían ser un buen alimento funcional para los seres humanos.

Palabras clave: raíces tuberosas, *Dahlia spp.*, análisis proximal, Van Soest, inulina.

ABSTRACT

The objective of this study was to know the development in the field and the chemical composition of the tuberous roots of five dahlia species (*D. brevis*, *D. campanulata*, *D. coccinea*, *D. merckii*, *D. x. hortorum*). They were transplanted under a randomized complete block design; weight, crown diameter and number of tuberous roots were recorded. The variables pH, titratable acidity, °Brix, moisture, dry matter, ash, protein, ether extract, fiber, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, cellulose, hemicellulose, lignin and dry matter digestibility were evaluated with proximal analysis and the Van Soest procedure, according to the AOAC methodology. Sucrose and inulin were assessed by high performance liquid chromatography. These response variables were determined in triplicate. An ANOVA, Tukey's comparison of means and Pearson's correlation analysis were made. *D. campanulata* and *D. merckii* showed the highest number of tuberous roots and *D. brevis* the lowest. *D. campanulata* and *D. coccinea* showed the highest values for tuberous root weight, carbohydrates and digestibility, whereas *D. brevis* showed the lowest values. *D. brevis* showed the highest values of protein, ether extract, and neutral and acid detergent fiber. *D. x. hortorum* and *D. merckii* showed higher values of inulin when compared with *D. campanulata*, *D. coccinea*, and *D. brevis*. Based on these results, it was concluded that although *D. brevis* showed the lowest number of tuberous roots, it is the best source of protein, lipids, and neutral and acid detergent fiber. On the other hand, *D. campanulata* and *D. coccinea* were considered the best source of carbohydrates because of their high digestibility and dry matter content. Finally, based on their high inulin content, *D. x. hortorum* and *D. merckii* could be good functional foods for humans.

Keywords: tuberous roots, *Dahlia spp.*, proximal analysis, Van Soest, inulin.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

México registra hasta la fecha 21841 especies de plantas con flores, que constituyen unos de los grupos más ubicuos del reino vegetal, pues son cosmopolitas, encontradas en todos los ambientes terrestres y muchos acuáticos, se le encuentra desde las regiones polares o de alta montaña, hasta las regiones tropicales; el porcentaje de endemismo en las plantas con flores de México es de 50.4 % (11 001 especies), un valor menor al reportado hace casi una década (Villaseñor y Ortiz, 2014).

El género *Dahlia* es de origen Mesoamericano con 41 especies endémicas de México, por lo que la biodiversidad del género está concentrada en el territorio nacional (Asociación Mexicana de la Dalia, 2014); se ha extendido por casi todos los países del mundo, sin embargo, en México se conoce muy poco acerca de su cultivo y mejoramiento, a pesar de ser el país de origen (Treviño de Castro *et al.*, 2007).

La dalia es reconocida por la belleza de sus flores, posee también una importancia cultural, porque antiguamente se utilizó de diversas formas como planta ceremonial, ornamental, medicinal y alimenticia. Las comunidades mixtecas de Oaxaca y tarahumaras del oeste de nuestro país siguen consumiendo las raíces tuberosas de las dalias como fuente de alimento y medicamento (Mera-Ovando y Bye, 2006). Se conoce su uso tradicional en todo el país (Treviño de Castro *et al.*, 2007).

En particular resulta relevante la presencia de la dalia en el mundo desde mediados del siglo XVIII, en un inicio por el interés alimenticio de sus raíces tuberosas, que fueron consumidas de la misma manera que la papa, y luego por la vistosidad, abundancia de sus flores y diversidad de formas y colores (Sorensen, 1969).

Los tubérculos de dalia son una fuente de inulina. En adición a la inulina se encuentra eriodictiol, diastasa, fitina y ácido benzoico, componentes químicos

que son medicinalmente activos (Whitley, 1985; Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana, 2014).

La presencia de inulina en el colon estimula el crecimiento del lactobacilos y bifidobacterias, algunos estudios demostraron que elementos de la partición de las células del *Bifidobacterium* reprimen el desarrollo de tumores (Flamm *et al.*, 2001). No sólo influye en el crecimiento de flora intestinal sino también bajando la proporción de colesterol (Barclay, 2010). Además de su función en la planta como carbohidrato de reserva, también influye en la tolerancia al estrés hídrico provocado por sequía, frío o salinidad (Valluru y Van den Ende, 2008).

De manera general en la actualidad el uso de la dalia es meramente ornamental, el aprovechamiento está enfocado en la producción de flores, sin embargo, la dalia posee diversos usos potenciales. Para las raíces tuberosas, por ejemplo, se han descrito usos alimenticios y medicinales. En este sentido el estudio de las propiedades de la raíz tuberosa es importante para sustentar dichos usos mediante el análisis de los elementos que la componen, a partir de los cuales derivan las propiedades alimenticias y medicinales que posee. De tal manera que al conocer las propiedades de las raíces tuberosas de dalia se tendrá una alternativa más de aprovechamiento, ampliando su uso en las zonas donde se produce e impulsando el cultivo en lugares donde no se conoce, ya que muchos de los productores desechan las raíces tuberosas, las cuales pueden ser consumidas por ellos mismo o comercializarlas. Con esto se pretende realizar aportaciones a los distintos sectores como son en la nutrición humana y animal y realizar un impulso a las zonas productoras de dalia, las cuales tienen a esta noble planta como medio de subsistencia. Asimismo, se abre un campo para futuras investigaciones sobre este cultivo, como es en el mejoramiento genético de la dalia, para obtener variedades de mayor calidad, con beneficios tanto para los humanos y animales, así como de alto rendimiento en campo. De este modo en el presente trabajo presenta los siguientes:

1.1. Objetivo general

Estudiar el desarrollo en campo y conocer la composición química y de inulina de las raíces tuberosas de cinco especies de dalia (*D. brevis*, *D. campanulata*, *D. x. hortorum*, *D. merckii*, *D. coccinea*).

1.2. Objetivos específicos

Evaluar el desarrollo en campo de las variables número y peso de raíces tuberosas y diámetro de la corona en cinco especies de dalia (*D. brevis*, *D. campanulata*, *D. x. hortorum*, *D. merckii*, *D. coccinea*).

Realizar un análisis proximal en raíces tuberosas de cinco especies de dalia (*D. brevis*, *D. campanulata*, *D. x. hortorum*, *D. merckii*, *D. coccinea*).

Realizar un análisis con el sistema Van Soest en raíces tuberosas de cinco especies de dalia (*D. brevis*, *D. campanulata*, *D. x. hortorum*, *D. merckii*, *D. coccinea*) para conocer el porcentaje digestibilidad de la materia seca destinada a la alimentación de rumiantes.

Determinar en raíces tuberosas de cinco especies de dalia (*D. brevis*, *D. campanulata*, *D. x. hortorum*, *D. merckii*, *D. coccinea*) la concentración de inulina.

Determinar si existen correlaciones estadísticas entre las variables a evaluar.

1.3. Hipótesis

Al menos una especie presentará una composición nutrimental diferente en cuanto a las variables evaluadas en el análisis proximal.

Al menos una especie de dalia presentará una alta digestibilidad de la materia seca.

Las cinco especies de dalia analizadas se diferenciaron en cuanto al contenido de inulina.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

La belleza de las flores de dalia (*Dahlia spp*) ha maravillado al mundo entero por su diversidad en formas, tamaños y colores. El cultivo de esta flor se remonta a la época de esplendor del imperio azteca cuando su belleza cautivó tanto a los gobernantes mexicas, que iniciaron los procesos de domesticación de la planta (Treviño de Castro *et al.*, 2007).

La dalia es considerada, por decreto presidencial a partir de 1963 (Treviño de Castro *et al.*, 2007), la Flor Nacional, ya que, además de ser reconocida por la belleza de sus flores también posee una importancia cultural, puesto que antiguamente era utilizada de diversas formas como planta ceremonial, ornamental, medicinal y alimenticia. Fue una planta venerada por los aztecas como un símbolo presente sólo en la vestimenta de los nobles (Mera-Ovando *et al.*, 2008).

2.1.1. Origen

El género *Dahlia* es de origen Mesoamericano con 41 especies endémicas de México, por lo que la biodiversidad del género está concentrada en el territorio nacional (Asociación Mexicana de la Dalia, 2014); sin embargo, sólo cuatro especies constituyen la base genética con la que se ha desarrollado la dalia cultivada (Mera y Bye, 2006).

2.1.2. Descripción botánica

El género *Dahlia* forma parte de la familia botánica Asteraceae (Compositae). La mayoría de las dalias son plantas herbáceas o arbustivas, a veces epífitas o trepadoras. Las herbáceas son anuales, pues su follaje desaparece en el invierno, pero sus raíces tuberosas quedan enterradas de donde brotan nuevas plantas en la siguiente estación de lluvias. Las arbustivas son perennes y en lo general tienen sus raíces tuberosas muy desarrolladas. Sus tallos son huecos (de ahí su nombre en náhuatl “Acocoxóchitl”) o compactos y, las hojas son

opuestas, simples a tripinnadas-compuestas. Las flores están formadas de varias estructuras (compuestas) que en conjunto se denominan cabezuelas; las flores liguladas (en forma de lengua) ubicadas al exterior, cuya apariencia es similar a la de un pétalo, (de diversos colores excepto azul y verde); y las tubulares o flores de disco de color amarillo o morado, que semejan un escudo, ambas están dispuestas sobre una base común llamada receptáculo; en conjunto forman la cabezuela o capítulo (Treviño de Castro *et al.*, 2007).

2.1.3. Distribución geográfica

Las dalias silvestres, se desarrollan entre los 500 y los 3 500 msnm, dependiendo de la especie se pueden encontrar en bosques de pino, encino, en las principales cadenas montañosas en México, así como también en los márgenes de bosques secos y en zonas de desierto (Mera-Ovando *et al.*, 2008).

2.1.4. Usos y propiedades de la dalia

En la Mesoamérica prehispánica, las dalias silvestres eran conocidas comúnmente con el nombre de "acocoxóchitl", "acocotli", o "cohuanenepilii" (tallos huecos con agua), entre otros nombres autóctonos otorgados por los indígenas de México, fue una planta muy arraigada a nuestra cultura y tradiciones desde tiempos precolombinos, ya que poseía una gran cantidad de usos como ornamental, alimenticia, medicinal, ceremonial y ahora se sabe que también tiene propiedades forrajeras. Los nativos utilizaban esta planta como un remedio contra la tos crónica, como tónico diurético, diaforético y contra los cólicos (Hernández, 1946; citado por Mera-Ovando y Bye, 2006).

Los tubérculos de dalia son una fuente de inulina. En adición a la inulina se encuentra eriodictiol, diastasa, fitina y ácido benzoico, componentes químicos que son medicinalmente activos (Whitley, 1985; Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana, 2014).

2.2. Especies de dalia

La mayoría de las dalias son plantas herbáceas de 0.3-3 m de altura, erectas con entrenudos huecos en su mayoría, nudos septados o ligeramente septados. Raíces tuberosas frecuentemente fasciculadas. Hojas simples a tripinnadas opuestas, pínulas opuestas o alternadas en el raquis, peciolo sólido. Inflorescencia en capítulo con flores liguladas y de disco, usualmente de color lila, blanco, naranja, amarillo, su fruto es un aquenio aplanado de color oscuro. El género *Dahlia* se divide en cuatro secciones de acuerdo con su hábito de crecimiento y la disposición de las pinnas en sus hojas compuestas: Sección *Dahlia*, *Enthemophillon*, *Pseudodendron* y *Epiphytum* (Sorensen, 1969).

2.2.1. *Dahlia brevis*

Descripción morfológica

Dahlia brevis es una planta herbácea de 0.4 -0.7 m de altura. Tallos de 2–5 mm de diámetro, muy estriado y pubescente. Hojas simples, pinnadas o pinnatisectas, de 3.5–14 cm de longitud; 5–7 divisiones o pinnas, opuestas, raramente subopuestas o alternadas; la pinna basal tiene 12–40 mm de longitud, 4–12 mm de ancho, oblonga- lanceolada, aguda o subaguda casi obtusa; ventralmente glabras o escasamente pubescentes, dorsalmente pubescentes, especialmente a lo largo de la venación central; márgenes ciliados, enteros o irregularmente serrados con 1 o 2 dientes en cada lado; peciolo de 7–22 mm de longitud, 0.5–4 mm de ancho, usualmente alado en las bases decurrentes de las divisiones laterales; raquis alado, pubescente, especialmente en la unión con las pinnas. Inflorescencias en capítulo, de 1–3 por planta, oblicuamente erectas en antesis, pedúnculos de 10–24 cm de longitud; flores liguladas púrpura claro, extendidas en antesis, 10–25 mm de longitud, 6–14 mm de ancho, elípticas, agudas o denticuladas; flores de disco amarillas, corola con venación púrpura, lóbulos marginalmente púrpura o completamente purpúreos. Aquenios 6–7 mm de longitud, 2–3 mm de ancho. Papus obsoleto o consistente en tubérculos de 2 estructuras. Número

cromosómico, $n = 16$. Su etapa de floración se lleva a cabo anualmente durante los meses de agosto a septiembre (Sorensen, 1969).

Distribución geográfica de *Dahlia brevis*

Dahlia brevis se ubica en pistas rocosas húmedas y cornisas rocosas, de 2600 a 3050 m.s.n.m, en el noroeste del estado de México (Sorensen, 1969). Lascarez-Rodríguez (2001) encontró poblaciones en la comunidad La Cruz, 3 km al norte del centro de Atlacomulco, carretera Atlacomulco-Acambay, misma que fue ubicada por investigadores de la Universidad Autónoma Chapingo y la Universidad Nacional Autónoma de México. Esta población está en peligro de desaparecer por el crecimiento urbano. Por los alrededores de Atlacomulco logró ubicar un nuevo sitio con población de *Dahlia brevis* al noroeste de Atlacomulco, pasando la comunidad de San Lorenzo Tlacotepec, a 2 km antes del puente Manto del Río

2.2.2. *Dahlia campanulata*.

Descripción morfológica

Dahlia campanulata es una hierba perenne de 1.3 a 2.5 m de altura. Hojas pinnadas a tripinnadas generalmente de 60 cm de longitud. Capítulo pendulado numeroso de 20 cm de diámetro. Flores liguladas de corola radial de color rosa claro. Número cromosómico $n = 16$ (Saar *et al.*, 2003).

Planta perenne de raíz tuberosa, puede tener de uno a tres tallos herbáceos erguidos de hasta 2.5 m, vástagos con 4 canales profundos, entrenudos sólidos, con hojas de hasta 60 cm de longitud incluyendo pecíolo, con estipulas tripinnadas en la mayoría de los nudos del raquis, cambiando de bipinnadas a pinnadas sin estipulas a simples en la base de la porción floral, pínulas opuestas en la raquilla, de 7 a 11 pínulas primarias, hojas marginales celioladas, pecíolos sólidos, cabezas penduladas, de más de 20 cm de diámetro, cuando esta plana, de color rosa claro, más oscuro hacia el centro, venas levemente más oscuras, brácteas involúcras externas que se separan

perpendicularmente al eje de la cabeza en la antesis, su floración se lleva a cabo generalmente en Septiembre (Saar *et al.*, 2003)

Distribución geográfica de *Dahlia campanulata*

La población silvestre de *Dahlia campanulata* se encuentra a una elevación de 2000 msnm, en una superficie estimada en 2 Km² al margen de la carretera que conduce de la ciudad de Huajuapán de León a la Villa de Tamazulapán del Progreso, a la altura del kilómetro 35, así como al margen del río Mixteco en la rancharía de Río del Oro, en el estado de Oaxaca (Garzón-Solís *et al.*, 2009).

2.2.3. *Dahlia coccinea*

Descripción morfológica

Dahlia coccinea es una planta de 0.45-3 m de altura. Tallos generalmente no ramificados en la porción floreciente, de 2-25 mm de diámetro, glabra a densamente pubescente especialmente en los nodos, a veces visiblemente glauco, de color verde a púrpura cuando está fresco; Los nudos generalmente se sepan o incompletan; entrenudos, huecos, raramente sólidos, de 2.5-30 cm de largo. Hojas opuestas, 3 por nudo, extremadamente variable de simple y desunido a tripinnado, de 12-35 cm de largo incluyendo pecíolo; 3-11 divisiones primarias, sésiles o peciolulados; Pinna basal de 4,5 a 16 cm de largo, su pínula basal (de hojas de 2 o 3 pinnadas) de 1,8-7 cm de largo, segmento terminal de las hojas, pinna y pínula comúnmente ligeramente mayor que sus folíolos complementarios; último segmento ovado a ovado-elíptico o estrechamente ovado-lanceolado, raramente ligeramente obovado, ápices con bases generalmente agudas o ligeramente acuminadas generalmente cónicas, a veces redondeadas, truncadas e incluso ligeramente cordadas; superficies generalmente bicolors, parte baja verde claro o verde gótico, superior glabro o pubescente, a veces grueso escabroso, el inferior rara vez casi glabro, por lo general visiblemente peludo a lo largo de las venas; márgenes ciliolados, los cilios usualmente cortos y muy rígidos, poco frecuentes más largos y flexibles,

varias veces crenados-dentados a grueso o finamente dentados con (1-) 2-14 dientes por lado; pecíolo ranurado arriba, en forma de media luna en sección transversal, a veces muy estrechamente alado, glabro o pubescente, de 1-11 cm de largo; el raquis primario es glabro o pubescente, en su mayoría con un conspicuo racimo de pelos en las uniones con la pinna primaria, a menudo ranurado arriba, a veces con alas, especialmente en las porciones distales; estípulas que se producen de manera irregular, cuando está presente por lo general en el segundo nodo del raquis, simple a compuesto, sésil o acosado. Cabezas generalmente en 2's y 3's, erecto u oblicuamente erecto, en pedúnculos de 2-30 cm de largo; Las brácteas envolventes externas se extienden o se reflejan en la antesis, acentuada, a veces larga acuminada-atenuada, de 6-15 mm de largo, de 3-7 mm de ancho, de vez en cuando reticulada, glabra, ventralmente glabras o puberulosas, a menudo cruzadas; brácteas internas de color pardusco o escarlata en todo o sólo las puntas escarlata, 11-17 mm de largo, 3-8 mm de ancho, flores de disco 71-157, amarillo o a veces escarlata, 8-10 mm de largo, los lóbulos de la corola se extienden o se erigen; estilo de ramas lineales-lanceoladas, flexuosas, de 4-4,5 mm de largo, de menos de 0,8 mm de ancho, aquenio lineales-oblongadas a obovadas o espatuladas, de 8-13 mm de largo, de 1.8-5.5 mm de ancho, de gris a negro, algunas veces de estriado negro, de dimensiones y textura variadas a veces dentro de la misma cabeza; papus obsoleto o consistente en 2 rudimentos diminutos, rara vez muy alargados en finos hilos filiformes, muy delgados y flexibles, usualmente caducifolios. Número cromosómico, $n = 16$ y 32 . Su floración se lleva acabo generalmente de junio a noviembre (Sorensen, 1969).

Distribución geográfica de *Dahlia coccinea*

Dahlia coccinea es la especie de consumo tradicional (Sorensen, 1969); se puede encontrar en acantilados, cornisas, empinadas laderas rocosas, campos y bordes de caminos, de unos 457 a 3353 m.s.n.m. se encuentra ampliamente distribuida en el territorio mexicano, en el norte de México, Sinaloa, Chihuahua,

Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, al sur en las montañas y las regiones de meseta, al sur y sureste de México y Guatemala.

2.2.4. *Dahlia merckii*

Descripción morfológica

Dahlia merckii es una planta herbácea de 0.46 a 1.85 m de altura. Tallos de 3-9 mm de diámetro, sin pelos o a veces algunos en el nudo de color rojo, Hojas de bipinnadas a bipinnadas pinnatisectas de 14 a 38 cm de largo, 5 a 7 divisiones o pinnas primarios opuestos al raquis, los pinnales basales de 6.5 a 16 cm de largo; peciolo o pseudopeciolo de 9 a 40 mm de largo, segmentos finales ampliamente ovados a ligeramente obovados, de 2 -5,2 cm de largo, 0,9 -3,2 cm de ancho (la longitud a menudo es aproximadamente el doble de la anchura. el segmento terminal suele ser algo mayor que sus segmentos complementarios. Ápices agudos a acuminados; superficies bicolors, verde claro debajo, superior glabro o escasamente pubescente, pubescente minuciosamente apretado a lo largo de las venas principales, el inferior glabro o poco pubescente; márgenes ciliolados, los cilios irregulares, serrados a dentados-crenados, 1-5 dientes por lado. Estípulas generalmente presentes, de 8-46 mm de largo 3-32 mm de ancho, ovados, puntas agudas o acuminadas, unidas a cada nodo raquídeo, peciolo glabro, de 4-16 cm de largo, fuertemente dilatado en la base cuando está fresco formando una cresta carnosa conspicua alrededor del tallo, medianamente tereta o hemisférica, hueca; raquis glabro excepto para un racimo de pelos en la ensambladura con la pinna primaria, a menudo en forma de U con dos crestas paralelas arriba. Cabezas de 10-90 por planta, oblicuamente erguidas, elevadas muy por encima de la porción frondosa del tallo en varias a muchas ramas, estas nuevamente ramificadas y terminadas por 2-19 cabezas en los pedúnculos 1 -30 cm de largo; brácteas involucrales externas que se extienden o se reflejan en la antesis, lineal a ligeramente espatulada, 9.5-11.5 mm de largo, 5-7 mm de ancho; Flores de disco entre 47-58, corola amarilla, puntas amarillas con púrpura o púrpura, de 6-9 mm de largo (Sorensen, 1969).

Estilo de rama lineales-lanceoladas de 2.5-3 mm de largo, menos de 1 mm de ancho; aquenios más o menos lineales, más anchos por encima del centro, abruptamente estrechados en la parte superior y coronados por un disco superficial, de 5.5-10 mm de largo, 1.1-2.3 mm de ancho, ventralmente aplanado y dorsalmente redondeado o en forma de V en sección longitudinal sulcado, de color marrón oscuro a negro. Papus ausente o consistente de 2 rudimentos diminutos. Número cromosómico, $n = 18$. Su etapa de floración se lleva a cabo anualmente durante los meses de junio a octubre (Sorensen, 1969).

Distribución geográfica de *Dahlia merckii*

Dahlia merckii se encuentra en las laderas rocosas, las cornisas y los campos de lava, sobre 1828 a 3200 m.s.n.m. en el norte de México: Nuevo León y Tamaulipas, al sur: al norte de Guerrero, al oeste: Veracruz, Tlaxcala, hasta el oeste del estado de México, frecuentes en las laderas frías del Distrito Federal, Estado de México y Morelos (Sorensen, 1969).

2.3. Especies con raíz tuberosa

Existe un gran número de cultivos que producen raíces tuberosas, las cuales, figuran entre los alimentos humanos más antiguos y de gran importancia nutricional, ecológica y económica. Desde el punto de vista nutricional, estos cultivos juegan un papel muy importante como fuente principal de energía y nutrientes esenciales, al mismo tiempo pueden proveer una composición balanceada de la dieta, realizando una importante contribución a los ingresos y a la seguridad alimentaria de los países en desarrollo, particularmente en zonas tanto urbanas como rurales donde la población es de bajos ingresos (Poot-Matu *et al.*, 2002).

Entre estos cultivos se encuentra la achicoria (*Chichorium intybus*), el topinambur (*Helianthus tuberosus* L.), el yacón (*Smallanthus sonchifolius*), los cuales pertenecen a la familia botánica Asteraceae, al igual que la dalia (*Dahlia*

spp), el ñame (*Discorea spp*), la yuca (*Manihot esculenta*) y el camote (*Ipomea batatas*).

2.3.1. Achicoria

La achicoria (*Cichorium intybus*) es una especie del género (*Cichorium*) perteneciente a la familia Asteraceae. Esta planta se encuentra geográficamente distribuida en muchas regiones del mundo tales como: Europa central y del norte, Liberia, Turquía, Afganistán, China norte y central, sur América, sur África, Etiopía, Madagascar, India, Australia y Nueva Zelanda. De manera general, su cultivo requiere de climas cálido-húmedos y se aprovechan sus raíces principalmente (Pal-Bais y Ravishankar, 2001).

Si bien es conocida a nivel mundial como una hortaliza para la producción de raíz, es además utilizada para la producción de forraje destinada a la alimentación de rumiantes en pastoreo (Romero *et al.*, 1988).

A nivel mundial existen plantas que reportan contenido de inulina. Por lo que, las especies con mayor contenido de inulina la almacenan en la parte subterránea de la planta. La inulina se ha obtenido a partir de dos especies: la papa (*Helianthus tuberosus*) y la achicoria (*Cichorium intybus*), pues es la especie con el mayor contenido de inulina y la de mayor antigüedad de uso (Flamm *et al.*, 2001).

La achicoria contiene hasta un 79 % (Van-Loo *et al.*, 1995), 58 % de inulina en base seca (Cáceres, 1995), así como valores de humedad 94.4 %, proteína 23.21 %, grasa 3.21 %, fibra 22.5 %, ceniza 17.86 %, carbohidratos 33.21 % y 254.64 kcal (Souci *et al.*, 2008).

Las características nutritivas de la achicoria muestran que tienen fibra detergente ácido cercana al 23 %, fibra detergente neutro de alrededor de un 26 %, azúcar soluble de un 13 %, almidón cercano a 1.4 %, 14 % de cenizas totales, una digestibilidad del 73 % (Glassey, 2013).

2.3.2. Topinambur

El topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) es una especie del género (*Helianthus*) perteneciente a la familia Asterácea, originaria de América del Norte. Es conocida a nivel mundial con diversos nombres comunes, entre los cuales se encuentran “pataca”, “cotufa”, “alcachofa de Jerusalén”, “girasol tuberoso”, “aguaturma”, entre muchos otros. Sin embargo “topinambur” es el nombre común más popular (Kays y Nottingham, 2007).

Son cuatro los principales usos que pueden darse al topinambur: hortícola, forrajero, extracción de inulina y producción de etanol (Raso, 1990).

La aplicación industrial del topinambur comprende la obtención de productos tales como jarabe de oligofructosa, inulina estándar e inulina HP (high performance), entre otros, los cuales son empleados en la formulación de alimentos, ofreciendo múltiples propiedades tecnológicas y funcionales. Sin embargo, la fuente principal de obtención de estos productos está constituida, en la actualidad, por raíces de achicoria (*Cichorium intybus*) (Madrigal y Sangronis, 2007).

El topinambur presenta valores de inulina de 89 % (Van-Loo *et al.*, 1995), de Humedad 78.9 %, proteína 11.56 %, grasa 1.94 %, fibra 59.29 %, ceniza 3.32 %, carbohidratos 23.89 % y 159.29 kcal (Souci *et al.*, 2008).

2.3.3. Yacón

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es una especie del género (*Smallanthus*) perteneciente la familia Asteraceae. El género *Smallanthus* comprende 21 especies (Robinson, 1978). Es una planta perenne que se encuentra en Ecuador, Perú, Bolivia, Colombia, Venezuela, Argentina, Nueva Zelanda, Japón y Brasil (Brako y Zarucchi, 1993)

El yacón es una planta domesticada hace varios siglos por los pobladores de las culturas preincaicas y hasta hace poco tiempo se cultivaba sólo en los

jardines y huertos caseros de la serranía para el autoconsumo y para el consumo ocasional en festividades religiosas especiales (Seminario *et al.*, 2003). Se cuenta con siembras en Brasil, Corea, República Checa, Rusia, Taiwán y algunos lugares en Estados Unidos. En Nueva Zelanda, Japón, Corea y Brasil el yacón alcanzó los supermercados como un alimento novedoso y dietético. También se reporta la presencia en República Checa, y hace unos años en Inglaterra, con resultados positivos en su comercialización. A nivel de los países de la región, hay cultivo y uso de esta planta en Argentina, donde se ha desarrollado una importante agroindustria en base a la recuperación y revalorización de esta planta (FAO/OMS, 2012).

Las plantas de este cultivo producen un tipo especial de raíz, se come en forma fresca a pesar de ser una raíz como el camote o la yuca. El yacón tiene un agradable sabor dulce y deja una sensación refrescante después de consumirlo, razón por la cual el habitante andino lo considera una fruta, siendo un buen rehidratante debido a su alto contenido de agua. Además, puede prevenir la fatiga y los calambres por su alto contenido de potasio. Tal vez por ello, los campesinos lo consumen durante largas caminatas, pudiendo llegar a consumir cada persona entre 500 a 1000 g diarios. Este nivel de consumo no produce efectos tóxicos o nocivos (Seminario *et al.*, 2003).

Si bien el yacón es un alimento, se ha reportado su uso medicinal. En Contumaza (Cajamarca), se le considera antirraquítico; en la medicina andina las raíces son consideradas alimentos frescos y empleados desde épocas muy antiguas como remedio para afecciones renales y hepáticas (Seminario *et al.*, 2003).

Un promedio de tres especies de yacón reporta un peso de la raíz de 241.73 g por planta y un número de 13.67 raíces por planta. En cuanto a la composición química tiene los valores siguientes: 86.84 % de humedad, 0.28 % de grasa, 2.82 % de proteína, 4.20 % de fibra, 2.84 % de ceniza, 90.08 % de carbohidratos, un valor calórico de 374.12 kcal (Ramos-Zapana y Arias-Arroyo, 2010) y un contenido de inulina de 27 % (Van-Loo *et al.*, 1995).

2.3.4. Ñame

El Ñame (*Discorea spp*), es una especie del género (*Discorea*) que pertenece a la familia *Discoreaceae* y constituye la principal fuente de ingresos y empleo en muchas zonas rurales del mundo. En general las plantas pertenecientes a esta familia se caracterizan por ser trepadoras, con tubérculos carnosos ricos en carbohidratos (Perea y Buitrago, 2000); en América tropical es cultivado por pequeños y mediados agricultores en pueblos indígenas desde la época precolombina. Antes de la introducción de otros cultivos con propiedades nutritivas donde se emplearon raíces, el ñame constituía la principal fuente de carbohidratos para los pueblos de África Occidental y Central (Carmo, 2002).

Dada la amplia gama de usos que tiene este cultivo, dentro de los que cabe señalar: alimentos básicos (consumo fresco y en forma procesada), alimento animal y como materia prima para fines industriales, se ha convertido en una fuente cada vez más importante de alimento, empleo rural y de ingresos para la creciente población de países en desarrollo (Tamiru *et al.*, 2006).

Contiene valores de Humedad 71.2 %, proteína 6.94 %, grasa 0.45 %, fibra 11.45 %, ceniza 3.47 %, carbohidratos 77.67 % y 342.53 kcal (Souci *et al.*, 2008).

2.3.5. Yuca

La yuca (*Manihot esculenta*) es una especie del género *Manihot*. Se han descrito alrededor de 98 especies del género *Manihot* de las cuales sólo la yuca tiene relevancia económica y es cultivada (Ceballos y De la Cruz, 2002). La planta de yuca crece en una variedad de condiciones tropicales: en los trópicos húmedos y cálidos de tierras bajas; en los trópicos de altitud media y en los subtrópicos con inviernos fríos y lluvias de verano (Aristizábal y Sánchez, 2007).

La yuca fue domesticada hace unos 5000 años y cultivada extensivamente desde entonces en zonas tropicales y subtropicales del continente, por lo que es un cultivo muy importante en regiones tropicales del mundo (latitudes menores a los 30°), que van desde el nivel del mar hasta los 1800 msnm. Si

bien, el principal producto económico son sus raíces, las hojas de la yuca también tienen un excelente potencial y son extensivamente utilizadas en África y Asia, ya sea para la alimentación humana o animal (FAO/FIDA, 2000).

La yuca presenta valores de Humedad de 63.1 %, proteína 2.71 %, grasa 0.62 %, fibra 7.86 %, ceniza 1.90 %, carbohidratos 86.91 % y 364.09 kcal (Souci *et al.*, 2008), fibra detergente neutro de 6.01 % y fibra detergente ácido 4.85 % (Buitrago, 1990).

2.3.6. Camote

El camote (*Ipomoea batatas*) es una especie del género *Ipomoea* perteneciente a la familia Convolvulaceae. El camote es una de las ocho especies de la sección Batatas nativa que abarca desde México hasta el centro de Sudamérica. Los Mayas y los Incas habrían tomado la planta domesticada y produjeron nuevas variedades, las cuales se adaptaron mejor a las condiciones locales de cada una de estas civilizaciones precolombinas (Linares *et al.*, 2008).

La batata es una planta de origen americano. Si bien no se sabe exactamente el lugar de origen, se postula que éste estaría en la zona de Yucatán (México) o en los territorios actuales de Perú y Ecuador. Es una de las primeras plantas en ser domesticadas por el hombre: hay evidencias de restos de batatas en el Perú de 8.000 a 10.000 años atrás (Martí *et al.*, 2014).

Es el quinto alimento más importante en los países en desarrollo debido a sus sobresalientes características nutricionales y culinarias. Se cultiva en más de 100 países lo que lo ubica en el quinto lugar en orden de importancia después del arroz, trigo, maíz y mandioca; es a menudo considerado como un medio para mejorar los ingresos y la seguridad alimentaria en los segmentos más pobres de la población rural (Cusumano y Zamudio, 2013).

El camote presenta valores de Humedad de 70.5 %, proteína 5.53 %, grasa 2.03 %, fibra 10.64 %, ceniza 1.02 %, carbohidratos 81.69 % y 367.19 kcal (Martí *et al.*, 2011), fibra detergente neutro 8 %, fibra detergente ácida 4.2 %, y

0.4 % de lignina (Sauvant, 2004). Tiene un peso de raíces de 0.93 kg y un número de raíces de 3.45 por planta (Castillo-Matamoros *et al.*, 2014).

2.4. Valor nutricional de los alimentos

La alimentación es el ingreso o aporte de alimentos en el organismo. Es el proceso por el cual tomamos una serie de sustancias contenidas en los alimentos que componen la dieta. Estas sustancias o nutrientes son imprescindibles para completar la nutrición (Fernández, 2003)

Los nutrientes son sustancias presentes en los alimentos que son necesarias para el crecimiento, reparación y mantenimiento del cuerpo (Elizondo, 2002). Estos se dividen en energéticos (proteínas, grasas y carbohidratos) y no energéticos (agua, vitaminas, minerales) (Fernández, 2003).

Los nutrientes que consumimos en nuestra vida diaria se encuentran mezclados entre si en los alimentos e diferentes porciones. Por esto necesitamos conocer cuales alimentos son ricos en que nutrientes, para poder planear dietas que los contengan en las proporciones que los necesitamos para mantenernos sanos (Elizondo, 2002).

Por otra parte, respecto a la alimentación de los rumiantes, la digestibilidad de los forrajes permite estimar la proporción de nutrientes presentes en el alimento, que tienen potencial de ser absorbidos por el tracto digestivo (Church y Pond, 1987). El conocimiento de la degradabilidad y la digestibilidad de los alimentos son fundamentales para establecer su valor nutritivo y por tanto, para la formulación de raciones para rumiantes (Bochi-Brum, *et al.*, 1999).

2.4.1. Constancia de energía

La unidad normal de energía es el joule y la energética humana suele expresarse en kjoules (o sea joules x 1000). Un megajoule (MJ) es igual a 1000 kjoules. Una kilocaloría (kcal) =4.184 kjoules (James y Schofield, 1996).

Es un principio fundamental de la termodinámica que la energía no puede desaparecer, al consumir calorías, una vez absorbida, una pequeña cantidad se elimina en la orina como subproducto del metabolismo de las proteínas y el resto del combustible absorbido tiene que metabolizarse para producir energía o ser almacenado en tejidos como proteína, como grasa o como hidrato de carbono en forma de glucógeno. La energía procedente del combustible absorbido se usa para la multiplicidad de procesos químicos que ocurren dentro del cuerpo y para mantener el tono muscular y el movimiento del cuerpo. Si no es consumida por el metabolismo la energía absorbida tiene que ser almacenada (James y Schofield, 1996).

2.4.2. Energía metabolizada

La energía alimentaria, una vez absorbida, puede almacenarse o usarse en el metabolismo. Este metabolismo suministra la energía para formar nuevos compuestos químicos en el cuerpo, sirve de combustible para la actividad muscular necesaria para respirar, digerir los alimentos y mantener la postura corporal y también proporciona la energía para la actividad física. En condiciones de reposo y ayuno, el metabolismo basal indica principalmente el trabajo interno del organismo. El metabolismo basal (MB) es un componente principal del gasto total de energía del cuerpo si se expresa por día, o sea estimando cuanta energía se usaría si el individuo estuviera en completo reposo y en ayunas durante las 24 horas. Cuando la persona come, emplea energía en los procesos digestivos, de absorción y de almacenamiento. Esta reacción energética puede llamarse “reacción térmica” a los alimentos. Este componente constituye alrededor del 10 % del gasto diario total. El tercer componente del gasto de energía es la energía necesaria para todos tipos de actividad física. Estos tres componentes son las tres principales fracciones del gasto diario de energía (James y Schofield, 1996).

2.4.3. Cálculo del valor energético de un alimento

Si de un alimento se conoce la cantidad de carbohidratos, proteínas y grasas, se puede obtener el total de energía y el porcentaje de contribución de cada uno de estos nutrientes (Velásquez, 2006).

De acuerdo a las directrices para el etiquetado nutricional del Codex Alimentarius, se establece que para el cálculo de los nutrientes de un alimento, un gramo de carbohidratos y proteínas aportan cuatro kilocalorías (kcal) y un gramo de grasas aporta nueve kilocalorías (kcal) (Codex Alimentarius, 1985). Por otra parte un gramo de inulina que es un carbohidrato no digerible aporta 1.5 kilocalorías (kcal) (Madrigal y Sangronis, 2007).

2.4.4. Declaraciones nutricionales de los alimentos

Cuadro 1. Condiciones para declaraciones de propiedades relativas al contenido de nutrientes.

Componente	Propiedad declarada	Condiciones
Valor energético *	Bajo contenido	<40 kcal/100 g en el caso de los sólidos <20 kcal/100 mL en el caso de los líquidos
	Exento	<4kcal por 100 ml (líquidos)
	Bajo contenido	<3 g por 100 g (sólidos) <1.5 g por 100 ml (líquidos)
Grasas *	Exento	<0,5 g por 100 g (sólidos) o 100 ml (líquidos)
	Contenido básico	>3 g por 100 g3
fibra *		>1.5 g por 100 kcal
	Contenido alto	>6 g por 100 g o 3 g por 100 kcal
Proteína **	Fuente de	>12 % del valor energético del alimento
	Al contenido de	>20 % del valor energético del alimento

Fuente: * Codex Alimentarius, 1997. ** Parlamento Europeo, 2006.

2.5. Sistemas para el análisis de los alimentos

El método de Van Soest es el más recomendado para el análisis de forrajes utilizados en la alimentación de rumiantes, mientras que el método de análisis proximal se utiliza para analizar materias primas o alimentos concentrados para monogástricos (Mora, 2007).

2.5.1. Sistema Weende (análisis proximal)

El sistema proximal para el análisis ordinario de los alimentos se diseñó a mediados del siglo XIX en la estación experimental de Weende, en Alemania (Henneberg y Stohmann, 1859). Se creó para obtener una clasificación muy amplia y con un nivel máximo de los componentes de alimentos. El sistema consiste en la determinación analítica del agua (humedad), las cenizas, las grasas brutas (extracción con éter), las proteínas brutas y la fibra bruta. El extracto libre de nitrógeno (ELN), que representa más o menos los azúcares y almidones, se calcula por la diferencia en lugar de medirlo mediante análisis (Greenfield y Southgate, 2006).

Humedad

Los valores del agua siguen siendo un componente esencial de las bases de datos de composición de alimentos, porque el contenido de agua es uno de los elementos más variables, especialmente en los alimentos vegetales. Esta variabilidad afecta a la composición del alimento considerado en conjunto. Las variaciones en el contenido de agua son un importante factor que determina los niveles de otros componentes y los datos sobre dicho contenido permiten comparar los valores de los nutrientes (por ejemplo, para diferentes alimentos o distintos análisis del mismo alimento) sobre la base de una humedad semejante (Greenfield y Southgate, 2006).

Proteína

Las proteínas poseen propiedades nutrimentales, y de sus componentes se obtienen moléculas nitrogenadas que permiten conservar la estructura y el crecimiento de quien la consume; asimismo, pueden ser ingredientes de productos alimenticios y, por sus características funcionales, ayudan a establecer la estructura y propiedades finales del alimento (Badui-Dergal, 2013).

Las unidades más simples de la estructura química común de todas las proteínas son los aminoácidos. El código genético tiene la información para sintetizar 20 distintos aminoácidos, también llamadas residuos, que constituyen los eslabones que conforman péptidos y se denominan proteínas cuando forman cadenas polipeptídicas de altos pesos moleculares (Badui-Dergal, 2013).

El método de Kjeldahl para la determinación de N total es el más utilizado, e incluso se toma como referencia cuando se usan otras técnicas. El método no hace distinción entre el nitrógeno que proviene de proteínas (de grupos amino y amida) y el no proteico (urea, aminoácidos), lo que da lugar a errores de cálculo (Badui-Dergal, 2013). Este método consiste en hacer una digestión con ácido sulfúrico, donde el nitrógeno se convierte en amoniaco, seguido de una destilación del amoniaco con hidróxido de sodio para después titular con un ácido de normalidad conocida (Pearson, 1993).

Extracto etéreo

El extracto etéreo es la grasa contenida en el alimento, sin embargo también están presentes ceras, ácidos orgánicos, alcoholes y pigmentos; la designación de la fracción de grasas o aceites es también incorrecta (McDonald, 1981).

Las grasas alimentarias incluyen todos los lípidos de los tejidos vegetales y animales que se ingieren como alimentos. Las grasas (sólidas) o aceites (líquidos) más frecuentes son una mezcla de triacilglicéridos (triglicéridos) con

cantidades menores de otros lípidos. Los ácidos grasos presentes en varias moléculas de lípidos constituyen la parte con mayor valor nutritivo (FAO, 1997).

El material extraído contiene una serie de clases diferentes de sustancias. Los valores obtenidos dependen en gran medida del método, el método clásico se basa en una extracción continua realizada sobre muestras secas de alimentos en un extractor Soxhlet, esta técnica requiere mucho tiempo y mantiene los lípidos extraídos a temperatura elevada durante largos períodos. El disolvente de extracción es con frecuencia el destilado de petróleo (Greenfield y Southgate, 2006).

Es bien conocida la extracción con cloroformo-metanol, que combina la capacidad de penetración en el tejido del alcohol con el poder de disolución de la grasa del cloroformo. Los extractos obtenidos son completos, pero también pueden contener material no lipídico y puede ser necesaria una nueva extracción para eliminarlo (Greenfield y Southgate, 2006).

Fibra

Con este nombre se designa a un grupo muy amplio de polisacáridos estructurales que no son aprovechados metabólicamente por los animales mono gástricos, incluido el hombre, pero si por los rumiantes y cumplen una función muy importante en el bienestar del individuo. De acuerdo con su solubilidad en agua, las fibras se dividen en solubles e insolubles, ambas fibras limpian el sistema digestivo, evitan la absorción de la glucosa y de colesterol, los cuales previenen la diabetes y los problemas cardiovasculares al depurar el organismo y evitar el estreñimiento (Badui-Dergal, 2013).

La determinación de fibra cruda se lleva a cabo después de digerir la muestra con ácido sulfúrico y posteriormente con hidróxido de sodio y calcinando el residuo (Olvera-Novoa *et al.*, 1993).

Cenizas

Desde el punto de vista nutricional, el registro del porcentaje de cenizas tiene escaso valor, salvo para proporcionar una estimación aproximada del material inorgánico total. Naturalmente, el valor de las cenizas totales es esencial para necesario calcular los carbohidratos (por diferencia) (Greenfield y Southgate, 2006).

Las cenizas representan la fracción correspondiente a los minerales (Caravaca-Rodríguez *et al.*, 2005) y componentes inorgánicos del alimento (McDonald, 1981); sin embargo, las cenizas pueden contener material de origen orgánico, tales como azufre y fósforo de proteínas, y algo de pérdida de material volátil en forma de sodio, cloruro, potasio, fósforo, y azufre que se lleva a cabo durante la ignición. El porcentaje de cenizas, por lo tanto no es realmente todo el material inorgánico representativo del alimento, ya sea cualitativa o cuantitativamente (McDonald, 1981).

Carbohidratos totales (Extracto libre de nitrógeno)

El extracto libre de nitrógeno, también conocido como carbohidratos totales, es un valor derivado, que se obtiene restando los porcentajes de agua, proteínas, grasas y cenizas de 100 para obtener el porcentaje libre de nitrógeno, Incluye todo el material distinto de los carbohidratos no analizado en los otros análisis proximales y los errores acumulativos de las otras mediciones (Greenfield y Southgate, 2006).

2.5.2. Sistema Van Soest

El pobre estado del análisis de alimentos para animales en los años 60, desencadenó el programa de investigación de Peter Van Soest, en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, el cual condujo al sistema detergente de análisis de alimentos. Van Soest logró convencer a la comunidad científica de remplazar el sistema Weende o de análisis proximal (Henneberg y Stohmann 1859) por su sistema detergente. Remplazando fibra cruda y extracto

libre de nitrógeno por solubles en detergente neutro (NDS), fibra detergente ácido, fibra detergente neutro y lignina. De esta manera, fue posible explicar respuestas nutricionales en términos de digestibilidad y consumo de alimentos (Uden *et al.*, 2005).

Fibra detergente neutro

La fibra detergente neutro (FDN) es el residuo remanente después de una solubilización del alimento en detergente neutro. Está compuesta por hemicelulosa, celulosa, lignina, cenizas y proteína ligada, y por esto ha sido comparada con el término “pared celular”. Sin embargo, esta relación no es tal, ya que la pared celular es una estructura biológica muy compleja, mientras que la FDN es un producto analítico con características nutricionales (Jung y Allen, 1995).

Fibra detergente ácido

La fibra en detergente ácido (FDA) es el residuo remanente de la solubilización del alimento en detergente ácido; este detergente provoca la solubilización de los mismos componentes que el detergente neutro más la hemicelulosa (Weiss, 1994).

Digestibilidad de la materia seca

Una manera de calificar la calidad de la materia seca, es con el índice de digestibilidad. Este índice representa la proporción de la materia seca que es digerida por los microorganismos del rumen, en condiciones anaeróbicas. La proporción se multiplica por 100 para reportar la cantidad de materia seca digerida en porcentaje. Las partes digeridas son el contenido celular, y la celulosa y hemicelulosa de la pared celular no unidas a la lignina (Mejía-Delgadillo *et al.*, 2011). Se considera que un forraje tiene alta calidad cuando tiene aproximadamente 70 % de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), menos de 50 % de fibra detergente neutro y más de 15 % fibra bruta (Di Marco, 2011).

2.6. Inulina

La inulina, a menudo llamado por el nombre genérico de oligofructosa, es una mezcla de polisacáridos, compuesta de una cadena de unidades de fructosa unidas por enlaces β (2-1) con una unidad de glucosa terminal (Oliveros y Moreno, 2006).

La inulina es un fructano que se encuentra en muchas plantas como un hidrato de carbono de almacenamiento, también ha sido parte de la dieta diaria del hombre durante varios siglos. La inulina está regularmente presente en las verduras, las frutas y cereales, incluso en el puerro, la cebolla, ajo, el trigo, la achicoria, la alcachofa y el plátano. Industrialmente, la inulina se obtiene de la achicoria, y se usa como ingrediente funcional en comidas que ofrecen una única combinación de interesantes propiedades nutritivas. En particular, los fructanos aumentan el sabor, dan la estabilidad de espumas y emulsiones, también, muestran una excepcional conducta comparada con las grasas, ya que éstas al ser reemplazadas por el hidrato de carbono de inulina muestra la ventaja de no modificar el sabor y textura de los productos agregando a ellos sus beneficios nutritivos (Madrigal y Sangronis, 2007).

Su hidrólisis total produce, además de fructosa, de 5 a 6 % de moléculas de glucosa, que se considera están ubicadas en los extremos de la cadena. La inulinasa es la enzima que actúa sobre los correspondientes enlaces glucosídicos de este polímero; debido a que las furanosas que contiene (fructosa) hacen que la inulina sea muy lábil a la hidrólisis, se ha sugerido usarla como fuente para la obtención comercial de fructosa de alta pureza (Bot, 2004). Mediante su hidrolisis enzimática parcial es posible obtener diferentes compuestos como la oligofructosa, que consiste en una mezcla de oligosacáridos que es desarrollada para fines alimenticios (Marquina y Santos, 2005). Diversos estudios muestran que la ingesta de inulina mejora significativamente la absorción de calcio y magnesio en humanos y roedores (Griffin *et al.*, 2003; Zafar *et al.*, 2004).

Se ha reportado que la inulina, como la oligofructosa es rápida y totalmente fermentadas por la microbiota intestinal, siendo por tanto un prebiótico y, como tal, puede ser combinado ventajosamente con cultivos probióticos en productos lácteos fermentados (Marquina y Santos, 2005). La presencia de inulina en el colon estimula el crecimiento del lactobacilos y bifidobacterias, por ejemplo, disminuye la intolerancia a la lactosa y algunos estudios demostraron que elementos de la partición de las células del *Bifidobacterium* reprimen el desarrollo de tumores (Flamm *et al.*, 2001). No sólo influye en el crecimiento de flora intestinal sino también tendría la propiedad bajar la proporción de colesterol (Barclay, 2010).

Además de su función en la planta como carbohidrato de reserva, se le atribuía también un papel en la tolerancia al estrés hídrico provocado por sequía, frío o salinidad (Valluru y Van den Ende, 2008).

Cuadro 2. Contenido promedio de inulina de algunas especies de plantas en base seca.

Especie vegetal	Inulina (g·100 g ⁻¹)
Pataca (<i>Helianthus tuberosus</i>)	89
Achicoria (<i>Cichorium intybus</i>)	79
Dalia (Dahlia spp.)	59, 54*
Cebolla (<i>Allium cepa</i> L.)	48
Poro (<i>Allium porrum</i> L.)	37
Ajo (<i>Allium sativum</i>)	29
Yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	27
Espárrago (<i>Asparagus officinalis</i> L.)	4
Plátano (<i>Musa cavendishii</i>)	2
Centeno (<i>Secale cereales</i>)	1

Fuente: Van-Loo *et al.* (1995) * De luna-García y Jarquín-Mendoza (2015).

2.7. LITERATURA CITADA

- Aristizábal, J., y Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Roma: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). 134 p.
- Asociación Mexicana De La Dalia o Acocoxochitl A.C. (2014). Dalia. Recuperado de: http://daliaoacocoxochitl.com.mx/1085429_dalia.html
- Badui-Dergal, S. (2013). *Química de alimentos* (5a ed). México: Pearson Educación. 723 p.
- Barclay, T., Ginic-Markovic, M., Cooper, P., and Petrovski, N. (2010). Inulin: a versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses. *Journal of Excipients & Food Chemicals*, 1 (3), 27-50.
- Biblioteca Digital De La Medicina Tradicional Mexicana. (2014). Atlas de la medicina tradicional mexicana (Dalia). Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t&id=7386>
- Bochi-Brum, O., Carro, M. D., Valdés, C., González, J. S., y López, S. (1999). Digestibilidad in vitro de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. *Archivos de. Zootecnia*, 48, 51-61.
- Bot, A., Erle, U., Vreeker, R., and Agterof, W. G. M. (2004) Influence of crystallisation conditions on the large deformation rheology of inulin gels, *Food Hydrocolloids*, 18(4), 547-556.
- Brako, L., y Zarucchi, J. (1993). *Catalogue of the flowering plants and gymnosperms of Peru. Monographs in systematic botany from the Missouri Botanical Garden. Missouri*, E.U.A: Missouri Botanical Garden. 1286 p.
- Buitrago, A. J. A. (1990). *La yuca en la alimentación animal*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 446 p.
- Cáceres, A. (1995). *Plantas de uso medicinal en Guatemala*. Barcelona, España: Blume. 402 p.
- Caravaca-Rodríguez, F. P.; Castel-Genís, J. M.; Guzmán-Guerrero, J. L.; Delgado-Pertíñez, M.; Mena-Guerrero, M. J., Alcalde-Aldea, M. J... y González-Redondo, P. (2005). *Bases de la producción animal*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla. 512 p.
- Carmo, C. A. (2002). *Situación de los cultivos de taro y el ñame en el Estado de Espírito Santo*. Victoria, Brasil: INCAPER. 7 p.
- Castillo-Matamoras, R., Brenes-Angulo, A., Esker, P., y Gómez-Alpíza, L. (2014). Evaluación agronómica de trece genotipos de camote (*Ipomoea batatas* L.). *Agronomía Costarricense*, 38(2), 67-81.

- Ceballos, H. y De la Cruz, A. (2002). Taxonomía y morfología de la yuca. In Ceballos, H. y Ospina, B (Eds.), *La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 586 p.
- Church, D., y Pond, W. (1987). *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. México: Limusa. 200 p.
- Codex Alimentarius (1997). Directrices para el uso de declaraciones nutricionales y saludables CAC/GL 23 (última modificación 2013). Comité del Codex sobre Etiquetado de los Alimentos. 9 p.
- Codex Alimentarius (1985). Directrices sobre etiquetado nutricional (última modificación 2016). Comité del Codex sobre Etiquetado de los Alimentos. 8 p.
- Cusumano, C., y Zamudio, N. (2013). *Manual técnico para el cultivo de batata (camote o boniato) en la provincia de Tucumán (Argentina)*. Tucumán, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 47 p.
- De luna-García, I., y Jarquín-Mendoza, C. A. (2015). Efecto de la fecha de siembra en la concentración de inulina en tubérculos de dalia (*Dahlia spp.*) (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. México. 37 p.
- Di Marco, O. (2011). Estimación de calidad de los forrajes. *Sitio argentino de producción animal, Producir XXI, Bs. As.*, 20(240), 24-30.
- Elizondo, L. M., (2002). Principios básicos de salud. México: Editorial Limusa. 200 p.
- FAO (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura) (1997). *Grasas y aceites en la nutrición humana*. Roma, Italia: Autor. 168 p.
- FAO/FIDA (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación /Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola). (2000). *La economía mundial de la yuca: hechos, tendencias y perspectivas*. Roma, Italia: Autor. 78 p.
- FAO/OMS (Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias, Comité coordinador FAO/OMS para América latina y el Caribe). (2012) Propuesta de nuevo trabajo para una norma regional del codex para el yacón [*Smallanthus sonchifolius* (Opep et Ende. H. Robinson). Codex Alimentarius. 9 p.
- Fernández-Costas, A. (2003). Importancia de la nutrición en el atleta de tercera generación- veterano. *Revista digital*, 58, 1.

- Flamm, G., Glinsmann, W., Kritchevsky, D., Prosky, L., and Roberfroid, M. (2001). Inulin and oligofructose as dietary fiber: a review of the evidence. *Crit. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41, 353-362.
- Garzón-Solís, C., Mejía-Muñoz, J. M., Trejo-Calzada, R., Gómez-Lorence F., Espinosa-Flores A., y Sánchez-Abarca, C. (2009). Fenología de dalia campanulata (*Dahlia campanulata* Saar.): Nueva especie para la horticultura ornamental. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 8, 18-24.
- Glassey, C. (2013). Herbicide application and direct drilling improves establishment and yield of chicory and plantain. *Grass and forage Science*, 68, 178-185.
- Greenfield, H., y Southgate, D. A. T. (2006) *Datos de composición de los alimentos*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 312 p.
- Griffin, I. J., Penni, M. D., Hicks, P. M. D., Heaney, R. P. and Abramsa, S. A. (2003). Enriched chicory inulin increases calcium absorption mainly in girls with lower calcium absorption". *Nutrition. Research*, 23, 901-909.
- Henneberg, W., and Stohmann, F. (1859). On the maintenance feeding of one-year old cattle (Ueber das Erhaltungsfutter volljahrigen Rindviehs.). *J Landwirtsch*, 3, 485-551.
- James, W. P. T., y Schofield, E.C. (1996). *Necesidades humanas de energía: manual para planificadores y nutricionistas*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 141 p
- Jung, H. G., and Allen, M. S. (1995). Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, 73, 2774-2790.
- Kays, S., and Nottingham, S. (2007). *Biology and chemistry of Jerusalem artichoke Helianthus tuberosus L*. Boca Raton. USA: Ed. CRC Press. 496 p.
- Lascarez-Rodríguez, L. (2011). *Rescate y caracterización de una población de Dahlia brevis Sorensen (especies endémica de México en peligro de extinción)* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. México. 63 p.
- Linares, E., Bye, R., Rosa-Ramírez, D., y Pereda-Miranda, R. (2008). El camote. *CONABIO, Biodeversitas*, 81, 11-15.
- Madrigal, L., y Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. Caracas, Venezuela: *Revista ALAN*, 57(4), 387-396.

- Marquina, D., y Santos, A. (2005). Probióticos, prebióticos y salud. *Microbiology international*, 32, 24-27.
- Martí, R. H., Corbino, B. G., y Chludil, D. H. (2011). La batata: el redescubrimiento de un cultivo. *Cienciahoy*, 21(121), 16-23.
- Martí, R. H., Mittidieri, M., Del valle Di Feo, L., Segade, G., y Constantino, A. (2014). *Producción agroecológica de batata para el gran cultivo y la huerta familiar*. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 76 p.
- McDonald, P. Edwards, R. A., and Greenhalgh, J. F. D. (1981). *Animal nutrition*. New York, USA: Editorial Longman. 479 p.
- Mejía-Delgadillo, M. A., Álvarez-Almora, E. G., Pinos-Rodríguez, J. M., Ponce-Medina, J. F., Plascencia-Jorquera, A., Escoboza-García, L. F., y Rodríguez-García, J. (2011). Digestion of wheat hay as compared to alfalfa and ryegrass in steers. *Agrociencia* 45, 13–21.
- Mera-Ovando, L. M, Mejía Muñoz, .J. M, Bye, B. R, Laguna-Cerda, A., Espinosa-Flores, A., y Treviño de Castro, G. (2008). *Diversidad de dalias cultivadas*. Tlalnepantla, Estado de México, México: Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 49 p.
- Mera-Ovando, L. M., y Bye B. R. (2006). La *dahlia*, una belleza originaria de México. *Revista digital universitaria*, 7(11), 1-11.
- Mora, B. I. (2007). *Nutrición animal*. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia. 120 p.
- Oliveros, L., y Moreno, J. (2006). Prebióticos en formulas infantiles. *Anal Pediatr*; 4, 20-29.
- Olvera-Novoa, M. A., Martínez-Palacios, C. A., y Real de León, E. (1993). *Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos*. México D.F.: Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura y la Alimentación (FAO). 93 p.
- Pal-Bais, H., and Ravishankar, G. (2001). *Cichorium intybus* L, cultivation, processing, utility, value addition and biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 467-484.
- Parlamento Europeo y del Consejo. (2006). Reglamento (CE) No 1924 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. Unión Europea: Diario oficial de la Unión Europea. 17 p.
- Pearson, D. (1993). *Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos*. Zaragoza, España: Acribia. 331 p.

- Perea, M., y Buitrago, G. (2000). Aplicaciones de la biotecnología agrícola al cultivo de Ñame. In: Guzmán, M. y Buitrago G (Eds), *Ñame producción de semillas por biotecnología* (pp. 17-32), Santa Fe de Bogotá Colombia: Universidad nacional de Colombia.
- Poot-Matu, J. E., Centurión-Hidalgo, D., Espinosa-Moreno, J., Cázares-Camero, J. G., y Mijangos-Cortés, M. A. (2002). Rescate e identificación de raíces y tubérculos tropicales subexplotados del estado de Tabasco, México. *Etnobiología*, 2, 59-73.
- Ramos-Zapana, R., Arias-Arroyo, G. (2010). Evaluación químico bromatológica de las variedades yurac llajum, qello llajum y yurac checche de *Smallanthus sonchifolius* (poepp & endl).H. Robinson (yacón) procedente de puno. *Ciencia e Investigación*, 13(2), 72-76.
- Raso, E. (1990). Jerusalem artichoke. Effect of nitrogen-potassium fertilizing. *Terra e Sole*, 45 (575-576), 431-433.
- Robinson, H. (1978). Studies in the Heliantheae (Asteraceae), XII Re-establishment of the genus Smallanthus. *Phytologia*, 39(1), 47-53.
- Romero, L. A.; Bruno, O. A.; Fossati, J. L.; y Quaino, O. R. (1988). Fertilización nitrogenada en achicoria (*Cichorium intybus*). *Revista Argentina de Producción Animal*, 8, 323-329.
- Saar, D. E., Polans, N. O., and Sorensen P. D. (2003). A phylogenetic analysis of the genus Dahlia (Asteraceae) based on internal and external transcribed spacer regions of nuclear ribosomal DNA. *System. Bot*, 28, 627-639.
- Sauvant, T. D., Marc, P. J., y Tran, G. (2004). *Tablas de composición y de valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero: cerdos aves, bovinos, ovinos, caprinos, conejos, caballos y peces*. Madrid, España: Editorial Mundi Prensa. 310 p.
- Seminario, J., Valderrama, M., y Manrique, I. (2003). *El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio*. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). 57 p.
- Sorensen, P. D. (1969). Revision of the genus Dahlia (Compositae, Heliantheae Coreopsidinae). *Rhodora*, 71, 367-416.
- Souci, W. S., Fachmann, W., and Kraut, H. (2008). *Food composition and nutrition tables, 7th revised and completed edition*. Stuttgart, Germany: Scientific publishing company. 1300 p.
- Tamiru, M.; Becker, H. C., and Maass, B. L. (2006). Diversity, distribution and management of yam landraces (*Dioscorea spp.*) in Southern Etiopía. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55, 115-131.
- Treviño de Castro, G., Mera Ovando, L. M., Bye, B. R., Mejía-Muñoz, J. M., y Laguna-Cerda, A. (2007). *Historia de la dalia (acocoxóchitl), la flor*

- nacional de México*. Tlalnepantla, Estado de México, México: Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 27 p.
- Uden, P., Robinson, P. H., and Wiseman, J. (2005). Use of detergent system terminology and criteria for submission of manuscripts on new, revised, analytical methods as well as descriptive information on feed analysis and/or variability. *Animal Feed Science and Technology*; 118, 181-186.
- Valluru, R., and Van den Ende. W. (2008). Plant fructans in stress environments: emerging concepts and future prospects. *Journal of Experimental Botany*, 59 (11), 2905-2916.
- Van-Loo, J., Coussement, P., De Leenheer, L., Hoebregs, H., and Smiths, G. (1995). On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*; 35, 525-552.
- Velásquez, G. (2006). *Fundamento de alimentación saludable*. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. 281 p.
- Villaseñor, J. L., y Ortiz, E. (2014). Biodiversidad de plantas con flores (división Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 134-142.
- Weiss, W. P. (1994). Estimation of Digestibility of Forages by Laboratory Methods. In: Fahey, C. G., Collins, M., Mertens, R. D., Moser, E. L. (Eds) *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. (pp 644-681). Madison, Winconsi, USA: American Society of Agronomy.
- Zafar, T. A., Weaver, C. M., Zhao, Y., Martin, B. R. and Wastney, M. E. (2004). Nondigestible oligosaccharides increase calcium absorption and suppress bone resorption in ovariectomized rats. *Journal of Nutrition*, 134, 399-402.

3. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y CONTENIDO DE INULINA EN RAÍCES TUBEROSAS DE CINCO ESPECIES DE DALIA (*Dahlia spp*).

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND INULIN CONTENT IN TUBEROUS ROOTS OF FIVE DALIA (*Dahlia spp*) SPECIES

Eddi Feliciano Jiménez Ruiz¹ y Juan Martínez Solís².

3.1. RESUMEN

El objetivo del estudio fue conocer el desarrollo en campo y la composición química de las raíces tuberosas de cinco especies de dalia (*D. brevis*, *D. campanulata*, *D. coccinea*, *D. merckii*, *D. x. hortorum*). Se transplantó bajo un arreglo en bloques completos al azar; se registró el peso, número de raíces tuberosas y diámetro de la corona. Se evaluaron las variables pH, acidez titulable, °Brix, humedad, materia seca, cenizas, proteína, extracto etéreo, fibra, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa, hemicelulosa, lignina y digestibilidad de la materia seca, con el análisis proximal y el de Van Soest, de acuerdo a la metodología de la AOAC. Sacarosa e inulina se evaluaron por cromatografía de líquidos de alta resolución. Estas variables respuesta se determinaron por triplicado. Se hizo un ANAVA, comparación de medias Tukey y análisis de correlación de Pearson. *D. campanulata* y *D. merckii* mostraron el mayor número de raíces tuberosas y *D. brevis* el más bajo. *D. campanulata* y *D. coccinea* mostraron los valores más altos de peso de raíces tuberosas, carbohidratos y digestibilidad en comparación con *D. brevis* que mostró los valores más bajos. *D. brevis* mostró los valores más altos de proteína, extracto etéreo, fibra detergente neutro y ácido. *D. x. hortorum* y *D. merckii* mostraron los valores más altos de inulina en comparación con *D. campanulata*, *D. coccinea*, y *D. brevis*. Con base en estos resultados se concluyó que aunque *D. brevis* mostró menor número de raíces tuberosas, es la mejor fuente de proteínas, lípidos y fibra detergente neutro y ácido. Por otro lado, *D. campanulata* y *D. coccinea* fueron consideradas la mejor fuente de carbohidratos por su alta digestibilidad y contenido en materia seca. Finalmente, en base a su alto contenido de inulina, *D. x. hortorum* y *D. merckii* podrían ser un buen alimento funcional para los seres humanos.

Palabras clave: raíces tuberosas, *Dahlia spp*, análisis proximal, Van Soest, inulina.

ABSTRACT

The objective of this study was to know the development in the field and nutritional content of the tuberous roots of five dahlia species (*D. brevis*, *D. campanulata*, *D. coccinea*, *D. merckii*, *D. x. hortorum*). They were transplanted under a randomized complete block design; weight, crown diameter and number of tuberous roots were recorded. The variables pH, titratable acidity, °Brix, moisture, dry matter, ash, protein, ether extract, fiber, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, cellulose, hemicellulose, lignin and dry matter digestibility were evaluated with proximal analysis and the Van Soest procedure, according to the AOAC methodology. Sucrose and inulin were assessed by high performance liquid chromatography. These response variables were determined in triplicate. An ANOVA, Tukey's comparison of means and Pearson's correlation analysis were made. *D. campanulata* and *D. merckii* showed the highest number of tuberous roots and *D. brevis* the lowest. *D. campanulata* and *D. coccinea* showed the highest values for tuberous root weight, carbohydrates and digestibility, whereas *D. brevis* showed the lowest values. *D. brevis* showed the highest values of protein, ether extract, and neutral and acid detergent fiber. *D. x. hortorum* and *D. merckii* showed higher values of inulin when compared with *D. campanulata*, *D. coccinea*, and *D. brevis*. Based on these results, it was concluded that although *D. brevis* showed the lowest number of tuberous roots, it is the best source of protein, lipids, and neutral and acid detergent fiber. On the other hand, *D. campanulata* and *D. coccinea* were considered the best source of carbohydrates because of their high digestibility and dry matter content. Finally, based on their high inulin content, *D. x. hortorum* and *D. merckii* could be good functional foods for humans.

Keywords: tuberous roots, *Dahlia spp*, proximal analysis, Van Soest, inulin.

3.2. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la dalia se remonta a la época de esplendor del imperio azteca cuando su belleza cautivó tanto a los gobernantes mexicas, que iniciaron los procesos de domesticación de la planta (Treviño de Castro *et al.*, 2007).

En particular resulta relevante la presencia de la dalia en el mundo desde mediados del siglo XVIII, en un inicio por el interés alimenticio de sus raíces tuberosas, que fueron consumidas de la misma manera que la papa, y luego por la vistosidad, abundancia de sus flores y diversidad de formas y colores (Sorensen, 1969).

La dalia ha sido propuesta como flor nacional por instituciones oficiales y particulares entre los que pueden citarse: la Sociedad Botánica de México, Periódico Excélsior y la Unión Nacional de Floricultores y Viveristas, por lo que el 13 de mayo de 1963 en el Diario Oficial de la Federación el Presidente Adolfo López Mateos, expidió un decreto por el cual declaró a la Dalia como símbolo de la floricultura nacional, en todas sus especies y variedades (Asociación Mexicana de la Dalia, 2014).

Ha sido una planta muy arraigada a nuestra cultura y tradiciones desde tiempos precolombinos, ya que poseía una gran variedad de usos como el ornamental, alimenticio, medicinal, ceremonial y también uso como forraje. Los nativos utilizaban esta planta como un remedio contra la tos crónica, como tónico diurético, diaforético y contra los cólicos (Mera-Ovando y Bye, 2006).

La dalia se ha extendido por casi todos los países del mundo, sin embargo, en México se conoce muy poco acerca de su cultivo y mejoramiento. A pesar de ser el país de origen (Treviño de Castro *et al.*, 2007).

Los tubérculos de dalia son una fuente de inulina, aunque también se encuentra eriodictiol, diastasa, fitina y ácido benzoico, componentes químicos que son medicinalmente activos (Whitley, 1985; Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana, 2014).

La inulina, a menudo llamado por el nombre genérico de oligofructosa, es una mezcla de polisacáridos, compuesta de una cadena de unidades de fructosa unidas por enlaces β (2-1) con una unidad de glucosa terminal (Oliveros y Moreno, 2006.). Es un fructano que se encuentra en muchas plantas como un hidrato de carbono de almacenamiento, que aumenta el sabor, da estabilidad a espumas y emulsiones. Industrialmente, la inulina se obtiene de la achicoria, y se usa como ingrediente funcional en comidas que ofrecen una única combinación de interesantes propiedades nutritivas. (Madrigal y Sangronis, 2007).

De manera general en la actualidad el uso de la dalia es meramente ornamental, el aprovechamiento está enfocado en la producción de flores, sin embargo, la dalia posee diversos usos potenciales. Para las raíces tuberosas, por ejemplo, se han descrito usos alimenticios y medicinales. En este sentido el estudio de las propiedades de la raíz tuberosa es importante para sustentar dichos usos mediante el análisis de los elementos que la componen, a partir de los cuales derivan las propiedades alimenticias y medicinales que posee. De tal manera que al conocer las propiedades de las raíces tuberosas de dalia se tendrá una alternativa más de aprovechamiento, ampliando su uso en las zonas donde se produce e impulsando el cultivo en lugares donde no se conoce, ya que muchos de los productores desechan las raíces tuberosas, las cuales pueden ser consumidas por ellos mismo o comercializarlas. Con esto se pretende realizar aportaciones a los distintos sectores como son en la nutrición humana y animal y realizar un impulso a las zonas productoras de dalia, las cuales tienen a esta noble planta como medio de subsistencia. Asimismo, se abre un campo para futuras investigaciones sobre este cultivo, como es en el mejoramiento genético de la dalia, para obtener variedades de mayor calidad, con beneficios tanto para los humanos y animales, así como de alto rendimiento en campo. De este modo en el presente trabajo presenta los siguientes:

El objetivo general del presente experimento fue evaluar el desarrollo en campo y conocer la composición química y de inulina de las raíces tuberosas de cinco especies de dalia (*D. brevis*, *D. campanulata*, *D. x. hortorum*, *D. merckii*, *D. coccinea*).

Dentro de los objetivos específicos fueron evaluar el desarrollo en campo de las variables número y peso de raíces tuberosas y diámetro de la corona, realizar un análisis proximal y un análisis con el sistema Van Soest para conocer el porcentaje digestibilidad de la materia seca destinada a la alimentación de rumiantes y determinar la concentración de inulina, para finalmente determinar si existen correlaciones estadísticas entre las variables a evaluar.

3.3. MATERIALES Y MÉTODOS

Etapas I. Trabajo de Campo

Se utilizaron plantas de cinco especies de dalia (*D. brevis*, *D. campanulata*, *D. coccinea*, *D. merckii*, *D. x. hortorum*), las cuales fueron propagadas por semilla en el mes de febrero, las semillas fueron colectadas por la Red de Dalia del SINAREFI, el trasplante en campo se llevó a cabo durante el mes de junio de 2016 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, el arreglo de las plantas se realizó bajo un diseño en bloques completos al azar, a una distancia entre surcos de 70 cm y una distancia entre plantas de 60 cm, 1 m para *Dahlia campanulata*, con cuatro repeticiones por especie, cada repetición estuvo compuesta 20 plantas.

En el mes de diciembre, cuando las plantas ya estaban completamente secas, se llevó a cabo la cosecha manual de las raíces tuberosas de las cinco especies de dalia evaluadas.

3.3.1. Diámetro de la corona, peso de raíces tuberosas y número de raíces tuberosas por planta

La medición del diámetro de la corona se realizó en centímetros con la ayuda de un vernier, registrando individualmente el valor por planta en cada una de las especies.

Se registró en gramos el peso de las raíces tuberosas con la ayuda de una báscula OHAUS, pesando individualmente las plantas de cada una de las especies.

Se registró el número de raíces por planta de cada una de las especies evaluadas.

Para el análisis de los datos se realizó un ANAVA en bloques completos al azar, una comparación de media Tukey ($p \leq 0.05$) y correlaciones de Pearson con una probabilidad de 99 %, con el programa estadístico SAS, versión 9.0.

Etapas II: Trabajo de laboratorio

Se utilizaron raíces tuberosas de cinco especies de dalia (*D. brevis*, *D. campanulata*, *D. coccinea*, *D. merckii*, *D. x. hortorum*) colectadas en el campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo; se tomaron tres muestras, cada muestra estuvo compuesta por cuatro plantas de cada especie, teniendo finalmente un total de tres repeticiones, las cuales se evaluaron por duplicado.

Las variables evaluadas fueron pH, acidez titulable, grados Brix, humedad, materia seca, cenizas, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda, carbohidratos totales (extracto libre de nitrógeno), fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, lignina, hemicelulosa, sílice, digestibilidad de la materia seca e inulina. Para el análisis químico de las variables de laboratorio se empleó la metodología descrita en el Manual de Procedimientos Analíticos para Alimentos de Consumo Animal (Sosa de Pro, 1979) basados en la metodología de la AOAC (1975).

3.3.2. Grados Brix

Se realizó previamente la calibración del refractómetro digital usando agua destilada, enseguida se tomó una porción de raíz tuberosa de dalia previamente lavada y cortada en rodajas y se exprimió hasta obtener una gota del jugo, la cual se depositó en el prisma del área de muestreo del refractómetro digital y se obtuvo la lectura, posteriormente se procedió a lavar el área de muestreo del refractómetro digital con agua destilada y se secó con una servilleta. Este procedimiento se repitió sucesivamente hasta tener todas las lecturas.

3.3.3. Humedad parcial

Las muestras de raíces tuberosas de dalia previamente lavadas se cortaron en rodajas y se colocaron en cajas de papel forradas con una bolsa de plástico y se agregó aproximadamente 400 g de muestra, las cuales se colocaron en una estufa a 50 °C hasta obtener un peso constante; posteriormente se dejó enfriar y se registró el peso final usando una balanza analítica. Para los cálculos, se

obtuvo la pérdida de peso en gramos y se expresó como porcentaje de la muestra. Una vez obtenida la humedad parcial, las muestras secas parcialmente fueron molidas con una licuadora hasta obtener un polvo y guardadas en bolsas de plástico para usarlas para su posterior análisis.

3.3.4. pH

Se pesaron cinco gramos de muestra de raíces tuberosas de dalia y se licuaron con 100 ml de agua destilada; posteriormente se filtró y se tomó una alícuota a la cual se le midió el pH con el potenciómetro.

3.3.5. Acidez titulable

Se pesaron cinco gramos de muestra de raíces tuberosas de dalia y se licuaron con 100 ml de agua destilada; posteriormente se filtró y se tomó una alícuota de 5 ml, a la cual se le agregó tres gotas del indicador fenoftaleina y se tituló con hidróxido de sodio al 0.093 N. para los cálculos se tomaron los miliequivalentes del ácido benzoico (0.12212), que es el ácido presente en mayor proporción en las raíces tuberosas de dalia de acuerdo a lo citado por Whitley (1985) (Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana, 2014).

3.3.6. Materia seca total

Se pesaron las cajas de aluminio para humedad con la tapa sobre la base, estas cajas fueron previamente secadas hasta obtener peso constante; posteriormente se pesaron en las mismas un gramo de muestra de raíces tuberosas de dalia aproximadamente y se pusieron a secar en la estufa a 100 °C de temperatura hasta obtener peso constante. Cuando estuvieron totalmente secas se taparon y se enfriaron en un desecador por 30 min, posteriormente se pesaron en la balanza analítica. Para los cálculos se obtuvo la pérdida de peso en gramos y se expresó como porcentaje de la muestra. En todas las manipulaciones se usaron pinzas. El porcentaje de humedad y porcentaje de materia seca son los datos finales que se reportan de acuerdo al análisis de los alimentos.

3.3.7. Cenizas y materia orgánica

Sobre el crisol de porcelana previamente pesado, se colocó un gramo de muestra de raíces tuberosas de dalia y se realizó una pre incineración quemando en el mechero sobre un triángulo de porcelana el crisol con su contenido, hasta suspensión de humos, enseguida, los crisoles se colocaron en una mufla durante dos horas a una temperatura de 500 °C, después de este tiempo se pasaron a un desecador para enfriarlos por 30 minutos y se obtuvo el peso final del residuo con una balanza analítica y se expresó como porcentaje de la muestra y por diferencia se calculó el porcentaje de materia orgánica.

3.3.8. Proteína cruda

Se pesó por diferencia alrededor de 0.5 g de muestra de raíces tuberosas de dalia, la muestra se puso en un matraz de Kjeldahl de 800 ml, y se le adicionó alrededor de 10 g de mezcla catalizadora y 25 ml de ácido sulfúrico concentrado grado reactivo.

Se colocó el matraz con su contenido en la parrilla de digestión, para calentar hasta que la solución tuviera una coloración transparente, en ese momento se suspendió el calentamiento y se dejó enfriar manteniendo encendido el extractor para eliminar los gases.

Antes de que el residuo digerido en el matraz se solidificara se le adicionó lentamente sobre las paredes 125 ml de agua destilada, 10 piedras de ebullición tratadas con NaOH y lentamente por las paredes y manteniendo el matraz inclinado 50 ml de solución de NaOH al 28.6 %.

Por otro lado se colocaron 32 ml de ácido bórico al 5 % con dos gotas de solución indicadora de proteína en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, el matraz se colocó bajo el refrigerante del destilador con el tubo recolector ligeramente sumergido dentro de la solución de ácido bórico.

El matraz kjeldahl se conectó al refrigerante del destilador, se selló perfectamente y se puso a calentar, donde se destilaron aproximadamente dos terceras partes de su contenido (125 ml en el matraz Erlenmeyer).

Una vez recolectados los 125 ml en el matraz Erlenmeyer, este se retiró antes de apagar el mechero para evitar sifoneo.

Se tituló el destilado con solución valorada de ácido clorhídrico 0.1 N hasta la aparición de un color violeta tenue. Procesando los datos del gasto de ácido clorhídrico se obtuvo el porcentaje de nitrógeno en la muestra, el cual se multiplica por 6.25 para obtener lo que se conoce como proteína cruda.

3.3.9. Grasa cruda (Extracto etéreo)

Metodología (Folch *et al.*, 1957; Bligh y Dyer, 1959.)

Se pesó por diferencia alrededor de 0.5 g de muestra de raíces tuberosas de dalia previamente secas a 100 °C, con el mortero y adicionando en el 12 ml de la solución de cloroformo-metanol (2:1), se trituró la muestra hasta que no quedaran residuos grandes. El extracto se colocó en el tubo de ensayo y se le agregó 3.3 ml de la solución de hidróxido de sodio al 0.83 %, posteriormente se agitó y se dejó reposar alrededor de 10 min, pasado el tiempo se filtró en otro tubo de ensayo para quitar los residuos de las raíces tuberosas de dalia, ya filtrado con la ayuda de una pipeta se quitó el sobrenadante, el resto se colocó en un vaso de extracción Goldfish previamente secado y pesado.

En el aparato de extracción Goldfish, se colocó un tubo recolector de solución cloroformo-metanol y el vaso con la muestra, se abrió la llave de agua y se subieron las parrillas hasta tener contacto con la base del vaso de extracción.

Se inició el calentamiento y se estuvo observando hasta que toda la solución cloroformo-metanol se evaporara, posteriormente se bajaron las parrillas dejando que terminara de gotear el tubo recolector, se desenroscó el vaso de

extracción y se retiró el tubo recolector colocando la solución cloroformo-metanol en un recipiente especial para cloroformo-metanol usado.

Los vasos de extracción de Goldfish se introdujeron con una pinza a la estufa y se dejó durante 30 min a 100 °C, después se dejó enfriar en el desecador durante 30 min, para los cálculos se pesó el residuo de la extracción con la balanza analítica y se expresó como porcentaje de la muestra.

3.3.10. Fibra cruda

Se pesó por diferencia alrededor de 0.3 g de muestra de raíces tuberosas de dalia y se depositó en el vaso Berzelius sin vertedor, al vaso se le adicionaron 100 ml de solución de ácido sulfúrico 0.255 N y se colocó en el digestor de fibra cruda, se abrió la llave de agua y se prendió el equipo, se dejó hervir por 30 min contados a partir de iniciarse la ebullición.

Pasados los 15 min se filtró con la ayuda de un equipo de filtrado al vacío, poniendo la muestra en el embudo de Büchner con filtro de tela, con la ayuda del gendarme se desprendieron todas las partículas adheridas al vaso, tratando de no dejar residuos en él, haciendo lavados con agua caliente destilada en porciones de 50 ml hasta obtener reacción negativa al anaranjado de metilo, colocando una gota del filtrado en el vidrio de reloj, cuando en la reacción se apreció un color naranja y no un rojo se dejó de filtrar.

Una vez filtrado, se transfirió el residuo en el mismo vaso Berzelius haciendo los lavados del filtro de tela con solución de hidróxido de sodio 0.313 N caliente contenido en una pizeta hasta tener 100 ml de la solución, tratando de no dejar ningún residuo en el filtro de tela.

El vaso se puso en el digestor de fibra cruda, se abrió la llave de agua y se encendió el equipo, se dejó hervir por 30 min, contados a partir de iniciarse la ebullición. Pasados los 15 min se filtró con la ayuda de un equipo de filtrado al vacío en un crisol Gooch con filtro de fibra de vidrio, se cuidó no dejar residuos en el vaso Berzelius, haciendo lavados con agua caliente destilada en

porciones de 50 ml hasta obtener reacción negativa con la solución indicadora de fenolftaleína, colocando una gota del filtrado en el vidrio de reloj, cuando en la reacción no se apreció ningún color se dejó de filtrar, se lavó el exterior del crisol con agua destilada fría contenida en una pizeta y se llevó a la estufa dejándolo secar durante una noche a 100 °C.

Una vez seco, se dejó enfriar en el desecador durante media hora para después registrar el peso de la fibra en gramos, enseguida, los crisoles se colocaron en una mufla durante dos horas a una temperatura de 500 °C, una vez calcinados, se dejó enfriar en el desecador durante media hora para después registrar el peso en gramos y se expresó como porcentaje de la muestra seca y desengrasada (en estos pasos se usaron pinzas).

3.3.11. Carbohidratos totales (ELN)

El extracto libre de nitrógeno, también conocido como carbohidratos totales se obtuvo restando los porcentajes de agua, proteína, grasas y cenizas de 100 para obtener el porcentaje libre de nitrógeno, Incluye todo el material distinto de los carbohidratos no analizado en los otros análisis proximales y los errores acumulativos de las otras mediciones.

3.3.12. Valor energético

El valor energético se obtiene a partir de los valores de proteína y carbohidratos totales en base seca, que se multiplica por cuatro, ya que son las kilocalorías que aporta un g de estas variables; para la grasa se multiplica el contenido por nueve, que son las kilocalorías que aporta un gramo de esta variable (Codex Alimentarius, 1985). Para este caso como se conoce y se determinó el contenido del carbohidrato presente en las raíces tuberosas de dalia (inulina), se tomara este valor para ser multiplicado por 1.5, ya que son las kilocalorías que aporta un g del fructano inulina (Madrigal y Sangronis, 2007). Finalmente se suman las kilocalorías que aportan cada una de las variables para obtener las kilocalorías totales que aportan las raíces tuberosas de dalia en base seca.

3.3.13. Fibra detergente neutro

Se pesó por diferencia alrededor de 0.3 g de muestra de raíces tuberosas de dalia y se depositó en el vaso Berzeliuz, al vaso se le adicionó 20 ml de solución de detergente neutro y se puso en la parrilla, se abrió la llave de agua y se prendió la parrilla, se dejó hervir por 30 min, contados a partir de iniciarse la ebullición.

Pasados los 30 min, se filtró con la ayuda de un equipo de filtrado al vacío, poniendo la muestra en el crisol Gooch con filtro de fibra de vidrio previamente pesado, con la ayuda del gendarme se desprendieron todas las partículas adheridas al vaso, tratando de no dejar residuos, haciendo lavados con agua destilada caliente hasta que dejó de salir espuma. Una vez filtrado, se llevó el crisol a la estufa dejándolo secar durante una noche a 100 °C.

Una vez seco, se dejó enfriar en el desecador durante media hora, para el cálculo se pesó el residuo en la balanza analítica y se expresó como porcentaje de la muestra. (En estos pasos se usaron pinzas).

3.3.14. Fibra detergente ácido

Se pesó por diferencia alrededor de 0.3 g de muestra de raíces tuberosas de dalia y se depositó en el vaso Berzeliuz sin vertedor, al vaso se le adicionaron 20 ml de solución de detergente ácido y se colocó en la parrilla, se abrió la llave de agua y se prendió la parrilla, al iniciarse la ebullición se tomó el tiempo de una hora vigilando que no se derrama el detergente ya que produce espuma.

Pasada la hora se filtró con la ayuda de un equipo de filtrado al vacío, poniendo la muestra en el crisol de Gooch con filtro de fibra de vidrio previamente pesado, con la ayuda del gendarme se desprendieron todas las partículas adheridas al vaso, tratando de no dejar nada de residuos, haciendo lavados con agua destilada caliente, haciendo pruebas con la ayuda del vidrio de reloj, poniendo un poco del agua filtrada y adicionando una gota de la solución indicadora de anaranjado de metilo, cuando se apreció color rojo significaba

que aún se requería filtrar y cuando en la reacción se apreció un color anaranjado se dejó de filtrar. Una vez filtrado, se llevó el crisol a la estufa dejándolo secar durante una noche a 100 °C.

Una vez seco, se dejó enfriar en el desecador durante media hora. Para el cálculo se pesó el residuo en la balanza analítica y se expresó como porcentaje de la muestra. (En estos pasos se usaron pinzas).

3.3.15. Celulosa, Lignina, Sílice, Hemicelulosa, Contenido celular

Se colocó el crisol de Gooch que contenía la fibra detergente ácido en el crisol de porcelana de 100 ml, adicionando en el crisol suficiente ácido sulfúrico para cubrir la muestra de fibra detergente ácido, el tiempo que se dejó sumergida la muestra fue calculado multiplicando la cantidad exacta de muestra de raíces tuberosas de dalia que se usó por 180.

Un minuto antes de terminar el tiempo que se dejó sumergido el crisol de Gooch que contenía la fibra detergente ácido, se colocó sobre un triángulo de porcelana para que escurriera el ácido, posteriormente se colocó el crisol de Gooch en el equipo de filtración y se filtró con vacío usando agua destilada caliente, haciendo pruebas con la ayuda del vidrio de reloj, poniendo un poco del agua filtrada y adicionando una gota de la solución indicadora de anaranjado de metilo, cuando se apreció un color rojo significaba que aún se requería filtrar y cuando en la reacción se apreció un color anaranjado se dejó de filtrar. Una vez filtrado, se llevó el crisol a la estufa dejándolo secar durante una noche a 100 °C.

Una vez seco, se dejó enfriar en el desecador durante media hora para después registrar el peso (en estos pasos se usaron pinzas). Con los datos de los pesos obtenidos se calculó el porcentaje de celulosa.

Una vez que se tuvo el crisol pesado, se colocó en la mufla para incinerar su contenido, dejándolo durante 2 horas a 500 °C.

Una vez pasadas las dos horas, se dejó enfriar en el desecador durante media hora para después registrar el peso (en estos pasos se usaron pinzas). Con los datos de los pesos obtenidos se calculó el porcentaje de lignina y sílice.

La hemicelulosa se calculó restando el porcentaje de fibra detergente neutro en base seca menos el porcentaje de fibra detergente ácido base seca.

El contenido celular se calculó por diferencia, restándole a 100 el porcentaje de fibra detergente neutro base seca obtenido.

Todos los resultados de las variables se pasaron a base seca excepto para el extracto etéreo, fibra cruda, carbohidratos totales (ELN), contenido celular, materia orgánica y hemicelulosa.

3.3.16. Digestibilidad de la materia seca (DMS)

La digestibilidad se estimó por medio de un método indirecto usando la fórmula descrita por Van Soest (1968).

Se calculó el límite superior de la digestibilidad de la materia seca (DMS) sin incluir los datos de sílice, por otro lado se calculó el límite inferior de la digestibilidad de la materia seca incluyendo los datos de sílice.

$$\% \text{ DMS} = 0.98 * (100 - \text{Fibra detergente neutro}) - 12.9 + \text{fibra detergente neutro} * (1.473 - 0.7891 * \text{Log Lignina}) - 3 * (\text{Sílice})$$

3.3.17. Inulina y sacarosa

Se trituró en un mortero alrededor de 3 g de muestra de raíces tuberosas de dalia, hasta el punto de obtener una muestra en polvo, posteriormente la muestra se introdujo en una bolsa de tela y se colocó en un liofilizador donde permaneció por una semana.

Se tomó alrededor de 0.2 g de la muestra liofilizada y se colocó en un tubo de ensayo, al cual se le agregó agua destilada considerando que si el peso fue

inferior a 0.2 g se agregaron 3 ml de agua, por otro lado, a las muestras superiores a 0.2 g se le agregaron 5 ml de agua. Posteriormente, se colocó en un homogenizador para agitar la solución hasta obtener una mezcla homogénea y finalmente se colocó a baño maría a una temperatura de 85°C durante 15 minutos.

Pasado los 15 minutos, la solución se pasó por un filtro de membrana de 250 μm de diámetro, para facilitar el análisis. Para determinar la concentración de inulina y sacarosa. La muestra filtrada se introdujo en un equipo de HPLC (Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución), donde se usó una columna para carbohidratos (HPX-87C, Bio-Rad) los cuales nos arrojaron datos, los cuales fueron usados para hacer los cálculos de inulina y sacarosa.

Para el análisis estadístico de los datos de laboratorio se realizó un análisis de varianza bajo el diseño completamente azar con seis repeticiones, ya que tomaron en cuenta los duplicados de cada repetición, comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$) y correlaciones de Pearson con una probabilidad de 99 %, junto con las demás variables evaluadas de campo, con el programa estadístico SAS, versión 9.0.

3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.4.1. Número de raíces tuberosas , peso de raíces tuberosas y diámetro de la corona

En lo referente a la variable número de raíces tuberosas (Cuadro 3), las especies *Dahlia merckii* y *Dahlia campanulata* presentaron 13.59 y 13.30 raíces tuberosas que fueron los valores más altos ($p \leq 0.05$) superando en 68 y 67.3 %, respectivamente a *Dahlia brevis*, la cual mostró el valor más bajo con 4.35 raíces tuberosas. Las especies restantes tuvieron un comportamiento intermedio entre las previamente referidas y presentaron 27.2 y 40.5 % menos de raíces tuberosas que las dos primeras.

En otros estudios Lascarez-Rodríguez (2011) reportó en *Dahlia brevis* cuatro raíces tuberosas por planta, valor similar al encontrado en el presente estudio, mientras que De Luna-García y Jarquín-Mendoza (2015) reportaron 13.5 raíces tuberosas por planta en *Dahlia x. hortorum* y Pineda-Marín (2016) reportó 14 raíces por planta en *Dahlia coccinea*, los cuales son valores superiores a los encontrados en el presente estudio.

En este contexto, Ramos-Zapana y Arias-Arroyo (2010) reportaron para el yacón 13.7 raíces tuberosas por planta, lo cual es similar a lo obtenido por las especies *Dahlia campanulata* y *Dahlia merckii*. Por su parte, Castillo-Matamoras et al. (2014) obtuvieron para el camote 3.45 raíces tuberosas por planta, valores inferiores a los que presentaron las cinco especies de dalia analizadas.

La formación de raíces tuberosas ocurre desde los primeros días de desarrollo de la planta, y se detiene aproximadamente tres semanas antes de la aparición del primer botón floral, para después diferenciarse únicamente en peso y tamaño (Mejía-Muñoz y Mendoza-Arizmendi, 1995).

Respecto a la variable peso de raíces tuberosas (Cuadro 3), *Dahlia campanulata* presentó (1177 g) y *Dahlia coccinea* (871.6 g) mostraron los mayores valores ($p \leq 0.05$) superando en 93.9 y 91.7 %, respectivamente a

Dahlia brevis, la cual presentó el menor valor (72.2 g,) de esta variable. Las especies restantes tuvieron un comportamiento intermedio entre las anteriormente referidas y son 50.2 y 70.4 % de menor peso que las dos primeras.

En otros estudios Pineda-Marín (2016) reportó un peso de raíces por planta en *Dahlia coccinea* de 0.718 a 1.3 kg, los cuales son valores similares a lo encontrado en el presente estudio. Por su parte Garzón-Solís *et al.* (2009) reportó un peso de 1.7 a 2 kg en *Dahlia campanulata*, valores superiores a los encontrados en este trabajo.

En este contexto, Ramos-Zapana y Arias-Arroyo (2010) reportaron en yacón un peso de 241.73 g, valor inferior al peso obtenido en las raíces tuberosas de las cinco especies de dalia, a excepción de *Dahlia brevis*. Asimismo, Castillo-Matamoros *et al.* (2014) reportaron en camote un peso de 93 g, valor igualmente inferior a los obtenidos a partir de las raíces tuberosas de las cinco especies de dalia analizadas.

Moser y Hess (1968); Zimmerman y Hitchcock (1929), reportaron que el desarrollo de las raíces tuberosas de dalia está influenciado por el fotoperiodo, dalias cultivadas en días largos no agrandan sus raíces tuberosas, sin embargo dalias cultivadas en días cortos aumentan el peso de sus raíces tuberosas.

Respecto a la variable diámetro de corona (Cuadro 3), *Dahlia coccinea* presentó un diámetro de 2.35 cm y *Dahlia campanulata* 2.22 cm, siendo éstos los mayores valores ($p \leq 0.05$) superando en 69.2 y 70.9 %, respectivamente a *Dahlia revis*, que presentó el diámetro más bajo (0.69 cm), en tanto que las especies restantes tuvieron un comportamiento intermedio entre las de mayor comportamiento, siendo 32.3 y 44.2 %, de menor tamaño que las dos primeras. De acuerdo con lo reportado por Mejía-Muñoz y Mendoza-Arizmendi (1995), existe una estrecha relación entre el incremento en diámetro de la corona y el crecimiento en peso de raíz.

Las cinco especies de dalia se desarrollaron bajo las mismas condiciones, por lo que, los resultados obtenidos de las variables número de raíces tuberosas, peso de raíces tuberosas y diámetro de la corona, se derivan de las características morfológicas propias de cada una de las especies, descritas por Sorensen (1969) y Saar *et al.* (2003). De acuerdo a la descripción morfológica descrita por estos mismos autores, *Dahlia campanulata* y *Dahlia coccinea* son las especies de porte alto, asimismo dichas especies en este estudio presentaron mayor diámetro de la corona y mayor peso de raíces tuberosas, por otra parte *Dahlia brevis* presentó menor tamaño, menor diámetro de la corona y menor peso de raíces tuberosas, lo que infiere que existe una estrecha relación entre la altura de planta respecto al diámetro de la corona y el número de las raíces tuberosas que presente cada especie.

Las especies de dalia estudiadas presentan raíces tuberosas fasciculadas (Figura 1); *Dahlia brevis* presenta raíces pequeñas de forma redonda a ovoides, *Dahlia coccinea* raíces de forma ovoide de mayor tamaño que *Dahlia brevis* y, *Dahlia merckii* raíces delgadas y alargadas de forma tubular con terminación redonda; finalmente, *Dahlia x. hortorum* presenta raíces ovoides alargadas, mientras que *Dahlia campanulata* presenta raíces de gran tamaño, alargadas y engrosadas.

En este sentido, la forma y tamaño de la raíz tuberosa determinan la facilidad o complejidad en el manejo de la especie, por lo que, *Dahlia campanulata* presenta mayor dificultad para ser cosechada seguida de *Dahlia merckii*. Con respecto al manejo para el procesamiento de la raíz, *Dahlia merckii* resulta más fácil su manejo, comparada con *Dahlia coccinea* que presenta mayor dificultad al momento del pelado por ejemplo. Asimismo, para el transporte y almacenamiento la especie *Dahlia brevis* presentará mayor facilidad de manejo respecto a las demás especies analizadas.



Figura 1. Raíces tuberosas de las cinco especies de dalia analizadas

Cuadro 3. Comparación de medias de número de raíces tuberosas peso de raíces tuberosas y diámetro de la corona por planta de cinco especies de dalia.

Especie	Número de raíces tuberosas	Peso de raíces tuberosas (g)	Diámetro de la corona (cm)
<i>D. brevis</i>	4.35 c [†]	72.2 d	0.69 c
<i>D. campanulata</i>	13.30 a	1177 a	2.22 a
<i>D. coccinea</i>	8 b	871.6 ab	2.35 a
<i>D. merckii</i>	13.59 a	510.2 bc	1.27 b
<i>D. x. hortorum</i>	9.79 b	303.1 cd	1.54 b
DMSH	2.6462	373.04	0.3209

[†] Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

3.4.2. Grados Brix, pH y acidez titulable

Respecto a la variable grados Brix (Cuadro 4), la especie *Dahlia campanulata* presenta 24.73, el cual es el mayor valor ($p \leq 0.05$) superando en 57.7 % a *Dahlia brevis* que presenta estadísticamente el valor más bajo (10.45); las especies restantes tuvieron un comportamiento intermedio, no obstante, reportan 25.6, 40.8 y 44.8 % menos de grados Brix que *Dahlia campanulata*.

En otros estudios Jiménez-Ruiz (2014) reportó en *Dahlia campanulata* 25 °Bx, en *Dahlia x. hortorum* 14.65 °Bx, que son valores similares a los encontrados en el presente estudio, para la especie *Dahlia merckii* reportó 8 °Bx, el cual es un valor inferior al encontrado en el presente estudio. En este contexto, entre más grados Brix contiene un alimento, este presenta mayor porcentaje de sólidos solubles totales (azúcares, ácidos, sales, etc.).

En cuanto a la variable potencial de hidrógeno (pH) (Cuadro 4), *Dahlia brevis* presentó un valor de 6.46, *Dahlia x. hortorum* 6.09, *Dahlia merckii* 5.97 y *Dahlia campanulata* 5.96, los cuales fueron los mayores valores ($p \leq 0.05$), superando en 20, 15.1, 13.4, 13.1 %, respectivamente a *Dahlia coccinea*, misma que mostró la mayor acidez (5.17).

Las raíces tuberosas de las cinco especies de dalia analizadas, pueden presentar oscurecimiento enzimático durante su procesamiento y afectar su calidad organoléptica, lo anterior, debido a la actividad enzimática, la cual tiene una actividad optima con pH de 5 a 7 (Badui-Dergal, 2013). El pH ácido o muy alcalino, inhibe la reacción de la enzima (Santos-Moreno, 1995), así como tratamientos térmicos de 70 a 90 °C durante poco tiempo (Badui-Dergal, 2013). Por otro lado también podrían presentar una hidrólisis parcial al extraer la inulina, ya que se necesita de un pH de 7.6 durante el proceso de extracción para evitar la hidrólisis (Fuentes-Campos *et al.*, 2013).

La variable acidez titulable (Cuadro 4), se refiere al porcentaje de ácido que se encuentra en mayor proporción en un alimento; para el caso de las especies de

dalia analizadas se tomó al ácido benzoico, que es el que se reporta dentro de la composición de las raíces tuberosas de dalia. En este sentido, la especie *Dahlia coccinea* presentó 0.67 % y *Dahlia campanulata* 0.60 %, siendo éstos los mayores valores ($p \leq 0.05$), superando en 58.2 y 53.3 %, respectivamente a *Dahlia brevis* la cual mostró el menor valor con 0.28 % de acidez titulable. Las especies restantes tuvieron un comportamiento intermedio, es decir un 18.1 y 33.9 % menos de contenido de acidez titulable que *Dahlia coccinea* y *Dahlia campanulata*.

Cuadro 4. Comparación de medias de grados brix, pH, Acidez titulable de cinco especies de dalia.

Especie	Grados Brix	pH	Acidez titulable (%)
<i>D. brevis</i>	10.45 d ^t	6.46 a	0.28 d
<i>D. campanulata</i>	24.73 a	5.96 a	0.60 ab
<i>D. coccinea</i>	18.42 b	5.17 b	0.67 a
<i>D. merckii</i>	13.65 c	5.97 a	0.42 c
<i>D. x. hortorum</i>	14.65 c	6.09 a	0.52 bc
DMSH	2.6605	0.5473	0.1185

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta

3.4.3. Humedad, materia seca, proteína cruda, extracto etéreo (grasa), fibra cruda, carbohidratos totales (ELN)

Dahlia brevis y *Dahlia merckii* presentaron los mayores ($p \leq 0.05$) porcentajes de humedad (86.54 y 86.38 %, respectivamente) superando en 8 y 7.8 % a *Dahlia coccinea* y en 8.9 y 8.7 % a *Dahlia campanulata*, las cuales registraron valores de 79.61 % y 78.85 %, respectivamente, siendo estadísticamente los resultados más bajos de esta variable (Cuadro 5). La especie restante presenta un comportamiento de 1.9 y 1.7 % menos de humedad que las dos primeras. En este contexto, Souci *et al.* (2008) reportaron para achicoria un porcentaje de humedad de 94.4 %, valor superior a lo obtenido en las cinco especies de dalia analizadas. Por otro lado, para topinambur los mismos autores reportaron un

78.9 % de humedad, valor cercano al porcentaje de humedad obtenido en *Dahlia coccinea* y *Dahlia campanulata* en tanto que para ñame reportaron un 71.2 % de humedad. Por su parte Buitrago (1990) reportó también en yuca un valor de 63.1 % de humedad, el cual es un valor menor al que presentan las cinco especies de dalia evaluadas. Por otro lado, Ramos-Zapana y Arias-Arroyo (2010) reportaron para yacón un porcentaje de humedad de 86.6 %, valor similar a los obtenido en las especies *D. brevis* y *D. merckii*.

El agua es el compuesto que se encuentra presente en todos los alimentos y debido a sus propiedades influye enormemente en la estabilidad del almacenamiento, puesto que favorece el desarrollo de microorganismos y la actividad enzimática (Sosa de Pro, 1979). Cuanto mayor es el contenido de agua de un alimento, mayor es su vulnerabilidad. Es decir, mayores son los cuidados que se deben tener para poder consumirlos sin que afecten la salud (Mabel-Rembado y Sceni, 2009); a comparación de los alimentos de humedad intermedia (25 – 50 %) que tienen una larga vida de anaquel y no necesitan rehidratación ni enfriamiento para conservarse (Badui-Dergal, 2013).

En este sentido, y a excepción de que las raíces tuberosas sean consumidas o procesadas inmediatamente después de la cosecha, éstas deberán almacenarse bajo condiciones óptimas de humedad y temperatura debido a sus altos porcentajes de humedad, lo anterior, con la finalidad de prolongar su vida de anaquel.

Respecto a la variable porcentaje de materia seca (Cuadro 5), los mayores valores ($p \leq 0.05$) se encontraron en *Dahlia campanulata* (21.15 %) y *Dahlia coccinea* (20.39 %), superando estadísticamente en 35.6 y 33.2 %, respectivamente a *Dahlia merckii* que presentó 10.99 %, y en 36.4 y 34.1 %, respectivamente a *Dahlia brevis* que presentó 13.44 %, las cuales mostraron los valores más bajos ($p \leq 0.05$). La especie restante presenta un comportamiento intermedio entre las especies previamente referidas con un 28.6 y 25.9 % menos de materia seca que las dos mayores.

En este contexto, Buitrago (1990) reportó en yuca un valor de 36.9 % de materia seca, mientras que en ñame Souci *et al.* (2008), observaron 36.9 % valores superiores a los obtenidos en las cinco especies de dalia analizadas; adicionalmente, para achicoria estos mismos autores reportaron un 5.6 % de materia seca, el cual es un valor menor a los que presentaron las cinco especies de dalia analizadas, en tanto que para topinambur los mismos autores encontraron un 21.1 % de materia seca, valor cercano al porcentaje de materia seca obtenido en *Dahlia campanulata*. Finalmente, Ramos-Zapana y Arias-Arroyo (2010) reportaron para yacón un porcentaje de materia seca de 13.6 %, valor similar a lo obtenido en la especie *D. brevis*.

La acumulación de materia seca en las raíces se hace a costa del tallo y luego de las hojas, antes de que aparezcan los primeros botones florales, las raíces tuberosas presentan más peso de materia seca cuando el tallo deja de acumular materia seca, poco después ocurre lo mismo con las hojas (Mejía-Muñoz y Mendoza-Arizmendi, 1995).

La materia seca es el complemento del contenido de agua, tiene importancia porque en ella están contenidos todos los nutrientes que no son agua, y es esencial para expresar los resultados del análisis proximal en base seca y sirve para hacer las conversiones a base tal como se ofrece el alimento (Sosa Pro, 1979).

Derivado de esto, la cantidad de materia seca que contiene un alimento es un criterio esencial de apreciación tanto de su valor nutritivo como de su aptitud de conservación, debido a que a menor materia seca habrá mayor contenido de humedad y menor valor nutritivo del alimento.

La *Dahlia brevis* presentó el mayor porcentaje ($p \leq 0.05$) de proteína cruda (15.34), 57.6 % superior a *Dahlia campanulata*, siendo ésta la que mostró el valor estadísticamente más bajo de proteína (6.51 %). Las especies restantes tuvieron un comportamiento intermedio entre las especies antes referidas con valores de 27.8, 28.4 y 46 % menos de proteína cruda que *Dahlia brevis*. Por

otro lado, Calixto-Rivas (2015) reportó un contenido de proteína en *D. coccinea* de 10.50 %, valor superior al obtenido y en *D. x. hortorum* 5.76, valor inferior al obtenido en el presente estudio. Por su parte, Souci *et al.* (2008) reportaron un contenido de proteína en achicoria de 23.2 %, lo cual es un porcentaje mayor a lo obtenido en las cinco especies de dalia analizadas en la presente investigación; sin embargo, también se reportan valores inferiores como en el camote (5.5 %) (Martí *et al.*, 2011); la yuca (2.7 %) (Souci *et al.*, 2008) y el yacón (2.8 %) (Ramos-Zapana y Arias-Arroyo, 2010).

En este contexto, según lo reportado por el Parlamento Europeo y del Consejo (2006), para que un alimento sea considerado como una fuente de proteína, debe aportar por lo menos 12 % del valor energético del alimento. En este sentido, de acuerdo a los resultados obtenidos de proteína en el presente estudio, todas las especies aportan más del 12 % del valor energético total y aunque presentan diferencias significativas entre ellas, pueden ser consideradas como una fuente importante de proteína.

Su importancia radica en que las proteínas poseen propiedades nutrimentales, y de sus componentes se obtienen moléculas nitrogenadas que permiten conservar la estructura y el crecimiento de quien la consume (Badui-Dergal, 2013).

Dahlia coccinea registró el valor más bajo ($p \leq 0.05$) de porcentaje de grasa (0.72 %) siendo superado en 60.2 % por *Dahlia brevis*, la cual superó numéricamente al resto de la especies con valores de 1.35, 1.27 y 1.14 % de grasa (cuadro 5). Por otro lado, Calixto-Rivas (2015) reportó un contenido de grasa en *D. coccinea* de 1.53 %, valor superior al obtenido y en *D. x. hortorum* 1.27 %, el cual fue un valor igual al obtenido en el presente estudio. En este contexto, Souci *et al.* (2008) reportaron en achicoria un valor de 3.21 % y en topinambur 1.94 % de grasa. Por otro lado, Martí *et al.* (2011) reportaron en camote 2.03 % de grasa, valores superiores a los obtenidos en las raíces tuberosas de las cinco especies analizadas en este estudio. Asimismo, Souci *et al.* (2008) reportaron en yuca 0.62 % de grasa y en ñame 0.45 % de grasa. Por

su parte, Ramos-Zapana y Arias-Arroyo (2010) reportaron en yacón 0.28 % de grasa, valores inferiores a los obtenidos en las raíces tuberosas de la cinco especies de dalia analizadas.

En este sentido, según lo descrito en el Codex Alimentarius (1997) las cinco especies de dalia evaluadas pueden ser consideradas como alimentos bajos en grasa, ya que tienen menos de 3g/100 g de alimento. Se recomienda la ingesta de alimentos bajos en grasa y que estas grasas sean no saturadas, las grasas consumidas no deben superar el 30 % de la ingesta calórica total para evitar aumento de peso (OMS, 2015) ya que las grasas aportan 2.5 veces más kilocalorías que las proteínas y los carbohidratos.

Dahlia brevis presentó, el mayor valor ($p \geq 0.05$) de fibra cruda (11.12 %) superando en 44.7, 54.1, 55.4 y 57.3 % a *D. x. hortorum* *D. merckii* *D. campanulata* y *Dahlia coccinea*, siendo las tres últimas las que estadísticamente muestran el valor más bajo de esta variable (Cuadro 5). No obstante, su valor es muy bajo en relación a otras especies similares, debido a que Souci *et al.* (2008) reportaron en topinambur 59.3 %, en achicoria 22.5 % y en ñame 11.45 % de fibra, valores muy superiores a los obtenidos en las raíces tuberosas de las cinco especies de dalia analizadas. Por otro lado, Calixto-Rivas (2015) reportó un contenido de fibra en *D. coocinea* de 5.85 % y en en *D. x. hortorum* de 9.20 %, valores superiores a los obtenidos en estas mismas especies en el presente estudio. Por otra parte Martí *et al.* (2011) reportaron en camote 10.64 % de fibra, el cual es un valor similar al obtenido en *Dahlia brevis* y Souci *et al.* (2008) reporta en 7.86 % de fibra, el cual es un valor cercano a *Dahlia x. hortorum*. Por su parte, Ramos-Zapata y Arias-Arroyo (2010) reportaron en yacón un porcentaje de fibra de 4.20 %, el cual es un valor menor a los obtenidos en las cinco especies de dalia analizadas

De acuerdo Al Codex Alimentarius (1997) las especies *Dahlia campanulata*, *Dahlia coccinea* y *Dahlia merckii* son una fuente importante de fibra, ya que presentan valores superiores a 3 g/100 g de alimento, por otra parte *Dahlia brevis* y *Dahlia x. hortorum* son consideradas especies con alto porcentaje de

fibra ya que presentan valores superiores a 6 g/100 g de alimento. Se recomienda un consumo regular de fibra para los humanos ya que se ha demostrado que su ingestión regular ayuda a disminuir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y diabetes, pues controla y reduce las concentraciones plasmáticas de colesterol y glucosa, y la absorción de grasa saturada (Nicklas y Berenson, 1995; Nicklas *et al.*, 1995).

Con respecto a la variable porcentaje de carbohidratos totales (ELN) (Cuadro 5), *Dahlia campanulata* presentó 83.93 % y *Dahlia coccinea* 81.74 %, siendo los valores mayores ($p \leq 0.05$), superando en 22.7 y 20.6 %, respectivamente a *Dahlia brevis* que presentó 64.9 % de carbohidratos, mostrando el valor estadísticamente más bajo de esta variable. Las especies restantes tuvieron un comportamiento intermedio entre las especies antes mencionadas, siendo 7.7 y 8.4 % de menor porcentaje de carbohidratos totales que las dos primeras.

En este contexto, Ramos-Zapana y Arias-Arroyo (2010) reportaron en yacón un valor de 90 % de carbohidratos, mientras que Buitrago (1990) reportó en yuca 86.9 % de carbohidratos, valores superiores a los obtenidos en las raíces tuberosas de las especies de dalia estudiadas. Por otro lado, Souci *et al.* (2008) reportaron en topinambur 23.89 % y en achicoria 33.21 % de carbohidratos, es decir valores inferiores a los obtenidos en el estudio. Asimismo, estos mismos autores reportaron en ñame 77.67 % de carbohidratos, valor cercano a lo obtenido en *Dahlia merckii*. De igual manera Sauviant (2004) reportó en camote 81.69 % de carbohidratos, valor similar a lo obtenido en *Dahlia coccinea*.

Los alimentos cuyo contenido de carbohidratos totales es muy elevado son los clasificados como alimentos energéticos, entre ellos, están los granos y cereales con contenidos de 60 a 80 % y las raíces y tubérculos, así como algunas frutas, cuyos contenidos en esta fracción son superiores al 50 % (Sosa Pro, 1985). En este sentido las raíces tuberosas de dalia son consideradas como un alimento energético, ya que su contenido de carbohidratos totales es superior a 50 %.

Cuadro 5. Comparación de medias de porcentaje de humedad, materia seca, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda y carbohidratos totales (ELN) en base seca de raíces tuberosas de cinco especies de dalia.

Especie	Humedad	Materia seca	Proteína cruda	Grasa cruda	Fibra cruda	ELN
	Porcentaje (%)					
<i>D. brevis</i>	86.54 a ^t	13.44 c	15.34 a	1.81 a	11.12 a	64.90 c
<i>D. campanulata</i>	78.85 c	21.15 a	6.51 d	1.14 ab	4.96 bc	83.93 a
<i>D. coccinea</i>	79.61 c	20.39 a	8.29 c	0.72 b	4.75 c	81.74 a
<i>D. merckii</i>	86.38 a	13.62 c	10.99 b	1.35 ab	5.10 bc	76.93 b
<i>D. x. hortorum</i>	84.89 b	15.11 b	11.07 b	1.27 ab	6.15 b	75.90 b
DMSH	1.034	1.034	1.329	0.7327	1.2889	2.4621

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

3.4.4. Cenizas y materia orgánica

Dahlia brevis presenta el mayor porcentaje de cenizas ($p \leq 0.05$) (6.83 %) (Cuadro 6), superando en 49.5 % a *Dahlia campanulata*, que mostró el valor más bajo de esta variable con un 3.46 %; las especies restantes tuvieron un comportamiento intermedio entre las especies previamente referidas, presentando 17.8, 18 y 34 % menos de cenizas que *Dahlia brevis*. En este sentido, Souci *et al.* (2008) reportaron en achicoria 17.86 % de cenizas, valor superior a los obtenidos en las especies analizadas y para topinambur y yuca 3.32 % y 1.90 % de cenizas, respectivamente; Ramos-Zapana y Arias-Arroyo (2010) reportaron para yacón un valor de 2.84 %, por su parte Martí *et al.* (2011) reportaron para camote 1.02 % de cenizas. En este contexto, las cinco especies de dalia evaluadas presentaron valores superiores a los reportados por las especies antes referidas.

Desde el punto de vista nutricional, el registro del valor de las cenizas tiene escaso valor. El valor de las cenizas totales es esencial cuando es necesario calcular los carbohidratos (por diferencia) (Greenfield y Southgate, 2006). Estas

representan la fracción correspondiente a los minerales (Caravaca-Rodríguez et al., 2005).

Dahlia campanulata presenta el mayor valor materia orgánica con un 96.54 % ($p \leq 0.05$) superando en 3.5 % a *Dahlia brevis* que es la especie con el valor más bajo con un 93.17 % (Cuadro 6), mientras que las especies restantes tuvieron un comportamiento de 1.1, 2.22 y 2.25 % menor al contenido de materia orgánica de *Dahlia campanulata*.

El contenido de cenizas y materia orgánica se correlacionan negativamente, es por eso que altos contenidos de ceniza, representa bajos contenidos de materia orgánica y por ende una disminución de los componentes de la materia orgánica, alimentos de alto valor energético, tiene bajos niveles de cenizas ya que estas no aportan energía al igual que el agua.

Cuadro 6. Comparación de medias de cenizas y materia orgánica en base seca de raíces tuberosas de cinco especies de dalia analizadas.

Especie	Cenizas	Materia orgánica
	Porcentaje (%)	
<i>D. brevis</i>	6.83 a ^t	93.17 d
<i>D. campanulata</i>	3.46 d	96.54 a
<i>D. coccinea</i>	4.51 c	95.49 b
<i>D. merckii</i>	5.62 b	94.38 c
<i>D. x. hortorum</i>	5.60 b	94.40 c
DMSH	0.7235	0.7235

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

3.4.5. Inulina, sacarosa y valor energético

Los mayores valores ($p \leq 0.05$) de inulina fueron obtenidos en *Dahlia merckii* (76.89 %) y *Dahlia x. hortorum* (82.92 %), de los cuales esta última superó a *Dahlia coccinea*, *Dahlia brevis* y *Dahlia campanulata* en 9.9, 10.7 y 10.2 %, respectivamente, lo que muestra una diferencia por efecto del genotipo.

En otros estudios De Luna-García y Jarquín-Mendoza (2016) reportaron en *Dahlia x. hortorum* un contenido de inulina de 54 % en promedio, mientras que Van-Loo *et al.* (1995) reportaron en *Dahlia* spp un contenido de inulina de 59 %, en ambos casos valores inferiores a los obtenidos en las raíces tuberosas de cinco especies analizadas.

Distintas investigaciones con especies de raíz tuberosa han reportado valores de inulina muy variados, por ejemplo Van-Loo *et al.* (1995) reportaron en topinambur un 89 % de inulina, valor superior a los obtenidos en el presente estudio; estos mismos autores reportaron en achicoria un 79 % de inulina, valor cercano a los obtenidos por las especies *Dahlia merckii* y *Dahlia x. hortorum*. Por otro lado, reportaron en yacón un 27 % de inulina, el cual es un valor muy por abajo a lo obtenido en las raíces tuberosas de las cinco especies de dalia analizadas.

Industrialmente la inulina se ha obtenido a partir de dos especies: la pataca (*Helianthus tuberosus*) y la achicoria (*Cichorium intybus*) (Flamm *et al.*, 2001). En este contexto, las cinco especies de dalia evaluadas pueden ser una opción importante para la extracción industrial de inulina, por sus altos valores, cercanos a los reportados para las dos especies antes mencionadas.

Para la variable sacarosa (Cuadro 7), Las especies *Dahlia brevis*, *Dahlia x. hortorum* y *Dahlia coccinea* presentaron 4.11, 3.66 y 2.54 % de sacarosa, respectivamente, los cuales son los valores más altos ($p \leq 0.05$), superando en 44.8 y 54.4 % de sacarosa a *Dahlia merckii* y *Dahlia campanulata*, respectivamente. Los valores de inulina fueron mucho mayores que los valores de sacarosa (Cuadro 7), debido a que los carbohidratos totales en las raíces tuberosas de dalia están compuestos principalmente del fructano inulina

En cuanto al valor energético (Cuadro 7), no existió diferencia estadística entre las especies ($p \leq 0.05$), aunque numéricamente fue la especie *Dahlia campanulata* la que presenta los mayores valores con 193.56 kcal y la especie *Dahlia x. hortorum* el valor más bajo de 180.15 kcal. En este contexto, autores

como Ramos-Zapana y Arias-Arroyo (2010) reportaron distintos valores energéticos de especies como yacón con un valor energético de 374.12 kcal, en ñame de 342.53 kcal, Souci *et al.*, 2008 reportaron en yuca de 364.09 kcal, en achicoria 254.64 kcal, Martí *et al.*, 2011 reportan en camote de 367.19 kcal, los cuales son valores superiores al valor energético de presentado por las raíces tuberosas de las cinco especies de dalia analizadas. Por otra parte Souci *et al.* (2008) reportaron un valor energético en topinambur de 159.29 kcal, valor inferior a los valores obtenidos a partir de las raíces tuberosas de las cinco especies de dalia analizadas.

En este sentido, y de acuerdo al Codex Alimentarius (1997), las cinco especies de dalia analizadas pueden considerarse como un alimento con alto valor energético, debido su aporte de más de 40 kcal/100 g de materia seca.

Cuadro 7. Comparación de medias de inulina, sacarosa y valor energético en base seca de raíces tuberosas de cinco especies de dalia analizadas.

Especie	Inulina (%)	Sacarosa (%)	Valor energético (kcal/100 g de materia seca)
<i>D. brevis</i>	71.78 b	4.11 a	185.35 a
<i>D. campanulata</i>	71.39 b	1.66 b	193.56 a
<i>D. coccínea</i>	71.95 b	2.54 ab	186.72 a
<i>D. merckii</i>	76.89 ab	1.95 b	180.38 a
<i>D. x. hortorum</i>	82.92 a	3.66 a	180.15 a
DMSH	9.6992	5.555	21.126

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta

3.4.6. Fibra detergente neutro y fibra detergente ácido

En relación a la variable fibra detergente neutro (FDN) (Cuadro 8), la especie *Dahlia brevis* presenta el mayor valor con un 16.67 % ($p \leq 0.05$) superando en 57.8 % a *Dahlia campanulata* que presentó 7.04 % de FDN y en 59.3 % a *Dahlia coccinea* que presentó 6.79 % de FDN, resultando éstos últimos los valores más bajos de esta variable, en tanto que las especies restantes tuvieron

un comportamiento intermedio entre las especies previamente referidas con un 38.1 y 48.8 % menos de fibra detergente neutro que *Dahlia brevis*. Por su parte Glassey (2013) reportó para achicoria 26 % de fibra detergente neutro, valor superior a lo obtenido en las cinco especies de dalia analizadas. Por otro lado, Buitrago (1990) obtuvo para yuca 6.01 % de fibra detergente neutro y Sauvart (2004) 8 % en camote. En este contexto, Mora (2007) menciona que los valores obtenidos a partir de esta determinación son generalmente superiores a los obtenidos mediante el método de análisis de fibra cruda.

La fibra dietética convencional está formada por componentes estructurales de la pared de las células vegetales, como celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas y lignina y no estructurales. La fibra dietética insoluble está formada de celulosa, hemicelulosas y lignina (Pak, 1997). Por lo anterior, se consideró a la fibra detergente neutro como su equivalente, por lo que de acuerdo al Codex Alimentarius (1997) las cinco especies de dalia analizadas se consideran con un alto porcentaje de fibra ya que presentan valores superiores a 6 g/100 g de alimento, siendo las raíces tuberosas de dalia, un alimento saludable, en base a lo mencionado en la variable fibra cruda.

En cuanto a la variable fibra detergente ácido (FDA) (Cuadro 8), la especie *Dahlia brevis* presenta el mayor valor con un 16.47 % de FDA ($p \leq 0.05$), superando en 58.6 y 60.4 % a *Dahlia coccinea* y *Dahlia campanulata*, que presentaron 6.83 y 6.51 % de FDA, siendo estos los valores estadísticamente ($p \leq 0.05$) más bajos, las accesiones restantes tuvieron un comportamiento menor de 38.2 y 45.1 % con respecto a la especie *Dahlia brevis*. En este sentido, Glassey (2013) reportó para achicoria 23 % de fibra detergente ácido, valor superior a lo obtenido en las cinco especies de dalia analizadas, pero para yuca (4.85 %) y camote (4.2%) se han observado bajos valores por Buitrago (1990) y Sauvart (2004), respectivamente.

A lo que respecta a la alimentación de rumiantes, la fibra detergente ácido está compuesta de celulosa, lignina y sílice, su importancia se centra en la correlación inversa que presenta con la digestibilidad (Guaita, 2014), en este

contexto, las especies de dalia analizadas que presentaron un mayor contenido de fibra detergente ácido, presentaron un porcentaje de digestibilidad de materia seca menor. Por lo tanto es mejor que un alimento para rumiantes tenga niveles bajos de fibra detergente ácido.

Cuadro 8. Comparación de medias de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido en base seca de raíces tuberosas de cinco especies de dalia.

Especie	Fibra detergente neutro	Fibra detergente ácido
	Porcentaje (%)	
<i>D. brevis</i>	16.67 a ^t	16.47 a
<i>D. campanulata</i>	7.04 d	6.51 c
<i>D. coccinea</i>	6.79 d	6.83 c
<i>D. merckii</i>	8.53 c	9.05 b
<i>D. x. hortorum</i>	10.32 b	10.16 b
DMSH	1.4256	1.6045

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

3.4.7. Contenido celular, celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice

Con respecto al contenido celular (Cuadro 9), *Dahlia coccinea* presentó un 93.21 % y *Dahlia campanulata* un 92.96 %, valores superiores ($p \leq 0.05$) en 10.6 y 10.4 %, respectivamente en relación a *Dahlia brevis*, que presentó un contenido celular de 83.33 %, siendo el más bajo, ya que las especies restantes tuvieron un comportamiento intermedio, y fueron 1.7 y 3.6 % menores de contenido celular que dos las primeras.

El mayor porcentaje ($p \leq 0.05$) de celulosa se presentó en las muestras de *Dahlia brevis* (Cuadro 9), con valores de 10.52 %, superando ($p \leq 0.05$) a los alcanzados en *Dahlia campanulata*, *Dahlia merckii* y *Dahlia coccinea* que reportaron valores de 5.7, 5.52 y 4.9 %, es decir 45.9, 47.6 y 63.5 % menos que *Dahlia brevis*, mientras que la especie restante solo un 33.8 % menos de celulosa que la estadísticamente superior.

Con respecto a la variable hemicelulosa (Cuadro 9) no existieron diferencias significativas entre los valores de las cinco especies de dalia ($p \leq 0.05$). En este sentido, Agudu (1972) reportó en yuca un valor de 1.16 % de hemicelulosa, el cual es un valor cercano al obtenido en las cinco especies de dalia analizadas.

Para la variable lignina (Cuadro 9), la especie *Dahlia brevis* presenta el mayor valor con un 6.56 % ($p \leq 0.05$) superando en 60.5 % a *Dahlia coccinea* que presentó 2.59 % y en 70.1 % a *Dahlia campanulata* que presentó 1.84 %, siendo éstas últimas las de los valores estadísticamente más bajos, las especies *D. x. hortorum* y *D. merckii* presentaron un comportamiento intermedio, siendo superadas con un 34.6 y 35.8 % por la primera. En este contexto, Sauviant (2004) reportó para camote 0.4 % de lignina, valor inferior al obtenido en las cinco especies de analizadas.

En la variable sílice (Cuadro 9) no existió diferencia ($p \leq 0.05$) entre los valores de las cinco especies de dalia analizadas.

Las partes digeribles de un alimento por los rumiantes son la celulosa y hemicelulosa de la pared celular no unidas a la lignina y el contenido celular (Mejía-Delgadillo *et al.*, 2011).

Niveles altos del contenido celular representa un alto porcentaje de digestibilidad de la materia seca, ya que todo el contenido celular puede ser aprovechado por el rumiante, a diferencia de las variables celulosa, hemicelulosa que pueden estar ligados a la lignina.

Respecto a los carbohidratos estructurales celulosa y hemicelulosa, Estos carbohidratos sólo pueden ser digeridos por el rumiante con la ayuda de enzimas de origen microbiano para degradarlas hasta glucosa para luego utilizar la misma como nutriente para su propio metabolismo. Los productos finales de ese metabolismo de la glucosa por parte de los microorganismos son los ácidos grasos volátiles (AGV) y los gases dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4). De estos productos los AGV y el metano aún contienen energía

pero sólo los AGV pueden ser utilizados por el rumiante como nutriente, ya sea como precursores de grasa o de glucosa (Van-Lier y Regueiro, 2008). De aquí la importancia del contenido de celulosa y hemicelosa, entre más contenido se tenga de estos carbohidratos más nutriente obtendrá el rumiante siempre y cuando no estén se tenga un menor contenido de lignina, ya que la lignina es completamente indigerible y se encuentra envolviendo a la celulosa y hemicelulosa y restringe al acceso a estos carbohidratos, que sí pueden ser digeribles por los rumiantes (Cho *et al.*, 1997). En este contexto niveles altos de celulosa, hemicelulosa y lignina el alimento presentará una menor digestibilidad de la materia seca, se preferiría tener bajos niveles de lignina y altos de celulosa y hemicelulosa, para tener una mayor generación de nutrimentos por partes de los microorganismos del rumen.

A medida que avanza el estado fenológico de un forraje, aumenta la concentración de lignina (CINA, 2013). En este contexto, si el objetivo es usar a las raíces tuberosas de dalia como forraje, sería preferible cosecharlas cuando estas empiecen a secarse o antes para así tener una mayor digestibilidad de la materia seca, siempre y cuando no afecte negativamente el valor de las demás variables.

Van Soest (1968) encontró que la sílice disminuye la digestibilidad de la materia seca, concentraciones elevadas de sílice hacen que se tenga un porcentaje menor de digestibilidad de la materia seca. La sílice puede provenir del suelo y ser absorbida por la planta (Laredo *et al.*, 1990), esto explica el porqué del que no se encontró diferencias significativas de esta variable, ya que todas las raíces tuberosas de las cinco especies de dalia se desarrollaron en el mismo suelo, bajo las mismas condiciones.

Cuadro 9. Comparación de medias de contenido celular, celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice en base seca de raíces tuberosas de cinco especies de dalia.

Especie	Contenido celular	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Sílice
	Porcentaje (%)				
<i>D. brevis</i>	83.33 d ^t	10.52 a	1.46 a	6.56 a	1.41 a
<i>D. campanulata</i>	92.96 a	5.70 c	1.78 a	1.84 c	1.03 a
<i>D. coccinea</i>	93.21 a	4.90 c	1.22 a	2.59 c	1.37 a
<i>D. merckii</i>	91.47 b	5.52 c	0.74 a	4.22 b	1.34 a
<i>D. x. hortorum</i>	89.68 c	6.96 b	1.42 a	4.29 b	0.94 a
DMSH	1.4256	1.1144	1.2216	1.3062	0.6544

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

3.4.8. Digestibilidad de la materia seca

Respecto al límite superior de la digestibilidad de la materia seca (Cuadro 10) *Dahlia campanulata* presentó 87.11 % y *Dahlia coccinea* un 86.25 %, siendo estos los mayores valores ($p \leq 0.05$) superando en 5.2 y 4.2 %, respectivamente a *Dahlia brevis* que presentó la digestibilidad estadísticamente más baja (82.59 %), en tanto que, las especies restantes tuvieron un comportamiento intermedio al presentar un 1.78 y 1.85 % menos de digestibilidad que las dos primeras especies.

Respecto al límite inferior de la digestibilidad de la materia seca (Cuadro 10) *Dahlia campanulata* presentó 84.01 % y *Dahlia x. hortorum* 82.26 %, siendo estos los mayores valores ($p \leq 0.05$) superando en 6.7 y 4.7 %, respectivamente a *Dahlia brevis*, la cual mostró el valor más bajo ($p \leq 0.05$) con un 78.36 %; las accesiones restantes tuvieron un comportamiento un 1.2 y 2.4 % menor a la digestibilidad que las dos primeras. De acuerdo a Di Marco (2011) todas las especies de dalia analizadas pueden considerarse como un alimento de alta calidad para la alimentación de rumiantes, ya que superan el 70 % de digestibilidad de la materia seca.

Cuadro 10. Comparación de medias del límite superior e inferior de la digestibilidad de la materia seca en raíces tuberosas de cinco especies de dalia.

Especie	Límite superior de la digestibilidad	Límite inferior de la digestibilidad
	Porcentaje (%)	
<i>D. brevis</i>	82.59 d ^t	78.36 c
<i>D. campanulata</i>	87.11 a	84.01 a
<i>D. coccinea</i>	86.25 ab	82.14 b
<i>D. merckii</i>	85.14 bc	81.11 b
<i>D. x. hortorum</i>	85.08 c	82.26 ab
DMSH	1.1272	1,7813

^t Medias con la misma letra dentro de la columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

3.4.9. Correlación entre variables

Con base en los resultados de las pruebas de correlación de Pearson, se observa que el incremento del número de raíces es fundamental en diferentes componentes del análisis bromatológico, ya que afecta positivamente ($p \leq 0.01$) al peso de las raíces, y en consecuencia existe un incremento del porcentaje de carbohidratos; adicionalmente, se ven favorecidas otras características como el diámetro de la corona, grados Brix, acidez titulable, materia seca, materia orgánica, límite superior de la digestibilidad de la materia seca y contenido celular, mientras que el porcentaje de humedad, proteína cruda, fibra cruda, cenizas, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa, lignina y sacarosa, generan una tendencia negativa con el incremento del número y peso de raíces tuberosas. En este contexto, el manejo genético o agronómico puede ser aplicado para incrementar estas dos últimas variables e indirectamente subir los valores de las previamente referidas si ese fuese el objetivo.

El incremento del diámetro de la corona afecta positivamente ($p \leq 0.01$) a las variables grados Brix, acidez titulable, materia seca, carbohidratos totales

(ELN), materia orgánica, límite superior e inferior de la digestibilidad de la materia seca, y contenido celular; además, presenta una correlación negativa ($p \leq 0.01$) con respecto a las variables pH, humedad, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda, cenizas, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa y lignina, por lo que el manejo con prácticas agronómicas o mejoramiento genético pueden generar cambios de acuerdo a lo que pretende el productor.

Existe una correlación positiva ($p \leq 0.01$) del pH con respecto al porcentaje de humedad, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa y lignina. Por otro lado, hay una respuesta estadísticamente negativa ($P \leq 0.01$) entre el pH y las variables acidez titulable, materia seca, carbohidratos totales (ELN), límite superior de la digestibilidad de la materia seca y contenido celular.

La variable grados Brix presenta una correlación positiva ($p \leq 0.01$) con respecto a las variables acidez titulable, materia seca, carbohidratos totales (ELN), materia orgánica, límite superior e inferior de la digestibilidad de la materia seca y contenido celular, mientras que se observa una correlación negativa ($P \leq 0.01$) de la misma variable con respecto a las variables humedad, proteína cruda, fibra cruda, cenizas, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa y lignina, es decir que el generar un incremento de los grados Brix puede promover el abatimiento del porcentaje de las variables antes mencionadas.

El incremento de la acidez titulable afecta positivamente ($p \leq 0.01$) el porcentaje de materia seca, los carbohidratos totales (ELN), materia orgánica, límite superior e inferior de la digestibilidad de la materia seca y contenido celular. En contraparte, el mismo incremento puede generar un abatimiento significativo ($p \leq 0.01$) de las variables humedad, proteína, grasa, fibra cruda, cenizas, fibra detergente neutro y ácido, celulosa y lignina.

El valor energético presenta una correlación positiva ($p \leq 0.01$) con el porcentaje de inulina, por lo cual a mayor valor energético, el contenido de inulina se ve afectado en una disminución

El porcentaje de humedad presenta una correlación positiva ($p \leq 0.01$) con respecto a las variables proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda, cenizas, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa y lignina, lo que implica que a mayor porcentaje de humedad, el valor de las variables antes mencionadas también aumenta. Por el contrario, existe una correlación negativa ($p \leq 0.01$) de la misma variable con respecto a las variables materia seca, carbohidratos totales (ELN), materia orgánica, límite superior e inferior de la digestibilidad de la materia seca y contenido celular.

Por otra parte la variable materia seca presenta una correlación positiva ($p \leq 0.01$) con respecto a carbohidratos totales (ELN), materia orgánica, límite superior e inferior de la digestibilidad de la materia seca, y contenido celular. Por otro lado, existe una correlación negativa ($p \leq 0.01$) de la materia seca con respecto a las variables proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda, cenizas, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa y lignina, lo que implica que a medida que disminuye el porcentaje de materia seca, el porcentaje de las variables antes mencionadas aumenta.

El incremento de la proteína cruda afecta positivamente ($p \leq 0.01$) a las variables grasa cruda, fibra cruda, cenizas, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa, lignina y sacarosa. Del mismo modo, existe una correlación negativa ($p \leq 0.01$) del porcentaje de proteína cruda con respecto a carbohidratos totales (ELN), materia orgánica, límite superior e inferior de la digestibilidad de la materia seca y contenido celular, por lo que, a medida que el porcentaje de proteína cruda disminuye el porcentaje de las variables antes mencionadas aumenta.

Para la variable grasa cruda existe una correlación positiva ($p \leq 0.01$) con respecto a las variables fibra cruda, cenizas, fibra detergente neutro, fibra

detergente ácido, celulosa y lignina. Por lo que, a medida que el porcentaje de grasa cruda se incrementa el porcentaje de las variables antes mencionadas aumenta. Por el contrario, la variable grasa cruda presenta una correlación negativa ($p \leq 0.01$) con respecto a las variables carbohidratos totales (ELN), materia orgánica, límite superior de la digestibilidad de la materia seca y contenido celular. Por lo cual, a medida que el porcentaje de grasa cruda disminuye el porcentaje de las variables antes mencionadas aumenta.

La variable fibra cruda presenta una correlación positiva ($p \leq 0.01$) con respecto a las variables cenizas, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa, lignina y sacarosa. Por lo que, a mayor porcentaje de fibra cruda, el porcentaje de dichas variables aumenta. Por otro lado, existe una correlación negativa ($p \leq 0.01$) del porcentaje de fibra cruda con respecto a las variables carbohidratos totales (ELN), materia orgánica, límite superior e inferior de la digestibilidad de la materia seca y contenido celular. Por lo que, a medida que el porcentaje de fibra cruda disminuye el porcentaje de las variables antes mencionadas aumenta.

La variable carbohidratos totales (ELN) presenta una correlación positiva ($p \leq 0.01$) con respecto a las variables materia orgánica, límite superior e inferior de la digestibilidad de la materia seca y contenido celular. Por lo que, a mayor porcentaje de carbohidratos totales (ELN), el porcentaje de dichas variables aumenta. Por el contrario, existe una correlación negativa ($p \leq 0.01$) con respecto a las variables cenizas, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa, lignina y sacarosa. Por lo cual, a medida que el porcentaje de carbohidratos totales (ELN) disminuye el porcentaje de las variables antes mencionadas aumenta.

La variable ceniza presenta una correlación positiva ($p \leq 0.01$) con respecto a las variables fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa, lignina y sacarosa. Por lo que, a medida que el porcentaje de cenizas se incrementa el porcentaje de las variables antes mencionadas aumenta. Por otro lado, existe una correlación negativa ($p \leq 0.01$) del porcentaje cenizas con respecto a las

variables materia orgánica, límite superior e inferior de la digestibilidad de la materia seca y contenido celular. Por lo cual, a medida que el porcentaje de cenizas disminuye el porcentaje de las variables antes mencionadas aumenta.

La variable materia orgánica presenta una correlación positiva ($p \leq 0.01$) con respecto a las variables límite superior e inferior de la digestibilidad de la materia seca y contenido celular. Por lo cual, a mayor porcentaje de cenizas, el porcentaje de las variables antes mencionadas aumenta. Por el contrario presenta una correlación negativa ($p \leq 0.01$) con respecto a las variables fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa, lignina y sacarosa. Por lo que, a medida que el porcentaje de materia orgánica disminuye, el porcentaje de las variables antes mencionadas aumenta.

El límite superior de la digestibilidad de la materia seca presenta una correlación positiva ($p \leq 0.01$) con respecto al límite inferior de la digestibilidad de la materia seca y contenido celular. Por lo cual, a medida que el porcentaje de cenizas se incrementa, el porcentaje de las variables antes mencionadas aumenta. Por otro lado, presenta una correlación negativa ($p \leq 0.01$) con respecto a las variables fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa, lignina y sacarosa. Por lo que a medida que el límite superior de la digestibilidad de la materia seca disminuye, el porcentaje de las variables antes mencionadas aumenta.

El límite inferior de la digestibilidad de la materia seca presenta una correlación positiva ($p \leq 0.01$) con respecto a la variable contenido celular. Por lo cual, a medida que el porcentaje del límite inferior de la digestibilidad de la materia seca se incrementa el porcentaje de la variable antes mencionada aumenta. Por otro lado, existe una correlación negativa ($p \leq 0.01$) del límite inferior de la digestibilidad de la materia seca con respecto a las variables fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, celulosa, lignina y sílice. Por lo que, a medida que el porcentaje del límite inferior de la digestibilidad de la materia seca disminuye el porcentaje de las variables antes mencionadas aumenta.

La variable fibra detergente neutro presenta una correlación positiva ($p \leq 0.01$) con respecto a la variable fibra detergente ácido, celulosa, lignina y sacarosa. Por lo cual, a medida que el porcentaje de fibra detergente neutro se incrementa el porcentaje de la variable antes mencionada aumenta. Por el contrario, existe una correlación negativa ($p \leq 0.01$) de la variable fibra detergente neutro con respecto a la variable contenido celular. Por lo que, a medida que el porcentaje de fibra detergente neutro disminuye, el porcentaje de dicha variable aumenta.

Para la variable fibra detergente ácido existe una correlación positiva ($p \leq 0.01$) con respecto a la variable celulosa, lignina y sacarosa. Por lo cual, a medida que el porcentaje de fibra detergente ácido se incrementa el porcentaje de la variable antes mencionada aumenta. Por el contrario, existe una correlación negativa ($p \leq 0.01$) de la variable fibra detergente ácido con respecto a la variable contenido celular. Por lo que, a medida que el porcentaje de fibra detergente neutro disminuye, el porcentaje de dicha variable aumenta.

La variable celulosa presenta una correlación positiva ($p \leq 0.01$) con respecto a la variable lignina y sacarosa. Por lo que, a medida que el porcentaje celulosa se incrementa, el porcentaje de dichas variables aumenta.

La variable lignina presenta una correlación positiva ($p \leq 0.01$) con respecto a la variable sacarosa. Por lo que, a medida que el porcentaje lignina se incrementa, el porcentaje de dicha variable aumenta.

3.5. CONCLUSIONES

Aunque *Dahlia brevis* mostró el menor número y peso de raíces tuberosas de dalia, es la mejor fuente de proteínas y lípidos, así como de fibra, que como la inulina tiene excelentes propiedades funcionales alimenticias, por lo cual es un alimento óptimo para los humanos.

Las cinco especies de raíces tuberosas de dalia pueden considerarse como un alimento de alto valor energético, por su aporte de kilocalorías superior a 180 en 100 g de raíces tuberosas en base seca.

Dahlia campanulata y *Dahlia coccinea* pueden ser consideradas consideradas como alimento ideal para rumiantes, por su alta digestibilidad y su contenido en materia seca.

Con base a su alto contenido de inulina, *Dahlia x. hortorum* y *Dahlia merckii*, podrían ser un buen alimento funcional para los seres humanos, mientras que *Dahlia coccinea* y *Dahlia campanulata*, debido al alto peso de las raíces tuberosas, pueden ser una opción para la extracción industrial de dicho compuesto.

Recomendaciones

De acuerdo a lo que se pretenda obtener de las raíces tuberosas de dalia, ya sea producirla para extracción de inulina, para consumo en fresco para humanos o rumiantes, para ser procesadas y darles un valor agregado, se recomienda hacer estudios sobre manejo agronómico, por ejemplo evaluando distintas densidades de población, con el objetivo de tener mayor rendimiento en campo y así obtener mayor rendimiento de inulina por hectárea, por otro lado también se puede hacer mejoramiento genético de las especies y así obtener una variedad que se adapte a las necesidades del productor.

3.6. LITERATURA CITADA

- A. O. A. C. (1975). Official methods of analysis 12th edition. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists. 1094 p.
- Agudu, E. W. (1972). Preliminary investigation on some unusual feedstuffs as yolk pigmenters in Ghana. *Journal of Agricultural Science*, 5, 33-38.
- Asociación Mexicana De La Dalia o Acocoxochitl A.C. (2014). Dalia. Recuperado de: http://daliaoacocoxochitl.com.mx/1085429_dalia.html
- Badui-Dergal, S. (2013). Química de alimentos (5a ed). México: Pearson Educación. 723 p.
- Biblioteca Digital De La Medicina Tradicional Mexicana. (2014). Atlas de la medicina tradicional mexicana (Dalia). Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t&id=7386>.
- Bligh, E. G. y Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37, 911–917.
- Buitrago, A. J. A. (1990). *La yuca en la alimentación animal*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 446 p.
- Calixto-Rivas, S. M. (2015). *Caracterización química de la raíz tuberosa de dalia (D. coccinea, D. enana, D. moorei y D. sherffii)* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. México. 55 p.
- Castillo-Matamoras, R., Brenes-Angulo, A., Esker, P., y Gómez-Alpíza, L. (2014). Evaluación agronómica de trece genotipos de camote (*Ipomoea batatas* L.). *Agronomía Costarricense*, 38(2), 67-81.
- Cho, S., DeVries, J. W., Prosky, L. (1997) *Dietary Fiber Analysis and Applications*. Gaithersburg, Montgomery USA: AOAC; 1997.
- Codex Alimentarius (1997). Directrices para el uso de declaraciones nutricionales y saludables CAC/GL 23 (última modificación 2013). Comité del Codex sobre Etiquetado de los Alimentos. 9 p.
- Codex Alimentarius (1985). Directrices sobre etiquetado nutricional (última modificación 2016). Comité del Codex sobre Etiquetado de los Alimentos. 8 p.
- De luna-García, I., y Jarquín-Mendoza, C. A. (2015). Efecto de la fecha de siembra en la concentración de inulina en tubérculos de dalia (*Dahlia spp.*) (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. México. 37 p.
- Di Marco, O. (2011). Estimación de calidad de los forrajes. *Sitio argentino de producción animal, Producir XXI*, Bs. As., 20(240), 24-30.

- Flamm, G., Glinsmann, W., Kritchevsky, D., Prosky, L., and Roberfroid, M. (2001). Inulin and oligofructose as dietary fiber: a review of the evidence. *Crit. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41, 353-362.
- Folch, J., Lees, M., y Stanley, G. H. S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509.
- Fuentes-Campos, M. E., Cotrina-Pedraza, L., y Romero-Guzmán, B. (2013). Extracción y caracterización de la inulina presente en los tubérculos de *Dahlia spp*. *Revista del Instituto de Investigación*, 16(31), 81-85.
- Garzón-Solís, C., Mejía-Muñoz, J. M., Trejo-Calzada, R., Gómez-Lorence F., Espinosa-Flores A., y Sánchez-Abarca, C. (2009). Fenología de dalia campanulata (*Dahlia campanulata* Saar.): Nueva especie para la horticultura ornamental. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 8, 18-24.
- Glassey, C. (2013). Herbicide application and direct drilling improves establishment and yield of chicory and plantain. *Grass and forage Science*, 68, 178-185.
- Greenfield, H., y Southgate, D. A. T. (2006) *Datos de composición de los alimentos*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).312 p.
- Guaita, M. S. (2014). Algunas consideraciones acerca del análisis de alimentos para rumiantes. In: Área de investigación en producción animal, Grupo de nutrición animal de la unidad integrada, instituto nacional de tecnología agropecuaria (Eds). *Nutrición animal aplicada* (pp 30-36). Argentina: Sitio Argentino de Producción Animal.
- Jiménez-Ruiz, E. F. (2014). *Desarrollo de una metodología para elaborar miel a base de raíces tuberosas de tres especies de dalia (Dahlia spp)* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. México, 81 p.
- Laredo, M. A., Anzola, H. J., Cuesta, A. (1990). Efecto del contenido de sílice en la digestibilidad de la materia seca de gramíneas tropicales. *Pasturas tropicales*, 12 (3), 7-10.
- Lascarez-Rodríguez, L. (2011). *Rescate y caracterización de una población de Dahlia brevis Sorensen (Especies Endémica de México en Peligro de Extinción)* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. México, 63 p.
- Mabel-Rembado, F., y Sceni, P. (2009). La química en los alimentos. Buenos Aires, Argentina. Ministro de Educación de la Nación, Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 144 p.
- Madrigal, L., y Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. Caracas, Venezuela: *Revista ALAN*, 57(4), 387-396.

- Martí, R. H., Corbino, B. G., y Chludil, D. H. (2011). La batata: el redescubrimiento de un cultivo. *Ciencia hoy*, 21(121), 16-23.
- Mejía-Delgadillo, M. A., Álvarez-Almora, E. G., Pinos-Rodríguez, J. M., Ponce-Medina, J. F., Plascencia-Jorquera, A., Escoboza-García, L. F., y Rodríguez-García, J. (2011). Digestion of wheat hay as compared to alfalfa and ryegrass in steers. *Agrociencia* 45, 13–21.
- Mejía-Muñoz, J. M., Mendoza-Arizmendi, J. L. (1995). Distribución de materia seca y desarrollo de raíces tuberosas en plantas de dalia (*Dahlia variabilis* Cav.). *Revista Chapingo*, 3, 135-138.
- Mera-Ovando, L. M., y Bye B. R. (2006). La *dahlia*, una belleza originaria de México. *Revista digital universitaria*, 7(11), 1-11.
- Mora, B., I. (2007). *Nutrición animal*. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia. 120 p.
- Moser, C. B. and Hess E. C. (1968). The physiology of tuberous root development in dahlia. *American society for horticultural science*, 93(595-603).
- Nicklas, T. M., Berenson, G. (1995). Dietary fiber intake of children: The Bogalusa Heart Study. *Pediatrics*, 96, 988-994.
- Nicklas, T. M., Farris, R., Myers, L., Berenson, G. (1995). Dietary fiber intake of children and young adults: The Bogalusa Heart Study. *J Am Diet Assoc*, 95(2), 209-214.
- Oliveros, L. y Moreno, J. (2006). Prebióticos en formulas infantiles. *Anal Pediatr*; 4, 20-29
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2015). Nota descriptiva 394, *Alimentación sana*. Recuperado de www.who.int/mediacentre/factsheets/fs394/es/
- Pak, N. (1997). Análisis de fibra dietética. In Morón, C., Zacarías, I., y De Pablo, S (Eds.), *Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición* (pp 177-188). Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Parlamento Europeo y del Consejo. (2006). Reglamento (CE) No 1924 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. Unión Europea: Diario oficial de la Unión Europea. 17 p
- Pineda-Marín, L. (2016). *Descripción morfológica y mejoramiento genético en dos especies de dalia (D. coccinea y D. sherffii) bajo condiciones cultivadas en Chihuahua y Chapingo, México* (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. México. 94 p.
- Ramos-Zapana, R., y Arias-Arroyo, G. (2010). Evaluación químico bromatológica de las variedades yurac llajum, qello llajum y yurac

- checche de *Smallanthus sonchifolius* (poepp & endl).H. Robinson (yacón) procedente de puno. *Ciencia e Investigación*, 13(2), 72-76.
- Saar, D. E., Polans, N. O., and Sorensen P. D. (2003). A phylogenetic analysis of the genus *Dahlia* (Asteraceae) based on internal and external transcribed spacer regions of nuclear ribosomal DNA. *System. Bot.* 28: 627-639.
- Santos-Moreno, A. (1995). *Química y bioquímica de los alimentos*. Universidad Autónoma Chapingo. México. 456 p.
- Sauvant, T. D., Marc, P.J., y Tran, G. (2004). *Tablas de composición y de valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero: cerdos aves, bovinos, ovinos, caprinos, conejos, caballos y peces*. México: Editorial Mundi Prensa. 310 p.
- Sorensen, P. D. (1969). Revision of the genus *Dahlia* (Compositae, Heliantheae Coreopsidinae). *Rhodora*, 71, 367-416.
- Sosa de Pro, E. (1979). Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Chapingo, México: UACH, Departamento de Zootecnia.
- Souci, W. S., Fachmann, W., y Kraut, H. (2008). *Food composition and nutrition tables, 7th revised and completed edition*. Stuttgart, Germany: Wissenschaftliche verlagsgesellschaft. 1300 p.
- Treviño de Castro, G., Mera Ovando, L. M., Bye, B. R., Mejía-Muñoz, J. M., y Laguna-Cerda, A. (2007). *Historia de la dalia (acocoxóchitl), la flor nacional de México*. Tlalnepantla, Estado de México, México: Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 27 p.
- Van-Lier, E., Regueiro, M. (2008). *Digestión en retículo-rumen*. Montevideo, Uruguay: Universidad de la Republica. 28 p.
- Van-Loo, J., Coussement, P., De Leenheer, L., Hoebregs, H., and Smiths, G. (1995). On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*; 35, 525-552.
- Van Soest. P. J. (1968). Determination of silica in forages upon digestibility. *Journal of the A.O.A.C.*, 50, 50-55.
- Zimmerman, P. W., and Hitochcock, A. E. (1929). Root formation and flowering of dahlia cuttings when subjects to different day lengths. *Botanical gazette*, 87, 1-13.

APÉNDICES

Apéndice 1. Correlaciones

Cuadro 11. Correlaciones de Pearson para las variables evaluadas en cinco especies de dalia

	NR	PR	DC	pH	°Bx	AT	VE	H	MS	PC	GC	FC	ELN
NR	1	0.5*	0.314	-0.32	0.409	0.424	-0.035	-0.217	0.217	-0.457	-0.303	-0.69*	0.563*
PR		1	0.82*	-0.49*	0.67*	0.516*	-0.066	-0.647*	0.647*	-0.597*	-0.412	-0.51*	0.613*
DC			1	-0.58*	0.68*	0.620*	-0.107	-0.734*	0.734*	-0.655*	-0.55*	-0.557*	0.667*
pH				1	-0.36	-0.69*	0.057	0.569*	-0.569*	0.548*	0.69*	0.586*	-0.60*
°Bx					1	0.709*	0.350	-0.871*	0.871*	-0.861*	-0.408	-0.60*	0.815*
AT						1	0.341	-0.800*	0.800*	-0.785*	-0.56*	-0.72*	0.803*
VE							1	-0.334	0.334	-0.21	0.192	-0.078	0.159
H								1	-1*	0.834*	0.55*	0.545*	-0.78*
MS									1	-0.834*	-0.55*	-0.54*	0.782*
PC										1	0.55*	0.831*	-0.98*
GC											1	0.540*	-0.616*
FC												1	-0.922*
ELN													1

*significativa (p>0.01)

Cuadro 11. (Continuación)

	C	MO	LSD	LID	FDN	FDA	CC	CE	LI	HC	SI	IN	SA
NR	-0.418	0.418	0.489*	0.347	-0.63*	-0.59*	0.633*	-0.67*	-0.460	-0.20	0.063	0.05	-0.604*
PR	-0.670*	0.670*	0.608*	0.463	-0.567*	-0.60*	0.567*	-0.535*	-0.62*	0.163	0.022	-0.061	-0.525*
DC	-0.657*	0.657*	0.689*	0.593*	-0.61*	-0.647*	0.613*	-0.54*	-0.69*	0.165	-0.093	-0.006	-0.33
pH	0.460	-0.460	-0.54*	-0.356	0.677*	0.676*	-0.677*	0.708*	0.598*	0.011	-0.124	-0.025	0.306
°Bx	-0.920*	0.920*	0.826*	0.762*	-0.707*	-0.751*	0.706*	-0.571*	-0.84*	0.22	-0.198	-0.177	-0.438
AT	-0.746*	0.746*	0.735*	0.705*	-0.79*	-0.806*	0.787*	-0.748*	-0.74*	0.087	-0.224	-0.186	-0.351
VE	-0.288	0.288	0.252	0.125	-0.101	-0.149	0.101	-0.058	-0.268	0.238	0.126	-0.549*	-0.05
H	0.861*	-0.861*	-0.784*	-0.675*	0.68*	0.738*	-0.683*	0.584*	0.819*	-0.269	0.105	0.312	0.366
MS	-0.861*	0.861*	0.784*	0.675*	-0.68*	-0.738*	0.683*	-0.58*	-0.819*	0.269	-0.105	-0.312	-0.366
PC	0.933*	-0.933*	-0.888*	-0.854*	0.895*	0.921*	-0.895*	0.818*	0.885*	-0.123	0.275	0.069	0.587*
GC	0.472*	-0.472*	-0.534*	-0.451	0.625*	0.629*	-0.625*	0.639*	0.540*	-0.015	0.056	-0.020	0.155
FC	0.716*	-0.716*	-0.834*	-0.692*	0.957*	0.934*	-0.957*	0.950*	0.804*	0.119	0.067	-0.118	0.676*
ELN	-0.909*	0.909*	0.906*	0.821*	-0.955*	-0.964*	0.955*	-0.901*	-0.895*	0.037	-0.192	-0.005	-0.624*

*significativa (p>0.01)

Cuadro 11. (Continuación)

	C	MO	LSD	LID	FDN	FDA	CC	CE	LI	HC	SI	IN	SA
C	1	-1.00	-0.829*	-0.768*	0.791*	0.818*	-0.791*	0.694*	0.831*	-0.130	0.206	0.109	0.52*
MO		1	0.829*	0.768*	-0.791*	-0.818*	0.791*	-0.694*	-0.831*	0.130	-0.206	-0.109	-0.52*
LSD			1	0.818*	-0.902*	-0.941*	0.902*	-0.806*	-0.988*	0.184	-0.060	0.024	-0.525*
LID				1	-0.755*	-0.812*	0.755*	-0.646*	-0.782*	0.279	-0.623*	0.098	-0.386
FDN					1	0.980*	-1.000*	0.956*	0.889*	0.108	0.083	-0.018	0.636*
FDA						1	-0.980*	0.948*	0.929*	-0.092	0.130	-0.043	0.611*
CC							1	-0.956*	-0.889*	-0.108	-0.083	0.019	-0.636*
CE								1	0.784*	0.045	0.024	-0.052	0.635*
LI									1	-0.192	0.013	0.003	0.529*
HC										1	-0.233	0.12	0.133
SI											1	-0.139	-0.045
IN												1	0.163
SA													1

*significativa ($p > 0.01$)

NR=número raíces tuberosas, PR=peso de raíces tuberosas, DC=diámetro de la corona, pH=potencial de hidrogeno, °Bx=grados brix, AT=acidez titulable, VE=valor energético, H=humedad, MS=materia seca, PC=proteína cruda, GC=grasa cruda, FC=fibra cruda, CH=carbohidratos (ELN), C=cenizas, MO=materia orgánica, LSD=límite superior de la digestibilidad de la materia seca, LID=límite inferior de la digestibilidad de la materia seca, FDN=fibra detergente seco, FDA=fibra detergente ácido, CC=contenido celular, CE=celulosa, LI=lignina, HC=hemicelulosa, SI=sílice, IN=inulina, SA sacarosa.