

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA, FUNCIONAL Y SENSORIAL DE  
HOJAS DE AMARANTO (*Amaranthus spp.*) PARA CONSUMO HORTÍCOLA**

**ALEJANDRA BELÉN DIAS RODRÍGUEZ**

SANTIAGO – CHILE

2020

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA, FUNCIONAL Y SENSORIAL DE  
HOJAS DE AMARANTO (*Amaranthus spp.*) PARA CONSUMO HORTÍCOLA**

**PHYSICAL, CHEMICAL, FUNCTIONAL AND SENSORIAL  
CHARACTERIZATION OF AMARANTH LEAVES (*Amaranthus spp.*) FOR  
HORTICULTURAL CONSUMPTION**

**ALEJANDRA BELÉN DIAS RODRÍGUEZ**

**SANTIAGO – CHILE**

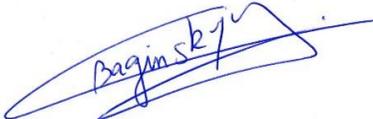
**2020**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA, FUNCIONAL Y SENSORIAL DE  
HOJAS DE AMARANTO (*Amaranthus spp.*) PARA CONSUMO HORTÍCOLA**

Memoria para optar al título profesional de:  
Ingeniero Agrónomo.

**ALEJANDRA BELÉN DIAS RODRÍGUEZ**

<b>Profesores Guías</b>		<b>Calificaciones</b>
Sra. Cecilia Baginsky G. Ingeniero Agrónomo, Dra.		6,8
Sra. Carmen Sáenz H. Químico Farmacéutico, Dra.		6,8
<b>Profesores Evaluadores</b>		
Sra. Erika Kania K. Ingeniero Agrónomo, Dra.		6,5
Sr. Luis Sazo R. Ingeniero Agrónomo.		6,5

SANTIAGO – CHILE

2020

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco a Dios por guiar siempre mi camino y darme la fortaleza espiritual para seguir.

A mi hermosa familia, mi madre Giovanna, mi papá Nolberto, mi hermana Antonella por todo su esfuerzo, por darme su apoyo incondicional y ser el motor de mi vida. Mención especial a mi Nonita, la mujer más importante de mi vida, a la que admiro y agradezco todo lo que soy, esta memoria es por ti y para ti.

A mis directoras de tesis la Dra. Carmen Sáenz y Dra. Cecilia Baginsky, quienes fueron auténticas guías en esto, por su constante comprensión y apoyo tanto en lo académico como en lo personal, por su dedicación y compromiso puesto en esta investigación.

A todos y cada uno de mis amigas y amigos por todos los buenos momentos, risas compartidas y por cada palabra de aliento que sirvieron mucho para llegar hasta aquí.

A mis compañeros del laboratorio de Productos Vegetales del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas, por ser parte de este proceso con su valioso tiempo e infinita sabiduría.

Por último agradecer al Proyecto Fomento al Cultivo y Consumo de Amaranto: Potenciación Chile-México por permitirme ser parte de esta hermosa investigación.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
Palabras claves: .....	1
ABSTRACT.....	2
Key words: .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
Objetivos .....	4
Objetivo general.....	4
MATERIALES Y MÉTODOS .....	5
Lugar de estudio .....	5
Materiales .....	5
Métodos .....	5
Tratamientos y diseño experimental.....	5
Análisis físicos, químicos y funcionales.....	5
Análisis sensorial.....	6
Manejo del ensayo en campo.....	7
Siembra.....	7
Cosecha.....	7
Caracterización física.....	8
Color.....	8
Humedad.....	8
Caracterización química .....	8
Azúcares totales.....	8
Cenizas.....	8
Perfil mineral.....	8
Proteínas.....	8
Caracterización funcional .....	8
Fibra dietética (soluble, insoluble y total).....	8
Capacidad antioxidante.....	9
Polifenoles totales.....	9
Caracterización sensorial .....	9

Análisis Estadístico .....	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	12
Caracterización física.....	12
Color.....	12
Humedad. ....	13
Caracterización química .....	14
Azúcares totales. ....	14
Cenizas. ....	14
Proteínas.....	15
Perfil mineral.....	16
Caracterización Funcional .....	18
Fibra dietética.....	18
Capacidad antioxidante. ....	19
Fenoles totales.....	20
Caracterización Sensorial .....	22
Evaluación sensorial hojas de amaranto. ....	22
Evaluación sensorial “Salad Mix” con hojas de amaranto. ....	24
Análisis funcional “salad Mix” con hojas de amaranto. ....	24
Resumen de los 5 genotipos de hojas de amaranto.....	25
CONCLUSIONES .....	26
BIBLIOGRAFÍA .....	27
APÉNDICES.....	32

## RESUMEN

Hoy en día existen serios problemas de salud en nuestro país, relacionados con los malos hábitos alimenticios y la baja o nula actividad física que realizan las personas, factores de riesgo que conllevan al aumento en la prevalencia de Enfermedades No Transmisibles (ENT), como son la diabetes, el cáncer y las enfermedades cardiovasculares. En este sentido y en un contexto en el cual la salud y la alimentación son una de las principales preocupaciones, existe un especial interés por la búsqueda de alimentos saludables que actúen como factores protectores para prevenir dichas enfermedades.

El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar física (color y humedad), química (azúcares totales, cenizas, perfil mineral y proteínas), funcional (fibra dietética, capacidad antioxidante y polifenoles totales) y sensorialmente hojas provenientes de cinco genotipos de amaranto (Amaranteca, Areli, Benito, PQ2 y Revancha) cosechados en dos alturas de planta (altura A: 15 a 20 cm y altura B: 25 a 30 cm). Además se propuso determinar la posible relación en los parámetros antes mencionados entre las hojas en los dos estados de crecimiento.

Los resultados indican que las hojas de los cinco genotipos de amaranto en ambas alturas presentaron características similares. Se destacó la alta concentración de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante que tienen los genotipos Areli y PQ2 en las plantas de mayor altura, constituyéndose en un “alimento rico en antioxidantes” con los cuales se podría contribuir a reducir el riesgo de ser afectados por ENT.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, las hojas de amaranto presentan buenas características nutricionales, funcionales y atributos sensoriales aceptables, lo que las hacen idóneas para su consumo en fresco. Por lo que se podría considerar como una nueva hortaliza para suplir la demanda por alimentos saludables.

**Palabras claves:** Compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, perfil mineral, proteínas, fibra dietética.

## ABSTRACT

Nowadays there are serious health problems in our country, related to bad eating habits and low or no physical activity carried out by people, risk factors that lead to increase the prevalence of Noncommunicable Diseases (NCDs), such as diabetes, cancer and cardiovascular diseases. In this sense and in a context in which health and food are one of the main concerns, there is a special interest in the search for healthy foods as protective factors to prevent such diseases.

This study aimed to characterize physics (color and humidity), chemistry (total sugars, ashes, mineral profile and proteins), functional (dietary fiber, antioxidant capacity and total polyphenols) and sensory leaves from five amaranth genotypes (Amaranteca, Areli, Benito, PQ2 and Revancha) harvested in two plant heights (height A: 15 to 20 cm and height B: 25 to 30 cm). In addition, it was proposed to determine the possible relationship in the parameters above mentioned between the leaves of the two growth stages.

The results indicate that the leaves of the five amaranth genotypes at both heights presented similar characteristics. The high concentration of phenolic compounds and antioxidant capacity of the Areli and PQ2 genotypes in the higher plants were highlighted, becoming a “food rich in antioxidants” that could reduce the risk of NCD.

According to the results obtained in the present investigation, amaranth leaves present good nutritional and functional characteristics and acceptable sensory attributes, which make them ideal for fresh consumption. For what could be considered as a new vegetable to meet the demand for healthy foods.

**Key words:** Phenolic compounds, antioxidant capacity, mineral profile, proteins, dietary fiber.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los consumidores privilegian el consumo de alimentos que posean atributos sensoriales deseables, y que a su vez tengan una alta calidad nutricional; sin embargo, también buscan productos que puedan brindar beneficios para la salud. Las frutas y hortalizas poseen fitoquímicos que promueven la salud más allá de la nutrición básica, debido a que estos compuestos disminuyen la probabilidad de padecer alguna enfermedad no transmisible. En este sentido, la industria agroalimentaria busca encontrar nuevas fuentes que permitan suplir las demandas de las personas, y que puedan disminuir las deficiencias alimentarias que se producen en algunos ambientes (Araya, 2003; INIA, 2011).

Hoy en día a pesar de que se continúan realizando progresos en la lucha contra el hambre, existe un número elevado de personas que no tienen acceso físico y económico a los alimentos necesarios para disfrutar de una alimentación balanceada, que les permita tener una vida activa y saludable. La mayoría de las personas que pasan hambre viven en regiones en subdesarrollo, donde se calcula que existen actualmente 780 millones de personas sub-alimentadas, debido principalmente a un crecimiento económico más lento y menos inclusivo, así como también por la inestabilidad política en algunas sectores menos desarrollados, como por ejemplo, en África central y Asia occidental (FAO et al., 2015).

Respecto a la situación nacional, Chile lidera en disponibilidad y accesibilidad a los alimentos en América Latina, y se ubica en el puesto número 25 a nivel mundial según la última actualización del Índice Global de Seguridad Alimentaria (2019). Esto conlleva a que hoy en día, el 74 % de la población chilena tenga problemas de exceso de peso, datos entregados por la última encuesta nacional de salud (ENS, 2017), lo que ha hecho que se impulse un estilo de vida más saludable para mejorar la calidad de vida de las personas. Entre las iniciativas se encuentran programas como “Elige vivir sano” del Ministerio de Desarrollo Social y el de la Corporación “5 al día”, los que principalmente promueven una alimentación sana, rica en frutas y hortalizas.

Un modo de contribuir a una alimentación más saludable es buscando nuevas fuentes nutricionales de origen vegetal, entre ellas se encuentra el amaranto, que posee nutrientes esenciales y a su vez puede crecer y desarrollarse sin problemas en ambientes con elevadas temperaturas y baja disponibilidad hídrica, lo que le daría a este cultivo un gran potencial agronómico y alimentario (Drescher et al., 2009).

El amaranto es un cultivo herbáceo anual que pertenece a la familia *Amarantaceae* y al género *Amaranthus*. Comprende aproximadamente 70 especies, (Grobelnik-Mlakar et al., 2009) y es un cultivo originario de América, donde probablemente los primeros en utilizarlo como un cultivo altamente productivo fueron los mayas, de quienes otros pueblos de América, entre ellos los aztecas e incas aprendieron su consumo (Becerra, 2000). En cuanto a México, su región de origen, a partir de los 90' el cultivo se encuentra en retroceso, con superficies inferiores a las 900 hectáreas y producciones inferiores a las mil toneladas, siendo actualmente China el principal productor, con 150 mil hectáreas

cultivadas (González, 2014), aunque este cultivo también se ha expandido a India y África, impulsado por los gobiernos para alimentar a estos pueblos (Becerra, 2000; Eyzaguirre y Smith, 2007). En Chile no hay estadísticas de hectáreas cultivadas, ya que es un cultivo reciente.

A nivel mundial la mayoría de las especies de amaranto se cultivan para el consumo de grano y en menor proporción para el de hoja, aunque gran parte de las especies de amaranto tienen hojas comestibles, siendo consideradas como una de las hortalizas más populares cultivadas en África y Asia. En esas zonas, se consumen hojas, brotes y tallos tiernos cocidos con otras verduras; sin embargo, también suele usarse como forraje para la alimentación del ganado (Das, 2016; Singh et al., 2001).

Se ha observado que en las hojas de este cultivo existe un alto potencial agroalimentario; es así como investigaciones indican que las hojas de amaranto son ricas en proteínas ( $3,5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), vitaminas como el ácido ascórbico ( $80 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) y minerales como el calcio ( $267 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), elementos claves para una nutrición adecuada. A pesar de esto, existe limitada información respecto a las características químicas y funcionales de las hojas de amaranto, por lo que una caracterización física, química y funcional de las hojas de este cultivo complementaría la información disponible, para una mejor utilización en la alimentación humana (Banerji et al., 2003; Deng et al., 2015; Shukla et al., 2003; Rastogi y Shukla, 2013).

En este contexto y dado que el conocimiento en Chile del amaranto es reciente, y se centra principal o únicamente en la producción de granos, este estudio pretende conocer y dar más alternativas al consumo de esta especie, analizando el potencial de introducir las hojas como parte de la dieta, considerando el éxito que muestran, por ejemplo, las hojas de hortalizas tipo “baby”.

## Objetivos

**Objetivo general.** Caracterizar física, química, funcional y sensorialmente hojas de cinco genotipos de amaranto, de dos alturas distintas de planta.

**Objetivo específico.** Evaluar posibles diferencias físicas, químicas, funcionales y sensoriales en los cinco genotipos de amaranto a causa de las dos alturas de planta.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Lugar de estudio**

Esta investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Antumapu, dependiente de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, cuya localización geográfica es de 32° 40' latitud sur y 70° 32' longitud oeste, ubicada en la comuna de La Pintana, Provincia de Santiago, Región Metropolitana, Chile. Los análisis fueron realizados en los Laboratorios de Productos Vegetales, de Ingredientes Funcionales y de Análisis Sensorial del Departamento de Agroindustria y Enología y en el Laboratorio de Nutrición Mineral del Departamento de Producción Agrícola de la misma Facultad.

### **Materiales**

En el presente estudio se utilizaron semillas de cinco genotipos de amaranto provenientes de México, las cuales fueron donados por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Campus Iztapalapa. Estas semillas corresponden a la especie *Amaranthus hypochondriacus* (Areli, PQ2 y Revancha) y a la especie *Amaranthus cruentus* (Amaranteca y Benito). Entre estos genotipos existen plantas con hojas verdes (Revancha, Amaranteca y Benito), hojas verdes con pigmentación púrpura (PQ2) y hojas púrpuras (Areli).

### **Métodos**

#### **Tratamientos y diseño experimental**

El experimento fue separado en dos, uno para el análisis físico, químico y funcional de las hojas de amaranto (1) y otro para el análisis sensorial de ellas (2).

#### **Análisis físicos, químicos y funcionales.**

Los genotipos antes mencionados (cinco genotipos) fueron cosechados a dos alturas de plantas: A (15 a 20 cm) y B (25 a 30 cm). Esto originó un total de 10 tratamientos (Cuadro 1), cuales contaron con 3 repeticiones. Los tratamientos fueron distribuidos de forma aleatoria como se muestra en la Figura 1.

Para la obtención de las hojas de amaranto se estableció un ensayo con un diseño completamente aleatorizado (DCA) con estructura de parcela dividida, donde la parcela principal correspondió al genotipo y la subparcela a la altura de la planta (cm). La unidad experimental para la parcela principal correspondió a una parcela de 1,5 x 3 m y para la subparcela correspondió a un cuadrante de 1,5 x 1,5 m (dentro de cada parcela principal se establecieron 2 subparcelas).

Cuadro 1. Tratamientos para el experimento de análisis físicos, químicos y funcionales de las hojas.

Tratamiento	Genotipo	Altura
T1	Amaranteca	A
T2	Amaranteca	B
T3	Areli	A
T4	Areli	B
T5	Benito	A
T6	Benito	B
T7	PQ2	A
T8	PQ2	B
T9	Revancha	A
T10	Revancha	B

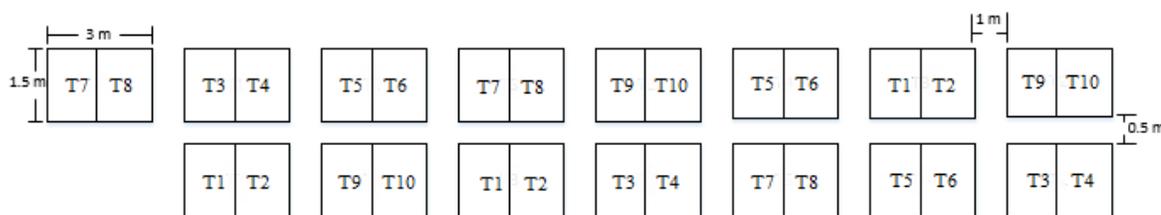


Figura 1. Esquema de campo de la siembra por parcelas.

### Análisis sensorial.

El análisis sensorial fue dividido en tres etapas, la primera para evaluar los genotipos de la altura A (15 – 20 cm), la segunda para los de la altura B (25 – 30 cm) y la tercera para el “salad mix con hojas de amaranto”.

Los tratamientos utilizados para la primera y segunda etapa de la evaluación sensorial fueron los cinco genotipos, como muestra el Cuadro 2. En cambio, los tratamientos utilizados para la tercera evaluación fueron los que muestra el Cuadro 3.

Las tres etapas del análisis sensorial presentaron un diseño en bloques completamente aleatorizado (DBCA), el cual contó con 12 bloques o repeticiones los cuales fueron cada uno de los jueces que conformaron el panel entrenado.

Cuadro 2. Tratamientos para el diseño de experimentos de la primera y segunda etapa del análisis sensorial.

Tratamiento	Genotipo
T1	Amaranteca
T2	Areli
T3	Benito
T4	PQ2
T5	Revancha

Cuadro 3. Tratamientos para el diseño de experimentos de la tercera etapa del análisis sensorial.

Tratamiento	Genotipo
T1	Salad + Areli altura A
T2	Salad + PQ2 altura A
T3	Salad + Benito altura B
T4	Salad + PQ2 altura B
T5	Salad Control

### Manejo del ensayo en campo

**Siembra.** Previo a la siembra se preparó el suelo mediante el uso de un arado de disco y su posterior rastraje para preparar la cama de semillas. Se sembraron 15 parcelas principales de 1,5 x 3 m correspondientes a los cinco genotipos con tres repeticiones y por ende, 30 subparcelas de 1,5 x 1,5 m tal como se muestra en la Figura 1. Cada subparcela estuvo formada por siete hileras de 1,5 m de largo las cuales estaban distanciadas entre sí por 0,2 m y las semillas fueron distribuidas a chorro sobre la hilera, quedando las plantas a una distancia aproximada de fue de 0,02 m.

El riego se aplicó a las parcelas por tendido, el cual fue suministrado dos veces por semana, hasta antes de la cosecha.

**Cosecha.** La cosecha de las hojas se llevó a cabo cuando las plantas de cada parcela tenían el porte correspondiente a la altura A y la altura B, cosechando la totalidad de las plantas por parcela para proceder a realizar los análisis requeridos.

## Caracterización física

**Color.** Para la determinación de los parámetros de color (L, a\*, b\* y Hab) se utilizaron cinco hojas, las cuales fueron medidas por dos veces en distintos lados de la lámina de la hoja para los cinco genotipos utilizando un colorímetro (UltraScan PRO, Hunter Lab, EEUU).

**Humedad.** Se utilizaron 4 g de hojas, las cuales se secaron en una estufa a  $105 \pm 0,5$  °C hasta obtener peso constante (AOAC, 1996).

## Caracterización química

**Azúcares totales.** Se determinaron utilizando 5 g de hojas, mediante el método de Antrona (Osborne y Voogt, 1986), utilizando un espectrofotómetro RayLeigh UV-9200 (Beijing, China), a una longitud de onda de 620 nm.

**Cenizas.** Se utilizaron 5 g de hojas, los cuales se sometieron a incineración en un horno-mufla a  $550 \pm 0,5$ °C por 8 horas hasta obtener cenizas de colores blancos o grisáceos claro. Luego las muestras se colocaron en un desecador y una vez frías ( $18 - 20$  °C) se pesaron (AOAC, 1996).

**Perfil mineral.** Los minerales determinados en este estudio fueron fósforo (P), potasio (K), hierro (Fe), calcio (Ca) y sodio (Na). Para su determinación se tomaron muestras de 1 g de hojas, las cuales se secaron en una estufa a  $70 \pm 0,5$  °C por 72 horas hasta alcanzar peso constante, para luego moler en una licuadora (Nutribullet 600) hasta conseguir un polvo homogéneo. Posteriormente una sub muestra de ellas (500 mg) se sometió a digestión ácida en 8 mL de ácido nítrico y 2 mL de peróxido de hidrógeno a 180 °C por 20 minutos en un microondas (Anton Paar 3200, Austria). El líquido resultante de la mineralización, se diluyó hasta completar 20 mL con agua desionizada. La lectura de las muestras mineralizadas se realizó mediante un Espectrómetro por Emisión Atómica por Plasma de Microondas MP-AES 4200 (Agilent Technologies) (Covarrubias, Comunicación Personal, 2016<sup>1</sup>)

**Proteínas.** Se utilizaron 0,2 g de hojas, utilizando el método de Micro-Kjeldhal (AOAC, 1996).

## Caracterización funcional

**Fibra dietética (soluble, insoluble y total).** Se utilizó 1 g de hoja, utilizando el método descrito en AOAC (1997).

---

<sup>1</sup> Comunicación personal. Dr. José Ignacio Covarrubias, Ing. Agrónomo, Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, jcovarru@uchile.cl

**Capacidad antioxidante.** Se determinó en 6 g de hojas, siguiendo el método de ORAC de acuerdo al protocolo propuesto por Huang et al. (2002), con modificaciones, utilizando un Fluorímetro Biotek FLx800 (BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT).

**Polifenoles totales.** Se determinó utilizando 6 g de hojas, mediante espectrofotometría con el método de *Folin Ciocalteu* (Singleton y Rossi, 1965), utilizando un espectrofotómetro Rayleigh modelo UV-9200 (Beijing, China) acoplado a un computador, a una longitud de onda de 765 nm.

### Caracterización sensorial

Para llevar a cabo el análisis sensorial se procedió a cosechar las hojas de las plantas de amaranto que se encontraban de la altura A y B. Se cosecharon cinco plantas por parcela (15 parcelas, tres repeticiones por genotipo), por lo que se contó con 15 plantas por genotipo de altura A y 15 plantas por genotipo de altura B, las cuales fueron deshojadas, lavadas con agua potable y colocadas por separado en bolsas herméticas de polietileno de baja densidad (LDPE) por genotipo y altura para luego ser colocadas en una bandeja con cinco platos blancos codificados, como muestra la Figura 2.



Figura 2. Cosecha de plantas de amaranto (A). Hojas de amaranto lavadas (B). Bandeja para análisis sensorial de las hojas de amaranto (C).

La evaluación sensorial se realizó de forma separada para ambas alturas A y B. Primero se procedió a que los panelistas evaluaran las hojas de los genotipos de altura A y posteriormente las hojas de los genotipos de altura B para de esta manera poder caracterizar de la mejor forma los genotipos de distintas alturas.

Los parámetros de calidad de las hojas de amaranto fueron definidos previamente por un *Focus group* mediante el método Quality Description Analysis (QDA) (Lawless, 2010), y luego un panel entrenado conformado por 12 personas procedió a evaluar las hojas, a través

de una pauta no estructurada de 15 cm, en la cual el 0 es ausencia y 15 la intensidad máxima del atributo. La pauta constó de cuatro ítems: visual (intensidad de color, color y homogeneidad del color), olfativo (intensidad aromática y aroma verde), gustativo (textura, crocancia, dulzor, picor, amargor y persistencia) y aceptabilidad (Apéndice I). Además, se le solicitó a cada panelista que escogiera las dos muestras que para él/ella tuvieran la mayor preferencia; este dato se utilizaría en caso de no encontrar diferencias significativas una vez analizado los resultados del parámetro aceptabilidad.

Luego de analizar aceptabilidad junto con preferencia se seleccionaron dos genotipos de amaranto para cada altura de hojas, los cuales se incorporaron a un “salad mix” de hojas de vegetales verdes (Fig. 3) y su posterior evaluación sensorial.

El “salad mix” estuvo compuesto por 64 g 100 g<sup>-1</sup> de lechuga Escarola, 18 g 100 g<sup>-1</sup> de lechuga Marina y 18 g 100 g<sup>-1</sup> de rúcula, tal como muestra la Figura 3. El peso de la mezcla base fue de 864 g, por lo que se dividió en cuatro partes iguales de 216 g para adicionarle a cada una 20 g 100 g<sup>-1</sup> de hojas de amaranto, lo que correspondió a 43,2 g. De esta manera se originaron cuatro formulaciones, para los cuatro genotipos a evaluar.



Figura 3. Mezcla base para el “salad mix” de hojas verdes.

Para la presentación de las muestras a los panelistas, se colocaron en una bandeja dos platos blancos, en donde en cada uno de estos se colocó 12 g de la mezcla base, cuidando que en cada plato al menos hubiese dos hojas de amaranto. Además, se puso a disposición de cada evaluador tres aderezos (sal, 10 mL de aceite de oliva y 7 mL de aceto balsámico) para que compusieran el mix de hojas a su gusto (Figura 4).



Figura 4. Bandeja para el segundo análisis sensorial.

La evaluación sensorial fue de forma separada para ambas alturas (A y B), primero se procedió a que los panelistas evaluaran el “salad mix” con hojas de los genotipos de altura A y posteriormente el “salad mix” de las hojas de altura B. A los evaluadores se les pidió que para cada bandeja indicaran su preferencia.

### **Análisis Estadístico**

Los resultados obtenidos de los análisis físicos, químicos, funcionales y sensoriales que cumplieron con los supuestos de normalidad y de homogeneidad de varianza fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA), con un nivel de significancia al 5 % ( $p \leq 0,05$ ). Cuando se detectó interacción entre los niveles de los factores analizados, se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Donde no se encontró interacción entre los niveles de los factores analizados se procedió a evaluar la significancia de cada uno de los factores de manera independiente. En el caso de encontrar significancia para el factor, se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2013).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La literatura indica que las hojas de amaranto presentan un alto potencial agroalimentario (Sarker et al., 2018; Shukla et al., 2003). En el presente estudio se evaluaron parámetros físicos y químicos de las hojas en dos estados crecimiento de las plantas (15 a 20 cm de altura y entre 25 y 30 cm).

### Caracterización física

**Color.** Para los parámetros de color L (luminosidad), a\* (+a\* contribución de rojo, -a\* contribución de verde), b\* (+b\* contribución de amarillo, -b\* contribución de azul) y Hab (tono) no se detectó interacción entre los niveles del factor genotipo y altura de planta. Independiente de la altura de planta utilizada, las hojas del genotipo Areli presentaron diferencias estadísticamente significativas en comparación a los otros genotipos (Cuadro 4), debido a que es el único genotipo que presenta hojas púrpuras. De acuerdo al efecto de la altura independiente del factor genotipo, no existieron diferencias entre alturas.

Cuadro 4. Efecto del factor genotipo sobre los parámetros de color L, a\*, b\* y Hab de las hojas de amaranto independiente de la altura de planta.

Genotipos	L	a*	b*	Hab
Amaranteca	40,67 ± 4,05 b <sup>1</sup>	-9,96 ± 0,76 b	49,43 ± 2,94 b	101,26 ± 1,06 b
Benito	37,71 ± 3,93 b	-8,78 ± 0,93 b	48,67 ± 3,23 b	98,42 ± 1,46 b
Areli	26,03 ± 2,15 a	14,11 ± 1,08 a	31,26 ± 3,71 a	81,11 ± 1,08 a
PQ2	38,17 ± 4,44 b	-6,21 ± 0,94 b	42,74 ± 2,97 b	97,62 ± 1,65 b
Revancha	40,49 ± 3,75 b	-9,67 ± 0,71 b	46,89 ± 2,98 b	101,85 ± 0,97 b

Los datos indican los promedios ± D.E (n=10). <sup>1</sup>Letras minúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre los genotipos (independiente la altura), según prueba de Tukey (p < 0,05).

El color púrpura de las hojas del genotipo Areli se debe a la presencia de betalaínas, los cuales son pigmentos hidrosolubles que se encuentran en las vacuolas de las células vegetales (Arunachalam et al., 2016; Cai et al., 2005). La luminosidad (L) fue significativamente menor en comparación a los demás genotipos, lo que indica un color más oscuro.

Entre los demás genotipos no existieron diferencias significativas en los parámetros de color L, a\*, b\* y Hab, ya que para los otros genotipos, exceptuando a Areli, la tonalidad de las hojas fue más bien verdosa (Figura 5).

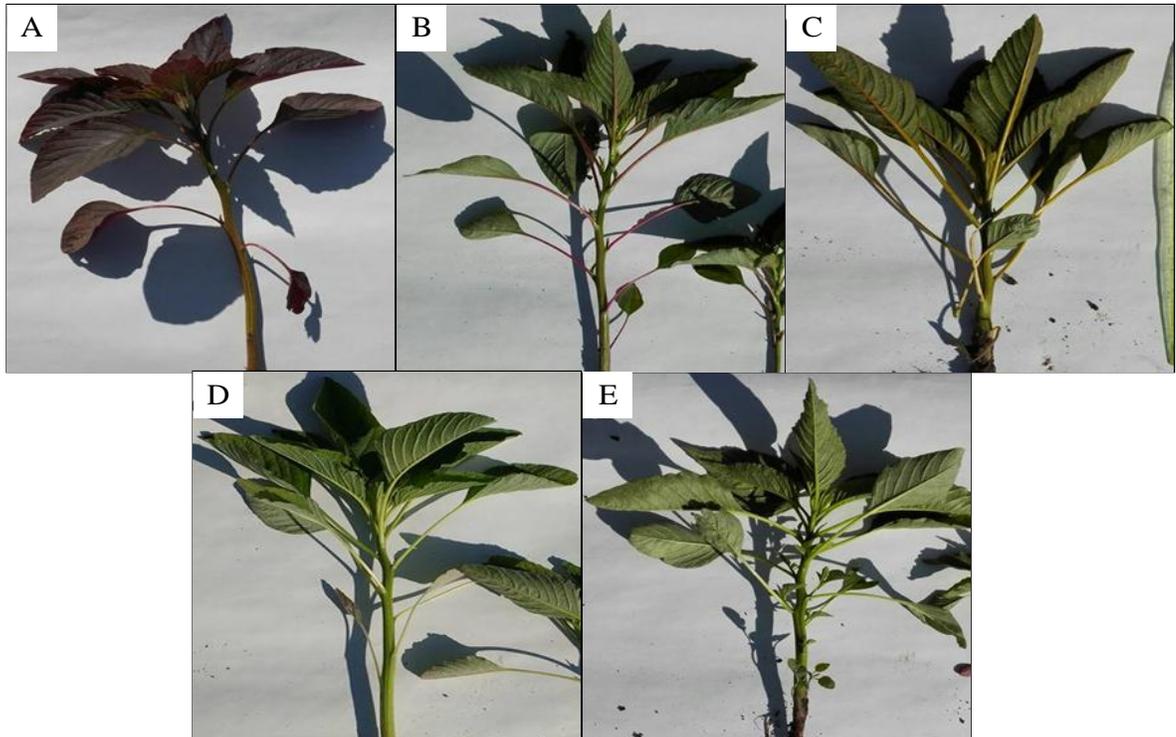


Figura 5. Plantas correspondientes a los cinco genotipos de amaranto. Areli (A). Amaranteca (B). Benito (C). PQ2 (D). Revancha (E).

El color es una característica que juega un papel importante en la elección de compra de los consumidores, llevando por sí solo a la decisión de aceptación o rechazo por un producto determinado (Jang-kun et al., 2013). En los vegetales el color está determinado por la concentración de pigmentos presentes en sus tejidos y puede variar según la especie (Mohr y Schopfer, 1995).

**Humedad.** Para la humedad no se detectó interacción entre los niveles del factor genotipo y altura de planta. Independientemente del genotipo utilizado, las hojas de las plantas de amaranto de altura A (15 – 20 cm) tuvieron un contenido de humedad significativamente mayor que las de la altura B (25 – 30 cm) (Cuadro 5). De acuerdo al efecto genotipo independiente del factor altura, no existieron diferencias significativas entre genotipos.

Cuadro 5. Efecto del factor altura de planta sobre la humedad de las hojas de amaranto independiente del genotipo.

Altura	Humedad (g 100g <sup>-1</sup> p.f.)
A (15 – 20 cm)	85,76 ± 0,89 a
B (25 – 30 cm)	84,14 ± 1,03 b

Los datos indican los promedios ± D.E (n=15). Letras minúsculas distintas en los valores de humedad indican diferencias significativas entre las alturas de planta (independiente el genotipo), según prueba de Tukey (p < 0,05).

Según Oba y Sarker (2018) y Grusak y Jiménez-Aguilar (2017) la humedad en hojas de amaranto varía entre 80 y 100g<sup>-1</sup> coincidiendo con los resultados obtenidos en este estudio.

En comparación con otras hortalizas de hoja, las de amaranto poseen un contenido de humedad similar a la acelga (84 g 100 g<sup>-1</sup> p.f.), mientras que otras especies presentan contenidos de humedad algo mayores como la espinaca: 91 g 100 g<sup>-1</sup> p.f. y la lechuga: 96 g 100g<sup>-1</sup> p.f. (INTA, 2018; USDA, 2018).

### Caracterización química

**Azúcares totales.** Para el contenido de azúcares totales no se detectó interacción entre los niveles del factor genotipo y altura de planta. Independiente del genotipo utilizado, las hojas de las plantas de amaranto de altura A (15 – 20 cm) presentaron un contenido de azúcares totales significativamente menor que las de la altura B (25 – 30 cm) (Cuadro 6). De acuerdo al efecto genotipo independiente de la altura, no existieron diferencias significativas entre genotipos

Cuadro 6. Efecto del factor altura de planta sobre el contenido de azúcares de las hojas de amaranto independiente del genotipo.

Altura	Azúcares totales (g 100g <sup>-1</sup> p.f.)
A (15 – 20 cm)	0,36 ± 0,04 b
B (25 – 30 cm)	0,46 ± 0,06 a

Los datos indican los promedios ± D.E (n=15). <sup>1</sup>Letras minúsculas distintas en los valores de azúcares totales indican diferencias significativas entre las alturas de planta (independiente el genotipo), según prueba de Tukey (p < 0,05).

Comparado con el contenido de azúcares de otras hortalizas de hoja, el contenido de las hojas de amaranto es similar al de la espinaca (0,4 g 100g<sup>-1</sup> p.f.) y menor al de la lechuga (0,9 – 1 g 100g<sup>-1</sup> p.f.) (INTA, 2018; USDA, 2018).

**Cenizas.** Para el contenido de cenizas no se detectó interacción entre los niveles del factor genotipo y altura de planta. Independiente de la altura de planta utilizada, las hojas de las plantas de amaranto del genotipo Benito y Revancha tuvieron un contenido significativamente mayor de cenizas en comparación a los obtenidos por los otros genotipos, los cuales en promedio presentaron un valor de 2,68 g 100g<sup>-1</sup> p.f. (Cuadro 7). De acuerdo al efecto altura independiente del factor genotipo, no existieron diferencias significativas entre las alturas.

Cuadro 7. Efecto del factor genotipo sobre el contenido de cenizas en las hojas de amaranto independiente del factor altura.

Genotipos	Cenizas (g 100g <sup>-1</sup> p.f.)
Amaranteca	2,48 ± 0,35 b
Benito	3,63 ± 0,26 a
Areli	2,91 ± 0,31 b
PQ2	2,65 ± 0,42 b
Revancha	3,70 ± 0,51 a

Los datos indican los promedios ± D.E (n=6). <sup>1</sup>Letras minúsculas distintas en los valores de cenizas indican diferencias significativas entre los genotipos (independiente las alturas), según prueba de Tukey (p < 0,05)

El contenido de cenizas en un alimento hace referencia al residuo inorgánico luego de su incineración y consiste principalmente en los minerales presentes en la muestra (Ismail, 2017). Según los resultados de este estudio las hojas de amaranto tienen un contenido de cenizas que varía entre 2,48 a 3,70 g 100g<sup>-1</sup> p.f., lo que indica que de las hojas aproximadamente un 2,5 a 3,5 % son minerales. Estos valores son similares a los obtenidos en amaranto por Oba y Sarker (2018) y Odhav et al. (2007), los que varían entre 2,98 a 5,88 g 100 g<sup>-1</sup> p.f.

**Proteínas.** No se detectó interacción entre los niveles del factor genotipo y altura de planta para el contenido de proteínas. Independiente de la altura de planta utilizada, las hojas de las plantas de amaranto del genotipo Areli presentaron un contenido de proteínas significativamente mayor en comparación a los otros genotipos. Por el contrario las hojas del genotipo Revancha son las que lograron un menor contenido de proteínas, estas tienen un 27,5 % menos que las del genotipo Areli (Cuadro 8). De acuerdo al efecto altura independiente del genotipo, no existieron diferencias significativas entre las alturas.

Cuadro 8. Efecto del factor genotipo sobre el contenido de proteínas en las hojas de amaranto, independiente del factor altura de la planta.

Genotipos	Proteínas (g 100g <sup>-1</sup> p.f.)
Amaranteca	3,70 ± 0,40 b
Benito	3,60 ± 0,05 b
Areli	4,18 ± 0,45 a
PQ2	3,75 ± 0,37 b
Revancha	3,03 ± 0,25 c

Los datos indican los promedios ± D.E (n=6). <sup>1</sup>Letras minúsculas en sentido vertical distintas en los valores de proteínas indican diferencias significativas entre los genotipos (independiente las alturas) según prueba de Tukey (p < 0,05)

El contenido de proteínas en las hojas de amaranto, según los resultados obtenidos varía entre 3,03 a 4,18 g 100 g<sup>-1</sup> p.f. Estos resultados coinciden con los reportados para amaranto por Oba y Sarker (2018), Odhav et al. (2007) y Shukla et al. (2003) los cuales van de 2 a 8 g 100 g<sup>-1</sup> p.f.

En comparación con otras hortalizas de hoja, el contenido de proteínas es similar al de la acelga (4,4 g 100 g<sup>-1</sup> p.f.) y espinaca (2,8 - 3,0 g 100 g<sup>-1</sup> p.f.) y mayor al de la lechuga (1,2 g<sup>-1</sup> p.f.) (INTA, 2018; USDA, 2018).

La Dosis diaria de referencia (DDR) para adultos y niños mayores de 4 años de edad para proteínas es de 50 g, por lo que consumir 100 g de las hojas de amaranto del genotipo Areli, el cual es el que presenta un mayor contenido proteico, aportaría 8,4 % de la DDR (MINSAL, 2008).

**Perfil mineral.** No se detectó interacción entre los niveles del factor genotipo y altura de planta para el perfil mineral, el cual incluye fósforo (P), potasio (K), hierro (Fe), calcio (Ca) y sodio (Na) (en el Cuadro 17 del Apéndice II se detallan otros minerales). Independiente de la altura de planta utilizada, las hojas de las plantas de amaranto del genotipo Amaranteca y Benito presentaron un contenido de P significativamente más alto que los otros genotipos. El contenido de K, Fe, Ca y Na fue significativamente mayor en los genotipos Benito, PQ2 y Revancha (Cuadro 9). De acuerdo al efecto del factor altura independiente del factor genotipo, no se encontraron diferencias significativas entre alturas.

Cuadro 9. Efecto del factor genotipo sobre el perfil mineral (P, K, Fe, Ca y Na) en las hojas de amaranto, independiente del factor altura de la planta.

Genotipos	P	K	Fe	Ca	Na
	(mg 100 g <sup>-1</sup> p.f.)				
Amaranteca	54 ± 4,7 a <sup>1</sup>	607 ± 45,8 b	7 ± 1,0 b	657 ± 76,2 b	14 ± 1,5 b
Benito	53 ± 1,5 a	743 ± 20,5 a	8 ± 0,0 a	828 ± 50,6 a	24 ± 2,8 a
Areli	46 ± 2,5 b	686 ± 34,6 b	6 ± 0,6 b	594 ± 48,1 b	13 ± 2,2 b
PQ2	47 ± 3,2 b	796 ± 51,4 a	10 ± 1,2 a	876 ± 90,6 a	22 ± 1,5 a
Revancha	45 ± 0,6 b	788 ± 43,9 a	8 ± 0,6 a	835 ± 43,1 a	23 ± 2,3 a

Los datos indican los promedios ± D.E (n=6). <sup>1</sup>Letras minúsculas distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre los genotipos (independiente las alturas) según prueba de Tukey (p < 0,05)

El contenido de P en las hojas de amaranto varió entre 45 a 54 mg 100g<sup>-1</sup> p.f.; el de K entre 607 a 796 mg 100g<sup>-1</sup> p.f.; Fe de 6 a 10 g 100g<sup>-1</sup> p.f.; Ca de 594 a 876 mg 100g<sup>-1</sup> p.f. y el contenido de Na de 13 a 24 mg 100g<sup>-1</sup> p.f., esto es independiente de la altura de planta. Los resultados obtenidos coinciden con los expuestos para amaranto por Pradeepkumar et al. (2013) y Grusak y Jiménez-Aguilar (2017).

En comparación con otras hortalizas de hoja, las hojas de amaranto tienen un mayor contenido de hierro, calcio y potasio. La concentración de fósforo es similar a estas y el contenido de sodio es menor, como muestra el Cuadro 10.

Cuadro 10. Perfil mineral (P, K, Fe, Ca y Na) hortalizas de hoja.

Hortalizas de hoja	P	K	Fe	Ca	Na
	(mg 100 g <sup>-1</sup> p.f.)				
Acelga	46	379	1,8	51	213
Espinaca	49	558	2,7	99	79
Lechuga	33	238	1,2	35	28

Fuentes: INTA (2018); USDA (2018).

A partir de los valores más altos para cada mineral se estableció un promedio del contenido de cada uno de ellos en las hojas, de tal manera de determinar el aporte mineral que entregarían las hojas de amaranto por porción de 50 g. Hay que destacar que para establecer la porción de hojas de amaranto se utilizó como referencia una porción de lechuga (INTA, 2018) y también se muestra el dato por 100 g de consumo según la dosis diaria de referencia (DDR) para adultos y niños mayores de 4 años de edad como indica el Cuadro 11.

Cuadro 11. Aporte de minerales por 100 g y 50 g de las hojas de amaranto.

Minerales	Promedio (mg 100g <sup>-1</sup> p.f.)	DDR (mg/ día)	Aporte por 100 g	Aporte por porción 50 g
P	54	800*	6,8	3,4
K	776	3510**	22,1	11,1
Fe	9	14*	64,3	32,2
Ca	846	800*	105,8	52,9
Na	23	2000***	1,2	0,6

\*Considerando una dieta de 2000 kcal para adultos y niños mayores de 4 años de edad, RESOL. EXENTA N° 393/02 (MINSAL, 2008).

\*\* Recomendación ingesta de potasio de al menos 90 mmol/día (3510 mg/día) en adultos (OMS, 2013).

\*\*\* Recomendación de reducir la ingesta de sodio por debajo de los 2 g (5 g de sal) al día en el caso de los adultos y para niños la reducción debe ser proporcional a sus necesidades energéticas (OMS, 2013).

Según los análisis realizados, las hojas de amaranto son una excelente fuente de calcio (Ca), y hierro (Fe), ya que por porción (50 g) de consumo el aporte es de un 53 % y un 32 % de la DDR respectivamente. El calcio es el mineral más abundante en el organismo humano, ya que forma parte importante del esqueleto (huesos) y los dientes, cumpliendo un rol importantísimo tanto en la función esquelética como de regulador (Martínez de Vitoria, 2016). Por su parte, el hierro, su principal función biológica es el transporte de oxígeno en el organismo a través de la hemoglobina de la cual forma parte. También se puede producir anemia cuando la sangre tiene menos hemoglobina de lo normal por deficiencia de hierro (Gaitán et al., 2006).

En cuanto al potasio (K) las hojas son buena fuente de este mineral ya que su aporte por porción es de un 11 % de la DDR. Los datos indican que el aumento de la ingesta de potasio reduce significativamente la tensión arterial en los adultos. Es importante indicar

que una tensión arterial alta (hipertensión) es un factor de riesgo importante para las enfermedades cardiovasculares, en especial de ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares (OMS, 2013).

## Caracterización Funcional

**Fibra dietética.** La fibra dietética está compuesta por fibra dietaria total (FDT), la cual incluye la fibra dietética insoluble (FDI) y la soluble (FDS), y su solubilidad se refiere a la dispersión de las fibras en agua.

No se detectó interacción entre los niveles del factor genotipo y altura de planta para el contenido de fibra dietética insoluble (FDI), soluble (FDS) y total (FDT). Por tanto, independiente de la altura de planta utilizada, las hojas de las plantas de amaranto de los genotipos Amaranteca y Benito tuvieron un contenido de fibra dietética insoluble significativamente mayor en comparación a los otros genotipos. En el caso de la fibra dietética soluble las hojas presentaron un contenido similar, salvo el genotipo Amaranteca que presentó un contenido significativamente menor en sus hojas. Respecto de la fibra dietética total, el genotipo Revancha es el que tuvo el menor valor (Cuadro 12). De acuerdo al efecto del factor altura independiente del factor genotipo, no existieron diferencias significativas entre las alturas.

Cuadro 12. Efecto del factor genotipo sobre el contenido de fibra dietética insoluble, soluble y total en las hojas de amaranto, independiente del factor altura de la planta.

Genotipos	FDI	FDS (g 100g <sup>-1</sup> p.f.)	FDT
Amaranteca	9,06 ± 0,99 a <sup>1</sup>	1,51 ± 0,16 b	10,57 ± 0,88 a
Benito	8,99 ± 0,37 a	1,57 ± 0,38 a	10,56 ± 0,31 a
Areli	8,64 ± 0,47 b	1,61 ± 0,22 a	10,25 ± 0,69 a
PQ2	8,43 ± 0,50 b	1,62 ± 0,36 a	10,05 ± 0,15 a
Revancha	8,15 ± 0,16 c	1,61 ± 0,16 a	9,76 ± 0,25 b

Los datos indican los promedios ± D.E (n=6). <sup>1</sup>Letras minúsculas en sentido vertical distintas en los valores de FDI, FDS y FDT indican diferencias significativas entre los genotipos (independiente las alturas) según prueba de Tukey (p < 0,05)

La FDI presente en las hojas de amaranto varió de 8,15 a 9,06 g 100 g<sup>-1</sup> p.f. La FDS de 1,51 a 1,62 g 100 g<sup>-1</sup> p.f.; y la FDT entre 9,76 a 10,57 g 100 g<sup>-1</sup> p.f. lo que concuerda con valores obtenidos de FDT por Oba y Sarker (2018) y Oba et al. (2018) de 6 a 10 g 100 g<sup>-1</sup> p.f.

En comparación con otras hortalizas de hoja, las hojas de amaranto presentaron un contenido de FDT considerablemente mayor. La acelga tiene 5 g 100 g<sup>-1</sup> p.f., la espinaca 2,2 g 100 g<sup>-1</sup> p.f. y la lechuga 1,2 g 100 g<sup>-1</sup> p.f. (INTA, 2018; USDA, 2018).

Existen múltiples beneficios al incluir alimentos que contengan fibra dietética a la dieta, entre estos se encuentran la disminución en la absorción de glucosa y colesterol, sensación de saciedad (FDS) y acelerar el ritmo de las deposiciones, al incrementar el volumen de las heces (FDI) (Fuller et al., 2016).

Según el MINSAL el valor de referencia diario (VRD) para el consumo de fibra dietética para adultos y niños mayores de 4 años de edad es de 25 g, por lo que si se considera que las hojas de amaranto tienen en promedio un contenido de 10 g 100 g<sup>-1</sup> p.f., un porción de consumo de 100 g aportaría un 40 % del VRD. Por lo que el contenido de fibra dietética del amaranto le confiere un gran potencial como alternativa a las hortalizas de hoja.

**Capacidad antioxidante.** Los análisis indican que no existió interacción entre los niveles del factor genotipo y altura de planta. En este sentido e independiente de la altura de planta, las hojas de amaranto de los genotipos Areli y PQ2, presentaron una capacidad antioxidante significativamente mayor que los otros genotipos (Figura 6). De acuerdo al efecto de la altura independiente del factor genotipo, las hojas de plantas de la altura B (25 a 30 cm) mostraron una capacidad antioxidante significativamente mayor que las hojas de las plantas de altura A (15 a 20 cm) (Cuadro 13).

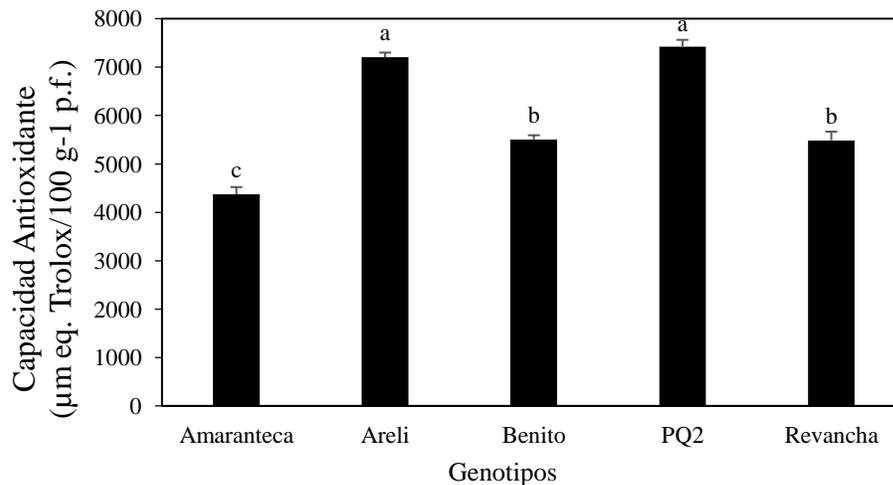


Figura 6. Efecto del factor genotipo sobre la capacidad antioxidante (µm eq. Trolox 100 g<sup>-1</sup> p.f.) de las hojas de amaranto independiente la altura. Los datos indican los promedios ± D.E (n=6). Letras minúsculas indican diferencias significativas entre los genotipos (independiente la altura), según prueba de Tukey (p < 0,05)

Cuadro 13. Efecto del factor altura sobre la capacidad antioxidante de las hojas de amaranto independiente del genotipo.

Altura	Capacidad Antioxidante ( $\mu\text{m eq. Trolox } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ )
A (15 – 20 cm)	$5.264 \pm 0,04 \text{ b}^1$
B (25 – 30 cm)	$6.730 \pm 0,06 \text{ a}$

Los datos indican los promedios  $\pm$  D.E (n=15). <sup>1</sup>Letras minúsculas distintas en capacidad antioxidante indican diferencias significativas entre las alturas de planta (independiente el genotipo), según prueba de Tukey ( $p < 0,05$ )

La mayor capacidad antioxidante fue registrada en aquellos genotipos cuyas hojas presentan pigmentos púrpuras, como es el caso de Areli y PQ2. Este hecho se puede atribuir a la presencia de betalaínas en la planta, las cuales además de otorgarles la pigmentación púrpura poseen una demostrada capacidad antioxidante (Arunachalam et al., 2016; Cai et al., 2005).

Estos valores son similares a los obtenidos por Grusak y Jiménez-Aguilar (2017) que van entre 3.800 a 9.000  $\mu\text{m eq. Trolox } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$

En comparación con otras hortalizas de hoja como la acelga ( $2.612 \mu\text{m eq. Trolox } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ) y la lechuga ( $720 \mu\text{m eq. Trolox } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ) las hojas de amaranto tienen una capacidad antioxidante considerablemente mayor y en algunos genotipos el contenido es bastante similar al de la espinaca ( $5.432 \mu\text{m eq. Trolox } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ ) (PortalAntioxidantes, 2018).

**Fenoles totales.** Los análisis indican que no existió interacción entre los niveles del factor genotipo y altura de planta. Independiente de la altura de planta, las hojas de amaranto de los genotipos Areli y PQ2, presentaron un contenido de fenoles totales significativamente mayor que los otros genotipos (Figura 7), lo que siguió la tendencia de la capacidad antioxidante. Este resultado podría estar relacionado al hecho de que en la mayor parte de los estudios realizados en el género *Amaranthus*, los compuestos fenólicos del grupo de los flavonoides, son los principales antioxidantes (Deng et al., 2015; Niveyro et al., 2013; Khandaker et al., 2008).

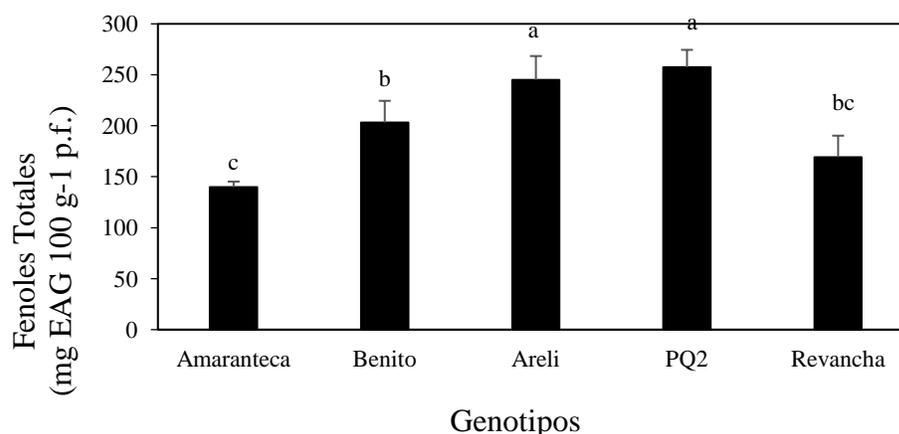


Figura 7. Efecto del factor genotipo sobre el contenido de fenoles totales (mg EAG 100 g<sup>-1</sup> p.f.) de las hojas de amaranto independiente la altura. Los datos indican los promedios  $\pm$  D.E (n=6). Letras minúsculas indican diferencias significativas entre los genotipos (independiente la altura), según prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

De acuerdo al efecto de la altura independiente del factor genotipo, las hojas de plantas de la altura B mostraron un contenido de fenoles totales significativamente mayor que las hojas de las plantas de altura A (Cuadro 14). Esto se puede deber a que los compuestos fenólicos son unos de los principales metabolitos secundarios de las plantas, los cuales tienen funciones biológicas como protección frente a predadores, haciéndolas poco palatables y a diferentes patógenos, actuando como pesticidas naturales. Por tanto, en la medida que la planta va creciendo y desarrollándose, va generando estos metabolitos secundarios según cual sea su necesidad (Ludwig-Muller, 2015; Ávalos y Pérez-Urria, 2009). También contribuyen a la pigmentación de muchas partes de la planta.

Cuadro 14. Efecto del factor altura sobre el contenido de fenoles totales de las hojas de amaranto independiente del genotipo.

Altura	Fenoles totales (mg EAG 100 g <sup>-1</sup> p.f.)
A (15 – 20 cm)	179 $\pm$ 0,10 b <sup>1</sup>
B (25 – 30 cm)	227 $\pm$ 0,24 a

Los datos indican los promedios  $\pm$  D.E (n=15). <sup>1</sup>Letras minúsculas distintas en fenoles totales indican diferencias significativas entre las alturas de planta (independiente el genotipo), según prueba de Tukey ( $p < 0,05$ )

En comparación con otras hortalizas de hoja como la acelga (121 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> p.f.) y la lechuga (34 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> p.f.) las hojas de amaranto presentan una mayor concentración de fenoles totales. Aunque algunos genotipos presentan un contenido similar al de la espinaca (191 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> p.f.) (PortalAntioxidantes, 2018).

## Caracterización Sensorial

**Evaluación sensorial hojas de amaranto.** En la Figura 8 se presentan los resultados de la primera evaluación sensorial, correspondiente a las hojas de amaranto de altura A (15 – 20 cm).

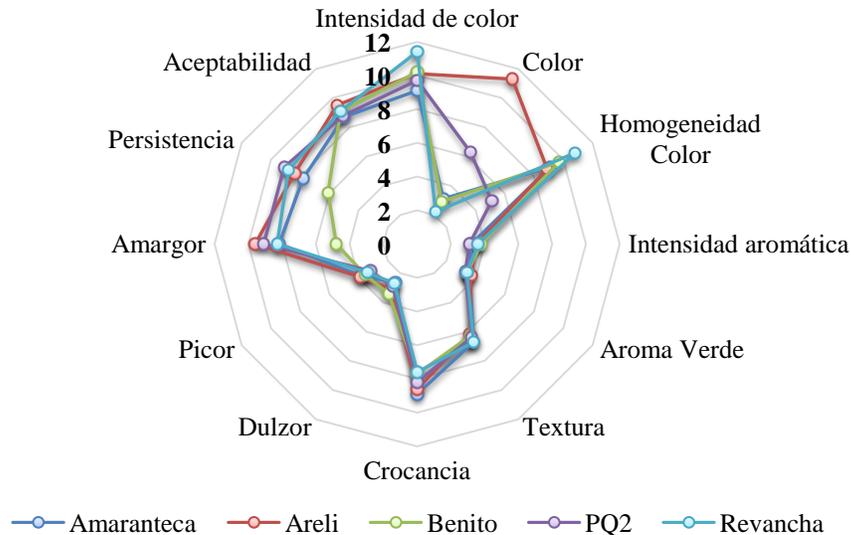


Figura 8. Evaluación de atributos sensoriales en hojas de amaranto de altura A (15 – 20 cm) para los 5 genotipos.

En cuanto a la calidad visual, no existieron diferencias significativas entre los genotipos en el parámetro de intensidad de color de la hoja, pero sí en el color (0= verde, 15= púrpura) y en su homogeneidad. Este hecho se puede deber a que Areli es un genotipo que da una tonalidad púrpura de la hoja en su totalidad y PQ2 aunque sus hojas son verdes, tienen también pigmentación púrpura en sus hojas, en comparación a los otros genotipos que son completamente verdes.

Respecto a la calidad aromática de las hojas no se encontraron diferencias significativas en los genotipos, siendo catalogadas como hojas poco aromáticas.

En la calidad gustativa de las hojas no se encontraron diferencias significativas entre los genotipos en los parámetros textura, crocancia, dulzor y picor. La textura (0= suave, 15= áspera) y la crocancia fueron calificadas según la escala en un término medio en comparación al dulzor y el picor que fueron bastante bajos según los panelistas. Se encontraron diferencias significativas en los parámetros de amargor y persistencia, siendo PQ2 y Areli los genotipos con mayor amargor y Benito el genotipo con menor amargor, lo que se puede deber al alto contenido de polifenoles de las primeras, los que pueden

contribuir al gusto amargo de las hojas (Jaeger et al., 2009; Shi et al., 2005). Además, se debe considerar que aquellos alimentos con alto amargor, generalmente poseen bajo dulzor, debido a que ambos gustos son antagonistas, aplacándose entre sí y resaltando solamente el que posee dominancia entre ellos (Di Pizio et al., 2018).

Para los panelistas no existieron diferencias significativas entre los tratamientos para el parámetro aceptabilidad. Considerando una escala de 0 a 15 cm (0=ausencia, 15=intensidad máxima) la aceptabilidad es bastante alta con un promedio de 9 cm.

En la Figura 9 se presentan los resultados de la primera evaluación sensorial, correspondiente a las hojas de amaranto de altura B (25 – 30 cm).

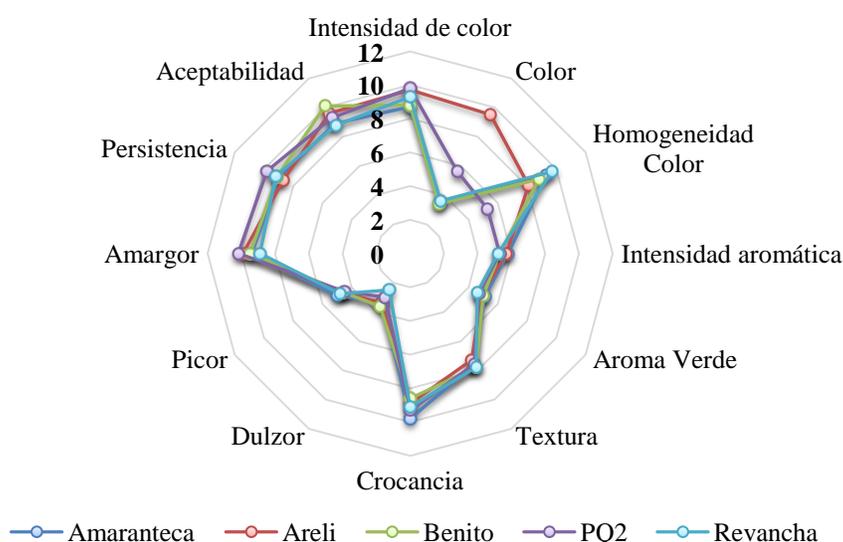


Figura 9. Evaluación de atributos sensoriales en hojas de amaranto de altura B (25 – 30 cm) para los 5 genotipos.

En las hojas de altura B (25 -30 cm) se observó una tendencia similar a las de las hojas de altura A (15 – 20 cm) en los parámetros de calidad visual y aromática. Sin embargo, a medida que la planta va creciendo según los resultados dados por los panelistas las hojas van aumentando su intensidad aromática y con esto su aroma herbáceo.

En los parámetros de calidad gustativa la tendencia es la misma que la de las hojas de la altura A (15 – 20 cm) con la diferencia de que los parámetros textura (0= suave; 15= áspera) y picor su puntuación fue mayor, y en persistencia no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

En aceptabilidad se observó el mismo comportamiento que la altura A, por lo que no existieron diferencias significativas entre los genotipos, evidenciando una aceptabilidad alta por parte de los panelistas para las hojas de amaranto de altura B (25 – 30 cm).

**Evaluación sensorial “Salad Mix” con hojas de amaranto.** Los genotipos utilizados para esta evaluación sensorial, los cuales fueron seleccionados previamente por los panelistas, fueron para los de altura A (15 – 20 cm): Areli y PQ2 y para los de altura B (25 – 30 cm): Benito y PQ2.

Sobre la decisión de preferencia, de los “salad mix” con hojas de amaranto, la elección fue mayoritaria para el genotipo PQ2 en ambas alturas (Figura 10).

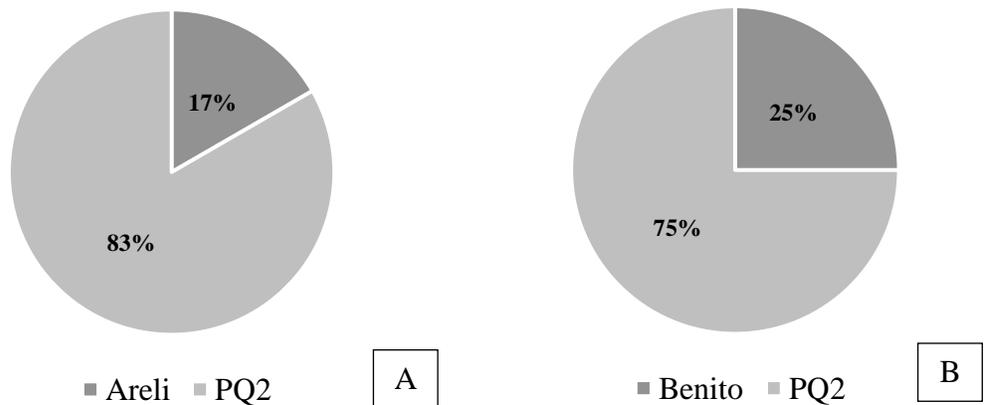


Figura 10. Preferencia en la evaluación de los “salad mix” con hojas de amaranto. “Salad mix” con hojas de altura A (A). “Salad mix” con hojas de altura B (B).

**Análisis funcional “salad Mix” con hojas de amaranto.** En el Cuadro 15 se presentan los resultados de la capacidad antioxidante y fenoles totales del “salad mix” con hojas de amaranto.

Cuadro 15. Capacidad antioxidante y fenoles totales en “salad mix” con hojas de amaranto

Salad Mix con hojas de amaranto	Capacidad Antioxidante ( $\mu\text{m eq. Trolox } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ )	Fenoles Totales ( $\text{mg EAG } 100 \text{ g}^{-1} \text{ p.f.}$ )
Salad + Areli altura A	$3.224,5 \pm 575,6 \text{ a}^1$	$67,6 \pm 9,2 \text{ a}$
Salad + PQ2 altura A	$3.075,2 \pm 113,6 \text{ a}$	$68,2 \pm 1,7 \text{ a}$
Salad + Benito altura B	$2.485,2 \pm 481,1 \text{ b}$	$62,2 \pm 1,2 \text{ a}$
Salad + PQ2 altura B	$2.956,5 \pm 71,2 \text{ a}$	$66,8 \pm 6,6 \text{ a}$
Salad control	$1.366,3 \pm 46,7 \text{ c}$	$40,6 \pm 2,5 \text{ b}$

Los datos indican los promedios  $\pm$  D.E (n=3). <sup>1</sup>Letras minúsculas en sentido vertical distintas en capacidad antioxidante y fenoles totales indican diferencias significativas entre los tratamientos, según prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Los tratamientos con hojas de amaranto de los genotipos Areli y PQ2 (independiente la altura) fueron los que tuvieron una mayor capacidad antioxidante comparado con los otros tratamientos. Esto se condice con los resultados ya expuestos de capacidad antioxidante propios para cada genotipo (Figura 6).

En cuanto al contenido de fenoles totales, los cuatro tratamientos del “salad mix” con hojas de amaranto presentaron un contenido significativamente mayor en comparación con el tratamiento control. Este hecho demuestra que las hojas de amaranto son una muy buena alternativa para incluir en la dieta humana, ya que aumentan la capacidad antioxidante y la concentración de fenoles totales al ser adicionadas a una preparación alimenticia.

**Resumen de la composición química y funcional de los 5 genotipos de hojas de amaranto.** En el Cuadro 16, y de acuerdo a los análisis químicos y funcionales realizados, se muestran los genotipos que tienen un mayor contenido de proteínas (Prot.), fósforo (P), potasio (K), hierro (Fe), calcio (Ca), fibra dietética insoluble (FDI), fibra dietética soluble (FDS), fibra dietética total (FDT), capacidad antioxidante (CA) y fenoles totales (FT).

Cuadro 16. Resumen de los 5 genotipos de hojas de amaranto independiente de la altura de la planta.

Genotipos	Prot.	P	K	Fe	Ca	Na	FDI	FDS	FDT	CA	FT
Amaranteca		X					X		X		
Benito		X	X	X	X	X	X	X	X		
Areli	X							X	X	X	X
PQ2			X	X	X	X		X	X	X	X
Revancha			X	X	X	X		X			

En cuanto al perfil mineral (P, K, Fe, Ca, Na) y al contenido de fibra dietética insoluble, soluble y total, el genotipo Benito es el más completo. Sin embargo, el genotipo PQ2 además de tener el perfil mineral casi completo y la fibra dietética, es uno de los genotipos junto con Areli que tienen un mayor contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante en sus hojas, sumado a que en términos sensoriales, PQ2 es el genotipo preferido por los panelistas.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones de este estudio, las hojas de los cinco genotipos de amaranto obtenidas de plantas de entre 15 y 30 cm de altura, presentan características nutritivas similares entre sí, con una baja concentración de azúcares totales, un alto contenido de fibra dietética total y minerales esenciales para el desarrollo humano en concentraciones altamente favorables como el hierro, calcio y potasio.

Las hojas con pigmentos púrpuras presentes en los genotipos Areli y PQ2 presentan una mayor capacidad antioxidante y concentración de fenoles totales en comparación a las hojas verdes.

En términos sensoriales, los cinco genotipos presentan buena aceptabilidad, sin embargo, PQ2 de hoja verde con pigmentación púrpura es el genotipo preferido.

Las hojas de amaranto procedentes de plantas cuyas alturas fluctuó entre 15 y 30 cm, presentan buenas características nutricionales, funcionales y atributos sensoriales aceptables, lo que las hacen idóneas para su consumo en fresco. Por lo que se podría considerar como una nueva hortaliza para ampliar la demanda por alimentos saludables.

## BIBLIOGRAFÍA

AOAC. 1997. Official Methods of Analysis of the Association Official Analytic Chemists. 16<sup>o</sup> Edition. Washington D.C. U.S.A.1141 p.

AOAC. 1996. Official Methods of Analysis of the Association Official Analytic Chemists. 14<sup>th</sup> Edition. Washington D.C. U.S.A.1141 p.

Araya, H. y Lutz, M. 2003. Alimentos funcionales y saludables. *Revista Chilena de nutrición*, 30: 1-12.

Arunachalam, V.; Dhargalkar, S.; Vaingankar, J. and Kevat, N. 2016. Pigment Rich Amaranth by Tri-Stimulus Colorimetry and Progeny Test. *The National Academy of Sciences*, 39 (6): 411-415.

Ávalos, A. y Pérez-Urria, E. 2009. Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*, 2 (3): 119-145.

Balsano, C. and Alisi, A. 2009. Antioxidant effects of natural bioactive compounds. *Current Pharmaceutical Design*, 15(26): 3063 – 3073.

Banerji, R.; Dixit, B.; Pachauri, G.; Pandey, V.; Shukla, S.; and Singh, S. 2003. Nutritional contents of different foliage cuttings of vegetable amaranth. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58(3): 1-8.

Becerra, R. 2000. El amaranto: nuevas tecnologías para un antiguo cultivo. CONABIO. *Biodiversitas* 30: 1-6p.

Cai, Y.; Corke, H. and Sun, M. 2005. Characterization and application of betalain pigments from plants of the Amaranthaceae. *Trends in Food Science & Technology*. 16: 370-376.

Das, S. 2016. *Amaranthus*: A Promising Crop of Future. West Bengal: Springer Singapore. 25-35p.

Deng, Z.; Draves, J.; Li, H.; Liu, R.; Marcone, M.; Zhu, H.; *et al.* 2015. Characterization of phenolics, betacyanins and antioxidant activities of the seed, leaf, sprout, flower and stalk extracts of three *Amaranthus* species. *Journal of Food Composition and Analysis*. 37: 75-81.

Di Pizio, A.; Shoshan-Galeczki, Y.; Niv, M.; Hayes, J. 2018. Bitter and sweet tasting molecules: It's complicated. *Neuroscience Letters*. 700: 56-63

Di Rienzo J. A.; F. Casanoves; M. G. Balzarini; L. González; M. Tablada y C. W. Robledo. 2013. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Drescher, A.; Pasquini, M. and Shackleton, C. 2009. African Indigenous Vegetables in Urban Agriculture. Earthscan. United Kingdom y United States. 1-9p.

Eyzaguirre, P. and Smith, F. 2007. African leafy vegetables: Their role in the world health organization's global fruit and vegetables initiative. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*. 7(3): 3-5.

FAO; FIDA y PMA. 2015. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2015. Cumplimiento de los objetivos internacionales para 2015 en relación con el hambre: balance de los desiguales progresos. Roma, FAO. 8p.

Fuller, S.; Beck, E.; Salman, H.; Tapsell, L. 2016. New Horizons for the Study of Dietary Fiber and Health: A review. *Plant Foods for Human Nutrition*. 71: 1 - 12.

Gaitán, D.; Olivares, M.; Arredondo, M.; Pizarro, F. 2006. Biodisponibilidad de hierro en humanos. *Revista Chilena de Nutrición*. 33:142-148.

González, G. 2014. Desarrollo institucional para la inversión: Actividades diagnósticas tendientes a identificar las principales limitaciones y restricciones a la comercialización de productos obtenidos en el área del Sistema de Riego en Santa María, Catamarca. Buenos aires: 6-7p.

Grobelnik-Mlakar S.; Turinek M.; Jakop M.; Bavec M. and Bavec F. 2009. Nutrition value and use of grain amaranth: potential future application in bread making. *Agricultura*, 6:43–53.

Grusak, M. and Jiménez-Aguilar. 2017. Minerals, vitamin C, phenolics, flavonoids and antioxidant activity of *Amaranthus* leafy vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*. 58: 33-39.

Huang, D., Ou, B., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J. A., and Prior, R. L. 2002. High-Throughput Assay of Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) Using a Multichannel Liquid Handling System Coupled with a Microplate Fluorescence Reader in 96-Well Format. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(16): 4437- 4444.

INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). 2011. *Especial INIA y los Alimentos 2*. [en línea]. Santiago, Chile: INIA, (96): 96p. Recuperado en:

<<http://www2.inia.cl/medios/tierraadentro/N96.pdf>> Consultado el: 04 de noviembre de 2016.

INTA (Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos). 2018. Base de Datos de Actividad Antioxidante (ORAC) y de Contenido de Polifenoles Totales (PFT) en Hortalizas. [en línea]. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Recuperado en: <<http://www.portalantioxidantes.com/base-de-datos-de-actividad-antioxidante-orac-y-de-contenido-de-polifenoles-totales-pft-en-hortalizas/>> Consultado el: 23 de diciembre de 2018

INTA (Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos).2018. Tabla de Composición de Alimentos. Santiago de Chile. 220p

Ismail, B. 2017. Ash Content Determination. (cap. 11, pp.117-119). In: Nielsen, S. Food Analysis Laboratory Manual. Food Science Text Series. Springer, 242p.

Jaeger, S. R., Axten, L. G., Wohlers, M. W., and Sun-Waterhouse, D. 2009. Polyphenol-rich beverages: insights from sensory and consumer science. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 89(14): 2356–2363.

Jang-Kun, S.; Kyoung-Taek, L.; Seong-Hyun, L.; Sun-Man, L. 2013. Origin of human colour preference for food. *Journal of Food Engineering*. 119: 508-515.

Khandaker, L.; Md. B. Ali and Oba, S. 2008. Total Polyphenol and Antioxidant Activity of Red Amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) as Affected by Different Sunlight Level. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 77 (4): 395-401.

Lawless, H. 2010. Sensory evaluation of food : principles and practices. New York [u.a.: Springer.

Ludwig-Muller, J. 2015. Plants and endophytes: equal partners in secondary metabolite production?. *Biotechnology Letters*. 37: 1325-1334.

Martínez de Vitoria, E. 2016. El calcio, esencial para la salud. *Nutrición Hospitalaria*. 33(Supl. 4):26-31.

Mohr, H. and P. Schopfer. 1995. Intracellular morphogenesis. (cap. 11, pp. 133-148). En: Plant physiology. Berlin, Germany: Springer-Verlag. 629p.

Ismail, B. 2017. Ash content determination (cap. 11, pp. 117-119). En: Nielsen, S. Food Analysis Laboratory Manual. Third edition. Indiana, USA. 244p.

Niveyro, S; Mortensen, A., Fomsgaard, I., Salvo, A. 2013. Differences among five amaranth varieties (*Amaranthus* spp.) regarding secondary metabolites and foliar herbivory by chewing insects in the field. *Arthropod-Plant Interactions*. 7: 235-245.

Oba, S. and Sarker, U. 2018. Response of nutrients, minerals, antioxidant leaf pigments, vitamins, polyphenol, flavonoid and antioxidant activity in selected vegetable amaranth under four soil water content. *Food Chemistry*. 252: 72-83.

Oba, S.; Sarker, U.; Islam, M. 2018 Salinity stress accelerates nutrients, dietary fiber, mineral, phytochemicals and antioxidant activity in *Amaranthus tricolor* leaves. *PLOS ONE*. 13 (11).

Odhav, B.; Akula, U.; Beekrum, S.; Bajinath, H. 2007. Preliminary assessment of nutritional value of traditional leafy vegetables in Kwazulu-Natal, South Africa. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20: 430-435.

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2013. Ingesta de potasio en adultos y niños. [en línea]. Ginebra, Suiza: OMS. Recuperado en: <[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/85226/WHO\\_NMH\\_NHD\\_13.1\\_spa.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/85226/WHO_NMH_NHD_13.1_spa.pdf?sequence=1)> Consultado el: 21 de agosto de 2019.

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2013. Ingesta de sodio en adultos y niños. [en línea]. Ginebra, Suiza: OMS. Recuperado en: <[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/85224/WHO\\_NMH\\_NHD\\_13.2\\_spa.pdf;jsessionid=6C9B3431EDCB6AB776A96D62B9DE740B?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/85224/WHO_NMH_NHD_13.2_spa.pdf;jsessionid=6C9B3431EDCB6AB776A96D62B9DE740B?sequence=1)> Consultado el: 19 de agosto de 2019.

Osborne, D. R. y Voogt, P. 1986. Análisis de los nutrientes de los alimentos. Zaragoza, España: Ed. Acribia.

Pérez-Jiménez, J.; Neveu, V.; Vos, F.; and Scalbert, A. 2010. Systematic analysis of the content of 502 polyphenols in 452 foods and beverages: an application of the phenol-explorer database. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58(8): 4959–4969.

Pradeepkumar, T.; Indira, V. and Sankar, M. 2013. Nutritional Evaluation of Wild Leafy Vegetables Consumed by Tribals in the Wayanad District of Kerala. *The National Academy of Sciences*. 85(1): 93-99.

Prior, R., Hoang, H., Gu, L., Wu, X., Bacchiocca, M., Howard, L. et al. 2003. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (orac<sub>n</sub>)) of plasma and other biological and food samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51(11): 3273–3279.

Rastogi, A., and Shukla, S. 2013. Amaranth: A New Millennium Crop of Nutraceutical Values. *Food Science and Nutrition*. 53(2): 109-125.

Resolución 393 EXENTA. Fija directrices nutricionales sobre uso de vitaminas y minerales en alimentos. Santiago: MINSAL, 2008. 4p.

Sarker U, Islam M.T, Oba S. 2018. Salinity stress accelerates nutrients, dietary fiber, minerals, phytochemicals and antioxidant activity in *Amaranthus tricolor* leaves. PLOS ONE 13(11).

Shi, J., Nawaz, H., Pohorly, J., Mittal, G., Kakuda, Y., and Jiang, Y. 2005. Extraction of polyphenolics from plant material for functional foods—Engineering and technology. *Food Reviews International*. 21(1): 139–166.

Shukla, S.; Bhargava, A.; Chatterjee, A.; Srivastava, J.; Singh, N., and Singh, S. P. 2006. Mineral Profile and Variability in Vegetable Amaranth (*Amaranthus tricolor*). *Plant Foods for Human Nutrition*. 61(1): 23.

Shukla, S.; Singh, S.; Pandey, V.; Pachauri, G.; Dixit, B.; Banerji, R. 2003. Nutritional contents of different foliage cuttings of vegetable amaranth. *Plant Foods for Human Nutrition*. 58: 1-8.

Singh, G.; A. Kawatra and S. Sehgal. 2001. Nutritional composition of selected green leafy vegetables, herbs and carrots. *Plant Foods for Human Nutrition*. 56: 359-364.

Singleton, V., and J. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. 16:144-158.

USDA Food Composition Databases. [en línea]. USA: United States Department Of Agriculture. Recuperado en: <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>> Consultado el: 20 de diciembre 2018.

# APÉNDICES

## Apéndice I

 UNIVERSIDAD DE CHILE  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Depto. de Agroindustria y Enología

**PAUTA DE ANALISIS DE CALIDAD Y ACEPTABILIDAD  
HOJAS DE AMARANTO**

Muestra N° \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
Por favor indique con una **línea vertical** sobre la escala horizontal que va de 0 a 15cm, el punto que mejor describa la intensidad de cada uno de los atributos de la muestra, como se indica en el siguiente diagrama:

0 | 15  
Ausente | Extremadamente elevada

**VISUAL** INTENSIDAD DE COLOR  
0 | 15  
COLOR

VERDE | PURPURA  
HOMOGENEIDAD DEL COLOR  
0 | 15

**OLFATIVO** INTENSIDAD AROMÁTICA  
0 | 15  
AROMA VERDE  
0 | 15

**GUSTATIVO** TEXTURA  
SUAVE | ASPERA  
CROCANCIA  
0 | 15  
DULZOR  
0 | 15  
PICOR  
0 | 15  
AMARGOR  
0 | 15  
PERSISTENCIA  
0 | 15

ACEPTABILIDAD  
0 | 15

Figura 1. Pauta para la evaluación sensorial de hojas de amaranto de altura A y B.

## Apéndice II

Cuadro 17. Efecto del factor genotipo sobre el perfil mineral (B, Zn, Mn, Mg y Cu) (g 100g<sup>-1</sup> p.f.) en las hojas de amaranto, independiente del factor altura de la planta.

<b>Genotipos</b>	<b>B</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Mg</b>	<b>Cu</b>
Amaranteca	0,7 ± 0,0	1,0 ± 0,1	0,7 ± 0,0	194 ± 4,4	0,3 ± 0,0
Benito	0,6 ± 0,0	1,4 ± 0,3	0,7 ± 0,0	199 ± 2,3	0,4 ± 0,0
Areli	0,7 ± 0,1	0,9 ± 0,0	0,5 ± 0,0	156 ± 1,5	0,2 ± 0,0
PQ2	0,6 ± 0,0	1,5 ± 0,1	0,6 ± 0,0	201 ± 1,7	0,3 ± 0,0
Revancha	0,6 ± 0,0	1,8 ± 0,1	0,7 ± 0,0	206 ± 3,1	0,4 ± 0,0

Los datos indican los promedios ± D.E (n=6). Letras minúsculas en sentido vertical distintas en los valores de B, Zn, Mn, Mg y Cu indican diferencias significativas entre los genotipos (independiente las alturas) según prueba de Tukey (p < 0,05)