



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

Evaluación químico-bromatológica, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott “sosa alacranera”

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

AUTOR

Lidia Ysabel AURIS CANDELA

Jenny Angélica PIEDRA VILCA

ASESOR

Dra. Gladys Constanza ARIAS ARROYO

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Auris L, Piedra J. Evaluación químico-bromatológica, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott “sosa alacranera” [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2021.

Metadatos complementarios

Datos de autor 1	
Nombres y apellidos	Lidia Ysabel Auris Candela
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71468316
URL de ORCID	No aplica
Datos de autor 2	
Nombres y apellidos	Jenny Angélica Piedra Vilca
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	105933332
URL de ORCID	No aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Gladys Constanza Arias Arroyo
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06518454
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8674-4147
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Pablo Enríque Bonilla Rivera
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07212707
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Oscar Herrera Calderón

Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	44789288
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Edgar Robert Tapia Manrique
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09440524
Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	Gloria Marina Marín Vallejos
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09690135
Datos de investigación	
Línea de investigación	B.2.1.1.Plantas medicinales con potencial farmacéutico y productos naturales terapéuticos: (estudios fotoquímicos, estudios toxicológicos, estudios farmacológicos, procesos de su industrialización)
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Facultad de Farmacia y Bioquímica, Laboratorio de Bromatología País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Calle: Jr. Puno N°1002 Latitud: -12.05563 Longitud: -77.02359
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2019 - 2021
URL de disciplinas OCDE	Farmacología, Farmacia https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.05



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Decanato



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

Evaluación químico-bromatológica, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott "sosa alacranera"

Que presentan las Bachilleres en Farmacia y Bioquímica:

**LIDIA YSABEL AURIS CANDELA Y
JENNY ANGÉLICA PIEDRA VILCA**

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado Evaluador, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:

SOBRESALIENTE 18 (DIECIOCHO)

en conformidad con el Art. 34.º del Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller en Farmacia y Bioquímica y Título Profesional de Químico Farmacéutico (a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

JURADO EVALUADOR (R.D. N.º 000199-2021-D-FFB/UNMSM)

- Dr. Pablo Enrique Bonilla Rivera
- Dr. Edgar Robert Tapia Manrique
- Mg. Gloria Marina Marín Vallejos
- Dr. Oscar Herrera Calderón

Lima, 02 de diciembre de 2021.

Dr. Pablo Enrique Bonilla Rivera
Presidente

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

INFORMACIÓN GENERAL	
Área de investigación (*)	Recursos naturales
Líneas de Investigación (*)	Recursos y productos naturales con potencial farmacéutico, alimentario, cosmético y terapéutico.
Ubicación geográfica donde se desarrolla la investigación	Jr. Puno 1002 – Jardín botánico – Lima, Perú.
Año o rango de años que abarcó	2019 – 2021
DATOS DEL TESISISTA	
Código de matrícula	13040094 13040135
Indicar si es egresado o si aún está cursando estudios	Egresadas
Código ORCID	-
DATOS DEL ASESOR I	
Código docente: 00482E Categoría: Principal Clase: TC	
Código ORCID (obligatorio)	0000-0001-8674-4147
Departamento Académico al que pertenece	Farmacología, Bromatología y Toxicología
Instituto de Investigación al que pertenece	Instituto de Investigación en Ciencias Farmacéuticas y Recursos Naturales
Grupo de investigación al que pertenece indicar si es coordinador, miembro o adherente del grupo de investigación	Coordinador del Grupo de Investigación: INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN DE PRODUCTOS FUNCIONALES (IDEPF)

(*) Según documentos oficiales de la Facultad

DEDICATORIA

“A mi madre, Tomasa Vilca Aliaga, por su infinito amor, paciencia y apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida”.

J.A.P.V

“A mis queridos padres María Candela y Rubén Auris, por todos sus denodados esfuerzos hacia mí y mi hermano para que seamos personas de bien y excelentes profesionales”.

L.Y.A.C

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** que siempre ha estado presente en nuestras vidas, por darnos la sabiduría, la fortaleza, y la paciencia necesaria para poder culminar con éxito esta etapa de nuestra vida universitaria.

A **nuestros queridos padres** por brindarnos todo su amor, su apoyo incondicional, y ser nuestra motivación diaria.

A nuestra **Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM** y a cada uno de nuestros profesores por inculcar en nosotros las competencias y valores necesarios para ser buenos profesionales.

A nuestra asesora la **Dra. Gladys Arias Arroyo**, por guiarnos en este camino y por brindarnos su confianza, su apoyo y colaboración durante todo el desarrollo de la tesis.

Al **Mag. Nelson Bautista**, al **Dr. César Fuertes Ruitón** y a la **Q.F. Eva Ramos LLica**, profesores de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM, por sus conocimientos compartidos y colaboración durante la realización de la tesis

Al **Q.F. Jossimar Paul Huamani Tarazona**, por su gran apoyo y conocimientos brindados para la realización de la parte experimental de la investigación.

Al **Prof. Rubén Auris Pariona**, docente de la I.E San Antonio de Padua, por incentivar el conocimiento de esta planta y por su apoyo en la recolección de la misma.

Al **Q.F. Carlos Yauri Cruz**, por su gentil disposición, apoyo y consejos brindados para la culminación del presente trabajo.

A nuestros amigos y colegas **Karina Kuno Aguilar** y **Heden Vega Segura** por su gran apoyo y consejos brindados durante la realización de nuestra tesis.

A los **Miembros del Jurado Evaluador** de nuestra Facultad, por su amable disposición y por todas las sugerencias brindadas para culminar con éxito el presente trabajo de investigación.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUCCIÓN:.....	1
2. OBJETIVOS:.....	3
3. MARCO TEORICO	4
3.1. Generalidades	4
3.2. Distribución, ecología y suelos.	5
3.3. Taxonomía	6
3.4. Descripción botánica.....	8
3.5. Usos	11
3.6. Composición química.....	12
3.7. Compuestos bioactivos.....	12
3.8. Actividad antioxidante:.....	18
4. METODOLOGÍA:.....	21
4.1. Equipos, materiales y reactivos.....	21
4.1.1. Reactivos.....	21
4.1.2. Materiales	21
4.1.3. Equipos	22
4.2. Métodos	23
4.2.1. Recolección y selección de la muestra:.....	23
4.2.2. Preparación de la muestra.....	23
4.2.3. Evaluación organoléptica	23
4.2.4. Caracterización Químico Bromatológico	24
4.2.5. Determinación de compuestos bioactivos	26
4.2.6. Determinación de la actividad antioxidante	27
4.2.7. Análisis estadístico:.....	28
5. RESULTADOS	29

5.1. Evaluación organoléptica.....	29
5.2. Evaluación química bromatológica.....	29
5.3. Determinación de minerales	31
5.4. Determinación de compuestos bioactivos	33
5.5. Determinación de la actividad antioxidante:	34
5.5.1. Método DPPH:.....	34
5.5.2. Método ABTS:.....	37
6. DISCUSIÓN:.....	39
7. CONCLUSIONES:.....	51
8. RECOMENDACIONES.....	52
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
10. ANEXOS:	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evaluación organoléptica de dos tipos de brotes de <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”.....	29
Tabla 2. Composición químico bromatológica de dos tipos de brotes de <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”, en muestra fresca.....	29
Tabla 3. Composición químico bromatológica de dos tipos de brotes de <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”	30
Tabla 4. Principales minerales de dos tipos de brote de <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J. Scott “sosa alacranera”	31
Tabla 5. Compuestos bioactivos de dos tipos de brote de <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”, y su concentración en muestra fresca.....	33
Tabla 6. Determinación de la capacidad antioxidante equivalente a Trolox de dos tipos de brotes de <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”, por el método de DPPH+	35
Tabla 7. Medias de las capacidades antioxidantes del B. verde a diferentes concentraciones.	36
Tabla 8. Medias de las capacidades antioxidantes del B. rojo a diferentes concentraciones.	36
Tabla 9. Determinación de la capacidad antioxidante equivalente a Trolox de dos tipos de brotes de <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”, por el método de ABTS+.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. A. Hábitat de <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J. Scott “sosa alacranera”: Humedales de Puerto Viejo, San Antonio, Cañete. B. Zona donde crece <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J. Scott “Sosa alacranera”. Fuente: Propia, <i>fotografía in situ</i>	6
Figura 2. <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J. Scott “sosa alacranera”. A. Brote de color verde B. brote de color rojo. Fuente: Propia, <i>fotografía in situ</i>	9
Figura 3. Descripción botánica de <i>Sarcocornia fruticosa</i> . Según Castroviejo et al. ²³ las partes son: “a) Rama en flor, b) ramilla estéril, c) rama fértil o espiga florífera, d) flores en distintos estados de maduración, e) detalle de flor en la anthesis, mostrando los estigmas y filamentos, f) disección de una flor mostrando el androceo y el gineceo, g) artejo fértil, en la fructificación, mostrando los tres huecos dejados por la sima triflora, h) sección de una semilla”. Fuente: Flora ibérica ²⁸	10
Figura 4. Moléculas del ácido ascórbico y ácido isoascórbico. Fuente: Serra ⁵¹ ...	13
Figura 5. Molécula de la flavona isorhamnetin 3-O-β-D-glucopyranoside. Fuente: Kim ⁶²	15
Figura 6. Moléculas de betacianinas (Izq.) y betaxantinas (Der.) y su núcleo de construcción ácido betalámico (medio). Fuente: Stintzing ⁶⁷	16
Figura 7. Estructura básica y sustituyentes de las antocianidinas. Fuente: Garzón ⁷¹	17
Figura 8. Mecanismos de TE y TAH. Fuente: Tovar del Rio ⁷⁶	19
Figura 9. Molécula del ABTS antes (azul) y después (incolore) de reaccionar con un antioxidante. Fuente: Tovar del Rio ⁷⁶	19
Figura 10. Molécula del DPPH antes (morado) y después (amarillo) de la reacción con un antioxidante. Fuente: Tovar del Rio ⁷⁶	20
Figura 12. Comparación de la composición de macrominerales de dos tipos de brotes de <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”, expresados en muestra fresca. Resultados expresados con valores de una repetición (n=1).	32

Figura 13. Determinación de la capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) de dos tipos de brotes de <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”, por el método DPPH+.	34
Figura 14. Comparación de la capacidad antioxidante promedio de los extractos metanólicos de dos tipos de brotes de <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J. Scott “sosa alacranera” a diferentes concentraciones, mediante el método de DPPH+. Resultados expresados \pm desviación estándar (n=2).	35
Figura 15. Gráfico de valores individuales de % Capacidad antioxidante vs concentración del Brote verde.	36
Figura 16. Gráfico de valores individuales de % Capacidad antioxidante vs concentración del Brote rojo.	36
Figura 17. Determinación de la capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) de dos tipos de brote de <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”, por el método ABTS+.	37
Figura 18. Comparación de la capacidad antioxidante de los extractos metanólicos de dos tipos de brotes de <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J.Scott “sosa alacranera” a diferentes concentraciones, por el método de ABTS. Resultados expresados con valores de una repetición (n=1).	38
Figura 19. Certificado botánico de <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J. Scott.	63
Figura 20. Recolección de la muestra vegetal en los Humedales de Puerto Viejo, <i>fotografía in situ</i> .	64
Figura 21. Selección de la muestra. A. Brotes verdes B. Brotes rojos y verdes C. Brotes rojos	64
Figura 22. Preparación de la muestra. A. Reducción de tamaño de partícula de la muestra vegetal fresca para su conservación, izq.: brote verde, dcha.: brote rojo B. Extractos metanólicos y etanólicos de cada tipo de brote.	64
Figura 23. Determinación de lípidos – Método Soxhlet	65
Figura 24. Determinación de cenizas	65

Figura 25. Determinación de azúcares reductores directos del brote verde. A. Preparación del extracto inicial, B. Punto final del ensayo, color rojo ladrillo: presencia de glucosa.	65
Figura 26. Determinación del contenido de proteínas totales - Método Kjeldahl. A. Digestión de la muestra, B. Destilación, C. Titulación, D. Punto final de la titulación.....	66
Figura 27. Extracción de Betalaínas del brote rojo, ensayo por triplicado.	67
Figura 28. Determinación de Flavonoides. A. Tubos con diferente concentración del estándar de Quercetina + reactivos, para la curva de calibración. B. Tubos con los extractos de la muestra + reactivos. V: brote verde, R: brote rojo.	67
Figura 29. Determinación de compuestos fenólicos. Método Folin-Ciocalteu.	67
Figura 30. Determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH+ ...	68
Figura 31. Determinación de la capacidad antioxidante por el método ABTS+,...	68
Figura 32. Prueba T de 2 muestras para la media de TEAC verde y TEAC rojo, método DPPH	69

ABREVIATURAS

V: Brote del tipo verde.

R: Brote del tipo rojo.

ERO/ROS: Especies reactivas de oxígeno/ Reactive oxygen species

TAH: Transferencia de átomos de hidrógeno.

DPPH+: 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo

TE: Transferencia de electrones.

ABTS+: 2, 2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)

ET: Equivalente a Trolox.

EQ: Equivalente a Quercetina

GAE: Equivalente a Acido Gálico

IC50: Concentración del antioxidante necesario para disminuir la concentración inicial de DPPH al 50%

TEAC: Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (Capacidad antioxidante equivalente al Trolox).

CRL: Captación de Radicales libres

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

ART: Azúcares reductores totales.

Q.P.: Químicamente puro

Mg%: Miligramos de () por 100 gramos de muestra

ARD: Azúcares reductores directos.

MF: Muestra fresca

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la composición química-bromatológica, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de dos tipos de brotes: verde (V) y rojo (R) de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott “sosa alacranera”, planta halófila que crece en humedales y zonas costeras. Los resultados obtenidos son: Evaluación química bromatológica: mediante método de la AOAC, en g% de muestra fresca (MF): humedad V: 86,09, R: 85,67; cenizas V: 6,61, R: 7,45; fibra cruda V: 1,59, R: 2,78; azúcares reductores totales V: 0,24, R: 0,23; azúcares reductores directos V: 0,26, R: 0,28; proteínas V: 1,21, R: 0,43; lípidos V: 0,16, R: 0,20. Macrominerales por método de Absorción Atómica en mg/g de MF: calcio V: 0,92, R: 1,04; magnesio V: 1,16, R: 1,13; potasio V: 1,80, R: 2,05; sodio V: 4,59, R: 2,60 y Fosforo por método de azul de molibdeno V: 16,70, R: 2,87; microminerales en µg/g de MF: cobre V: 1,16, R: 0,71; zinc V: 3,37, R: 0,17; hierro V: 5,69, R: 5,24. Compuestos bioactivos en mg% de MF: betalaínas, método espectrofotométrico R: 3,16; polifenoles totales, método de Folin-Ciocalteu expresado como mg% de ácido gálico (GAE) V: 103,55, R: 147,93, flavonoides totales, método espectrofotométrico expresado como mg de quercetina V: 687,79, R: 598,65; Vitamina C, método de la AOAC: V: 3,38, R: 5,24 y ausencia de antocianinas, método pH diferencial. Capacidad antioxidante, expresado en µmol equivalente trolox (TE)/ 100 g MF, mediante método de DPPH: V: 619,7, R: 590,9 y método ABTS: V: 412,8, R: 482,5.

Palabras clave: *Sarcocornia fruticosa*, compuestos bioactivos, capacidad antioxidante, composición químico-bromatológica.

ABSTRACT

The present work aims to evaluate the chemical-bromatological composition, bioactive compounds and antioxidant capacity of two types of shoots: green (G) and red (R) of *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott "sosa alacranera", halophyte plant that grows in wetlands and coastal areas. The results obtained are: Bromatological chemical evaluation: by AOAC method, in g% of fresh sample (MF): humidity G: 86.09, R: 85.67; ash G: 6.61, R: 7.45; crude fiber G: 1.59, R: 2.78; total reducing sugars G: 0.24, R: 0.23; direct reducing sugars G: 0.26, R: 0.28; proteins G: 1.21, R: 0.43; lipids G: 0.16, R: 0.20. Macrominerals by Atomic Absorption method in mg / g of MF: calcium G: 0.92, R: 1.04; magnesium G: 1.16, R: 1.13; potassium G: 1.80, R: 2.05; sodium G: 4.59, R: 2.60 and Phosphorus by molybdenum blue method G: 16.70, R: 2.87; microminerals in μg / g of MF: copper G: 1.16, R: 0.71; zinc G: 3.37, R: 0.17; iron G: 5.69, R: 5.24. Bioactive compounds in mg% of MF: betalains, spectrophotometric method R: 3.16; total polyphenols, Folin-Ciocalteu method expressed as mg% of gallic acid (GAE) G: 103.55, R: 147.93, total flavonoids, spectrophotometric method expressed as mg of quercetin G: 687.79, R: 598, 65; Vitamin C, AOAC method: G: 3.38, R: 5.24 and absence of anthocyanins, differential pH method. Antioxidant capacity, expressed in μmol trolox equivalent (TE) / 100 g MF, by DPPH method: G: 619.7, R: 590.9 and ABTS method: G: 412.8, R: 482.5.

Keywords: *Sarcocornia fruticosa*, bioactive compounds, antioxidant capacity, chemical-bromatological composition.

1. INTRODUCCIÓN:

Sarcocornia fruticosa (L.) A.J. Scott es una planta halófila, perteneciente al género *Sarcocornia* de la familia *Amaranthaceae* (anteriormente conocida como *Chenopodiaceae*)¹. La denominación recientemente aceptada de la especie es *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott con un sinónimo *Salicornia fruticosa* (L.)²; conocida también como “sosa alacranera”, “salicornia”, “espárrago de mar”, etc.^{1, 3} Crece en suelos altamente salinos lo que la ha conllevado a hacer ajustes o adaptaciones tanto a nivel morfológico, fisiológico y bioquímico que la convierte en una de las pocas especies tolerantes a altas concentraciones de sales^{4,5}. La encontramos en humedales, pantanos, costas marinas y marismas⁶.

El género *Sarcocornia* tiene una amplia distribución geográfica que abarca 4 continentes, como América del Norte, Asia, África y Europa⁷. Según Guilló⁸:

“Las especies americanas constituyen un grupo que ha estado sujeto a una nomenclatura muy cambiante. Además, la proposición del género *Sarcocornia* descrita por Scott en 1977 no ayudó a esclarecer la identidad de estas plantas en el continente americano, ya que este autor sinonimizó la mayor parte de las especies americanas a los dos taxones descritos en Europa: *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott y *S. perennis* (Mill.) A.J. Scott”.

En la actualidad, en América del sur solamente se reconocen cinco especies de *Sarcocornia*⁸, entre ellas, *Sarcocornia ambigua* (Brasil)⁹, *Sarcocornia neei* (Chile)³.

Esta planta tiene tallos esponjosos, articulados con diminutas hojas parecidas a escamas, flores y frutos discretos. Se pueden encontrar brotes de la planta de distintas coloraciones en cada época del año, siendo verde en primavera y rojiza a púrpura en otoño¹, tal como lo reporta también Rueda *et al.*⁶ para el ciclo de crecimiento de *Salicornia bigelovii*. Asimismo, en otras investigaciones se han asociado los colores de los brotes (verde y rojo) de *Salicornia* con estadíos de desarrollo de la planta, encontrando diferencias en su composición química, compuestos bioactivos y actividad antioxidante¹⁰⁻¹². Los usos de las diferentes especies de esta planta se remontan en el tiempo tanto para fines comestibles como no comestibles. Han sido ampliamente utilizadas por los pobladores ya sea, por sus cualidades medicinales o

aprovechada como fuente de soda, para la fabricación de vidrio¹, más recientemente estudios promueven su uso como forraje alimenticio para animales¹³, en fitorremediación de suelos¹⁴ y el aceite proveniente de sus semillas como fuente de energía renovable¹⁵.

El uso como alimento no es completamente nuevo, con múltiples informes de su consumo como fuente de sal. Sin embargo, la reciente escasez en la disponibilidad de alimentos, la búsqueda de fuentes de alimentos sostenibles y el interés por la búsqueda de nuevos alimentos han llevado a este género a la fama. Un interés que solo ha despegado en los últimos años¹.

Actualmente las partes aéreas y tiernas de esta planta se vienen consumiendo directamente en ensaladas como alimentos gourmet o se procesan en encurtidos, escabeches, bebidas, etc. Además de su agradable sabor salado natural, es una planta rica en vitaminas y minerales e incluye compuestos bioactivos con actividad antioxidante y antitumoral con grandes beneficios para la salud potencialmente importantes^{16, 2}.

En el Perú, no existen estudios sobre *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott desde el punto de vista de su valor nutricional y funcional, sin embargo, se pueden encontrar estudios extranjeros que avalan su gran potencial como suplemento nutricional^{2, 17}. Pese a ser un recurso que crece en abundancia a lo largo del litoral, no es aprovechado por la población local, por ello el presente trabajo tuvo como objetivo determinar su perfil nutricional, compuestos bioactivos, así como, la capacidad antioxidante y de esta manera dar a conocer los nutrientes que presenta la planta para ser consumido y aprovechado como un vegetal con cantidades importantes de nutrientes principales así como por sus metabolitos funcionales, valorándolo como un prometedor alimento funcional o suplemento nutricional, el cual sería una alternativa para ayudar a reducir la prevalencia e incidencia de la desnutrición que aqueja a nuestro país.

2. OBJETIVOS:

i. **Objetivo general**

Evaluar la composición químico-bromatológica, los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott “sosa alacranera”.

ii. **Objetivos específicos**

1. Caracterizar la composición químico-bromatológica de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott “sosa alacranera”.
2. Determinar los compuestos bioactivos presentes en dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott “sosa alacranera”.
3. Determinar la capacidad antioxidante de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott “sosa alacranera” in vitro.

3. MARCO TEORICO

3.1. Generalidades

Dentro de los 16 géneros de Salicornioideae encontramos a *Sarcocornia* A. J. Scott, éste género comprende alrededor de 28 especies suculentas que se pueden encontrar en la vegetación salina en todo el mundo, predominantemente en zonas templadas cálidas y, en menor medida, en regiones subtropicales^{18, 19}. Este género comprende hierbas perennes, subarbustos y arbustos que se caracterizan por tener una morfología muy simplificada que da un aspecto particular a las plantas¹⁸.

Sarcocornia fruticosa (L.) A.J. Scott, una halófito dicotiledónea suculenta bien conocida por sus tallos articulares con segmentos carnosos²⁰, pertenece a la familia Amaranthaceae (ex Chenopodiaceae)³, cuyos nombres comunes son sosa alacranera, espárrago de mar, glasswort, alubias, samphire (hierba de San Pedro)¹.

Debido al limitado número de estudios relacionados al potencial nutricional y funcional del género *Sarcocornia*, este es frecuentemente comparado o asociado con el género *Salicornia*³. Estos dos géneros presentan características morfológicas muy similares y solo se pueden distinguir por la forma de vida: perenne vs anual para *Sarcocornia* y *Salicornia* respectivamente y por los caracteres de inflorescencia: flores individuales semejantes en tamaño dispuestas en una fila horizontal para *Sarcocornia* y flores de tamaño claramente desigual en una disposición triangular para *Salicornia*^{18, 19}.

La denominación recientemente aceptada de la especie es *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott con un sinónimo *Salicornia fruticosa* (L.)².

Algunas sinonimias científicas encontradas en Mostacero²¹ para *Salicornia fruticosa* L. son: *Salicornia biloba* Kuntze ex Fenzl, *Salicornia equisetifolia* Willd, ex Moq. *Salicornia gaudichaudina* Moq., *Sarcocornia neei* (Lag). *Salicornia peruviana* H.B.K. Sinonimia vulgar: "Parachique"

3.2. Distribución, ecología y suelos.

Sarcocornia fruticosa L., según Castroviejo²²: “se ubica en los bordes de canales, lagunazos costeros, etc., en lugares en donde el nivel freático no desciende más allá de unos 20 cm y la humedad, que proviene generalmente del agua del mar, empapa las raíces de las plantas”.

Sarcocornia fruticosa L. está distribuida por Europa (prácticamente en todas las costas mediterráneas), oeste de Asia, África del sur y del norte, Centroamérica y Sudamérica. En la Península Ibérica se conoce en todo el litoral mediterráneo, Cádiz, Huelva, Algarbe, costa Cantábricas de Asturias, Cantabria, etc.²³.

De acuerdo con Alonso & Crespo²⁴ hay cinco especies sudamericanas de *Sarcocornia*: *S. ambigua* (Michx.) MA Alonso & MB Crespo, *S. andina* (Phil.) Freitag, MA Alonso & MB Crespo, *S. magellanica* (Phil.) MA Alonso y MB Crespo, y *S. neei* (Lag.) MA Alonso y MB Crespo.

Cabe mencionar que dentro de las especies sudamericanas hay especies costeras y especies endémicas de los altiplanos de Argentina, Bolivia, Chile y Perú: *Sarcocornia andina* (Phil.) Freitag, MA Alonso & MB Crespo, que crece en los flancos secos de alta latitud de los Andes y *Sarcocornia pulvinata* AJ Scott que crece sobre 3500 m en el Altiplano Andino¹⁸.

En el Perú, de acuerdo con Mostacero *et al.*²⁵ *Salicornia fruticosa* se considera como una planta halófila de las Costas peruanas ubicada entre los 0-70 m.s.n.m. en los departamentos de La Libertad, Ancash, Lambayeque y Tumbes, en suelos salitrosos, salinos, arenosos y húmedos.

Cuyas características climáticas y fitogeográficas son las siguientes:

- Características Climáticas:

Clima: Cálido. Temperatura (°C): 15-30. Precipitación (mm): 300-500. Humedad atmosférica (%): 70-90 ²¹.

- Características Fitogeográficas:

Distribución altitudinal: 0-500 m.s.n.m. Distribución latitudinal: 2°-18° L.S.

Distribución por departamentos: De Tumbes a Tacna ²¹.



Figura 1. **A.** Hábitat de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott “sosa alacranera”: Humedales de Puerto Viejo, San Antonio, Cañete. **B.** Zona donde crece *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott “Sosa alacranera”. **Fuente:** Propia, fotografía *in situ*

3.3. Taxonomía

La primera descripción válida de *Sarcocornia fruticosa* L. fue realizada por Carlos Linneo en 1753 quién la sistematizó como *Salicornia europaea* var. *fruticosa*. Posteriormente, en 1752 el mismo autor sistematiza esta planta como una especie independiente, dentro del mismo género: *Salicornia fruticosa* (L.)

El género *Sarcocornia* fue establecido en 1977 por A.J. Scott, quien lo separó de *Salicornia* L. y *Arthrocnemum* Moq. en base a caracteres morfológicos²².

Según esta sistematización, se considera a esta planta en el género *Sarcocornia* como: *Sarcocornia fruticosa* (L.) A. J. Scott²⁶.

La identificación botánica fue realizada por el Sr. José Ricardo Campos de la Cruz, biólogo colegiado N°3796, según el Sistema Integrado de clasificación de las Angiospermas de Arthur Cronquist (1981) (ver Anexo 01)

REINO: Plantae
DIVISIÓN: Angiospermae
CLASE: Equisetopsida
SUBCLASE: Magnoliidae
SUPERORDEN: Caryophyllanae
ORDEN: Caryophyllales
FAMILIA: Amaranthaceae
GENERO: *Sarcocornia*
ESPECIE: *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott

Sinónimo: *Salicornia fruticosa* L.

3.4. Descripción botánica

Mostacero *et al.*²⁵ describe a *Salicornia fruticosa* L. como hierba endémica palustre o acuática, halófito, carnosa, áfila, con flores amarillentas. Asimismo, De la Fuente *et al.*²⁷ se refiere a *Sarcocornia fruticosa* L. como un arbusto leñoso perenne, de 15-60 cm de altura, que ocasionalmente alcanza los 100 cm, erecto y ramificado; cuyas ramas principales leñosas y erectas son capaces de enraizar en los nodos, ramas secundarias suculentas, articuladas y fotosintéticas, erectas y ascendentes con varias ramificaciones.

En el lugar de recolección, se observó la presencia de dos estados de maduración en simultáneo: brotes verdes y brotes rojos. Según Patel¹ se pueden encontrar brotes de la planta de distintas coloraciones en cada época del año, siendo verde en primavera y rojiza a púrpura en otoño, tal como lo indica también Rueda-Puente *et al.*⁶ para el ciclo de crecimiento de *Salicornia bigelovii*.

Los diferentes colores de los brotes se han relacionado con la etapa vegetativa o etapa de desarrollo en que se encuentra la planta, en donde el color verde lo ostentan las plántulas o brotes más jóvenes, mientras que el color rojo suele relacionarse a estados senescentes de los brotes. Tal como lo reporta Parida *et al.*^{10, 11} para *Salicornia brachiata* en el que se observa diferentes características fenotípicas en diversas etapas de desarrollo. Los brotes maduros son verdes, luego el color de los brotes se vuelve amarillo verdoso y al final de la senescencia los brotes son rojos. Del mismo modo Davy *et al.*⁷ describió que *Salicornia europaea* es verde oscuro luego se vuelve amarillo verdoso y finalmente se tiñe de rosa o rojo.

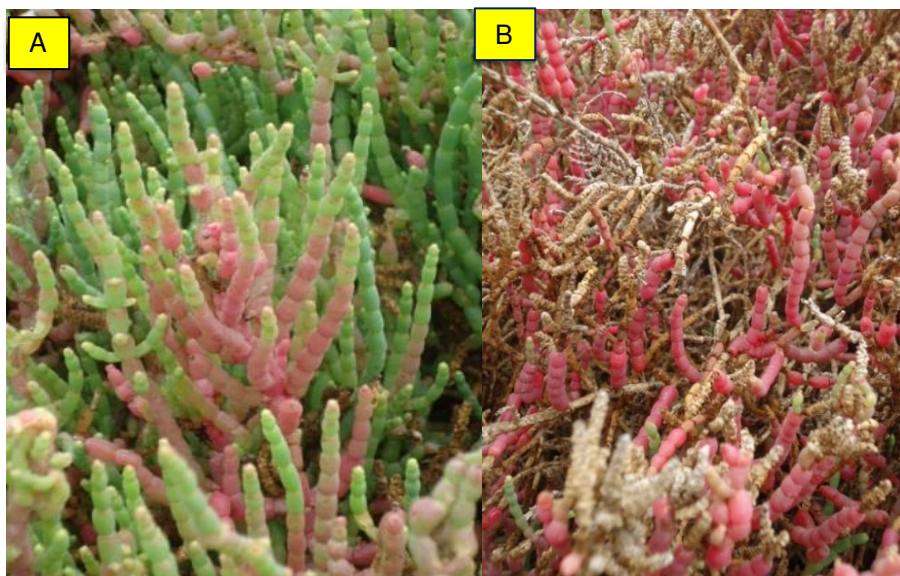


Figura 2. *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott “sosa alacranera”. A. Brote de color verde B. brote de color rojo. **Fuente:** Propia, fotografía in situ.

TALLO: Tallos erectos y ramificados, leñosos en la parte basal, y carnosos, articulados en el resto; de porte entre 50 y 150 cm o mayor²³. Están compuestos de entrenudos (segmentos) carnosos, cilíndricos, y nudos más o menos estrechos que a menudo tienen raíces adventicias^{18, 27}.

HOJA: Hojas pequeñas, fuertemente reducidas, aparentando la planta no tener hojas. Presenta un cilindro vascular encerrado por un tejido interno de almacenamiento de agua y un clorénquima externo fotosintéticamente activo ^{18, 26}.

FLORES: Inflorescencia tipo espiga de unos 2 cm. de largo y 3. mm de espesor. Flores pequeñas, hermafroditas o unisexuales, dispuestas en glomérulos de 3-7, hundidas en las cavidades entre las articulaciones, formando espigas cilíndricas.

FRUTO: utrículo, oval u oblongo, encerrado en el perianto.

SEMILLAS: sin endospermo o muy escaso ²¹.

Características fenológicas reportadas por Mostacero²¹ son: Época de floración entre enero-abril; época de fructificación entre marzo-mayo.

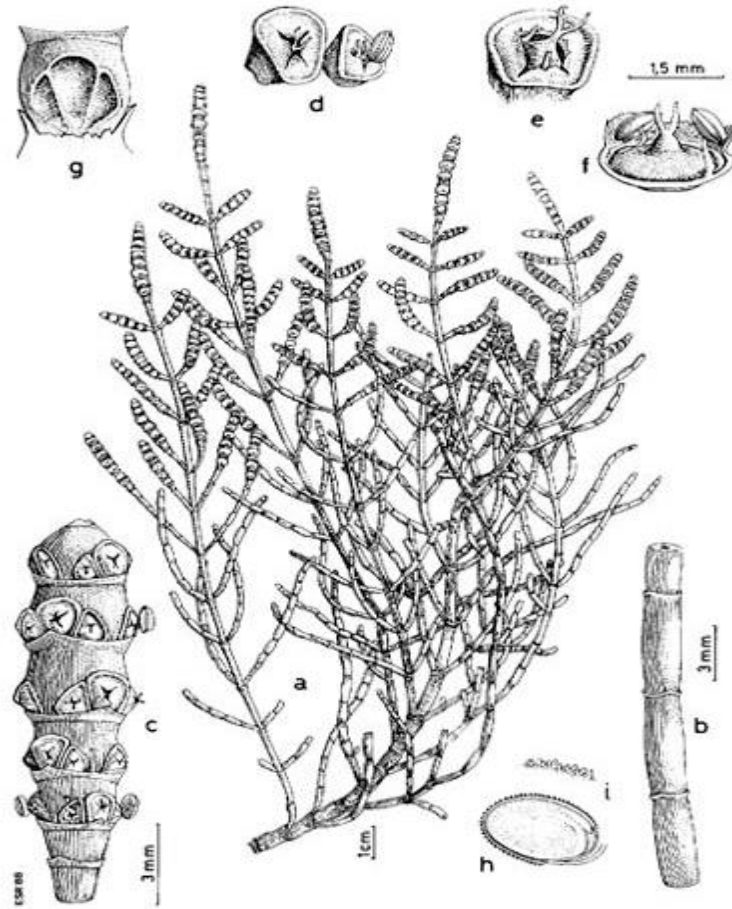


Figura 3. Descripción botánica de *Sarcocornia fruticosa*. Según Castroviejo et al.²³ las partes son: “a) Rama en flor, b) ramilla estéril, c) rama fértil o espiga florífera, d) flores en distintos estados de maduración, e) detalle de flor en la antesis, mostrando los estigmas y filamentos, f) disección de una flor mostrando el androceo y el gineceo, g) artejo fértil, en la fructificación, mostrando los tres huecos dejados por la sima triflora, h) sección de una semilla”. **Fuente:** Flora ibérica²⁸

3.5. Usos

3.5.1. Alimentario

Se la ha empleado como iniciador de la fermentación de bebidas, mejorador de la calidad del vinagre y como fuente natural de sal¹. Actualmente, principalmente en los países mediterráneos, hay un creciente interés y alta demanda por esta planta, cuyas partes frescas y suculentas han sido aprovechadas ya sea bajo la forma de encurtidos, bebidas o ensaladas en la cocina gourmet; no solo por su agradable sabor salado, sino también por su alto valor nutricional, referidas principalmente a su composición rica en minerales y antioxidantes, así como de vitaminas, como la vitamina C y β - carotenos¹³. Además de su consumo directo, se las ha transformado bajo la forma de harina como sustituto de la sal. La sal verde obtenida de *Salicornia neei* reportada por Doncato *et al.*²⁹, es una fuente rica en minerales, además se puede usar como biosalt y/o suplemento alimenticio para dietas tanto animales como humanas³⁰.

3.5.2. Medicinal

Las bondades de esta planta no solamente se circunscriben a su uso como alimento, sino que además de su gran valor nutritivo se le atribuyen también propiedades de índole terapéutico y medicinal, así lo refieren las diferentes investigaciones al respecto, en las que indican el uso de ésta con gran éxito en el tratamiento de diversas enfermedades como hipertensión arterial, diabetes, asma, hepatitis y cáncer^{31,32}. Recientemente los estudios demuestran también actividad antioxidante, antiinflamatoria e inmunomoduladora³³. Por otro lado también pueden usarse como metabolitos secundarios en productos farmacéuticos, aditivos alimentarios y nutracéuticos³⁴.

3.5.3. Otros

Dentro del grupo de las halófitas, las diferentes especies de *Salicornia* y *Sarcocornia* poseen un prometedor potencial agroindustrial y económico para la producción de forrajes destinado a la alimentación animal³⁵. Además de servir de materia prima de semillas para la producción de

biodisel y aceites vegetales³⁶. Gracias a la gran capacidad que tienen las halófitas para retener las sales en sus tejidos presentan un potencial de ser utilizadas para remediar suelos afectados por exceso de compuestos orgánicos, productos derivados del petróleo o radionucleidos^{37, 38}.

3.6. Composición química

Debido a su alta tolerancia a la sal, valor nutricional, compuestos bioactivos y su larga tradición de consumo humano (principalmente en países europeos), las especies del género *Salicornia* y *Sarcocornia* son consideradas entre los cultivos halófitos más prometedores para su uso futuro tanto en alimentos frescos como en procesados por sus propiedades funcionales y nutritivas^{13, 39, 40}.

Existe un interés considerable en estas plantas, dado su alto valor nutricional en términos de minerales naturales como: Magnesio, sodio, calcio, hierro y potasio, fibra dietética y compuestos bioactivos, entre ellos: fitoesteroles, polisacáridos, compuestos fenólicos, particularmente flavonoides y ácidos fenólicos⁴¹.

De acuerdo con Mishra³⁹ la planta es rica en vitaminas (A y C), sodio, calcio, yodo, hierro, magnesio, aminoácidos, grasas (baja en calorías sin colesterol) y fibra. Asimismo, tanto *Salicornia* como *Sarcocornia* mostraron un alto contenido de polifenoles⁴². Adicionalmente, las semillas de *Salicornia* son ricas fuentes de proteínas³⁹. Y la composición química del aceite de semilla de *Salicornia* contiene principalmente: ácidos linoléico y ácido oleico seguido de ácido palmítico, ácido linolénico y ácido esteárico, ácidos grasos que son buenos para la salud⁴³.

También se reportan sustancias como ácidos grasos, esteroides, saponinas, derivados ácido clorogénico, alcaloides, flavonoides y otros tipos de compuestos fenólicos⁴⁴.

3.7. Compuestos bioactivos

Las especies de *Salicornia* son ricas en minerales naturales como Magnesio, calcio, hierro, potasio, fibras dietéticas, muchas sustancias bioactivas, como aceites, proteínas, polisacáridos, compuestos fenólicos principalmente flavonoides y ácidos fenólicos³¹. También se incluyen dentro de estos compuestos bioactivos a pigmentos como las betalainas⁴⁵.

La síntesis de compuestos bioactivos, así como de aminoácidos libres se ha desarrollado como medida adaptativa en respuesta a condiciones salinas extremas, asociados con sistemas antioxidantes y mecanismos de reparación⁴⁶⁻⁴⁸. Por consiguiente, el consumo de esta planta puede producir numerosos beneficios para la salud humana, como la protección contra el estrés oxidativo, para el tratamiento de enfermedades como nefropatía, hepatitis, arteroesclerosis, hiperlipidemia, diabetes y cáncer³¹, así como de tener efecto neuroprotector⁴⁹.

3.7.1. Vitamina C

La vitamina C o ácido ascórbico, es un compuesto hidrosoluble que se encuentra en la naturaleza casi exclusivamente bajo la forma de ácido L-ascórbico en su forma reducida⁵⁰. Las fuentes naturales de vitamina C son las frutas y los vegetales frescos⁵¹.

Dado que no puede ser sintetizada por el organismo la carencia de esta vitamina, en los seres humanos, puede provocar hemorragias acompañada de una pobre cicatrización y lento proceso de curación de las heridas, así como anemia; su poder vitamínico radica en la prevención del escorbuto⁵².

Es esencial en la síntesis del colágeno, síntesis de lípidos, proteínas, síntesis de hormonas y neurotransmisores. También aumenta la absorción de hierro en el intestino mediante la reducción del férrico al estado ferroso⁵¹.

Como antioxidante la vitamina C es un donador de electrones que contribuye a la prevención del daño oxidativo, protegiendo al cuerpo de los radicales libres, contaminantes y toxinas⁵³.

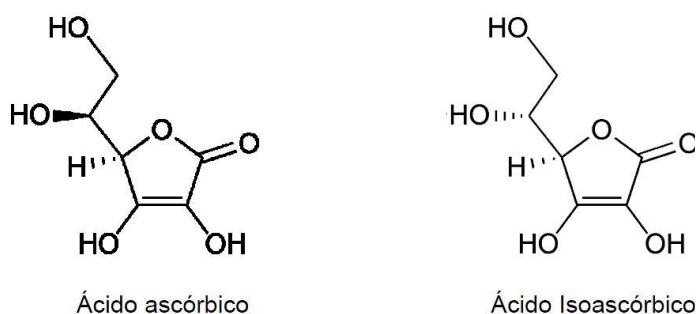


Figura 4. Moléculas del ácido ascórbico y ácido isoascórbico. **Fuente:** Serra⁵¹

3.7.2. Polifenoles

Los polifenoles son los compuestos más abundantes distribuidos ampliamente en frutas, verduras y algunas bebidas de origen vegetal. Son sintetizados por las plantas como resultado del metabolismo secundario, en donde desempeñan una gran variedad de funciones fisiológicas, defensa ante los factores externos como la radiación ultravioleta o la agresión de patógenos e insectos ⁵⁴.

Pero su mayor importancia radica en su gran capacidad antioxidante, propiedad que le permite captar especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, íntimamente relacionadas al desarrollo de enfermedades ⁵⁵. Particularmente resulta beneficioso para la prevención de enfermedades cardiovasculares debido a los efectos vasodilatadores, vasoprotectores, antitrombótico, antilipémicas, antiateroscleróticas, antiinflamatorias y antiapoptóticas^{56,57}. Adicionalmente presentan actividad estrogénica (fitoestrógenos), otros, como los taninos, son capaces de fijar metales y proteínas⁵⁸.

3.7.3. Flavonoides

Según Martínez-Flórez *et al*⁵⁹ “Los flavonoides son compuestos de bajo peso molecular que comparten un esqueleto común de difenil-piranos (C6-C3-C6), compuesto por dos anillos de fenilos (A y B) ligados a través de un anillo C de pirano (heterocíclico)”. La presencia de varios grupos hidroxilos fenólicos en sus estructuras, les confiere una gran capacidad antioxidante, por lo que cumplen un rol protector frente a fenómenos de daño oxidativo⁵⁹.

Los flavonoides naturales se encuentran en su mayoría combinados con azúcares bajo la forma de glucósidos, siendo el apigenin y la quercetina (quercetin) y el kaempferol los compuestos más comunes de flavonas y flavonoles encontrados en alimentos bajo la forma de glucósidos. Por otro lado, la hesperidina y naringina, glucósidos de flavanonas y flavanonoles respectivamente, son las responsables de la amargura en los frutos

cítricos. Las isoflavonas son todas coloreadas y están mucho menos distribuidas en las plantas⁶⁰.

Este último asociado con efectos protectores contra el cáncer de mama en las mujeres y de próstata en los varones dado su efecto estrogénico⁶¹. Las antocianinas son el grupo más importante de pigmentos que dan coloración roja, rosa o malva en flores y frutos⁶⁰.

Se ha reportado para la especie *Salicornia fruticosa* derivados del tipo flavonas: apigenina, apigenina-7-O-galactósido, isorhamnetina, acacetina y isorhamnetin.-3-O-galactósido¹⁷. Respecto a este último compuesto, aislada también de *Salicornia herbácea* se reportó como una molécula con un gran potencial por su efecto antioxidante y antiinflamatorio⁶².

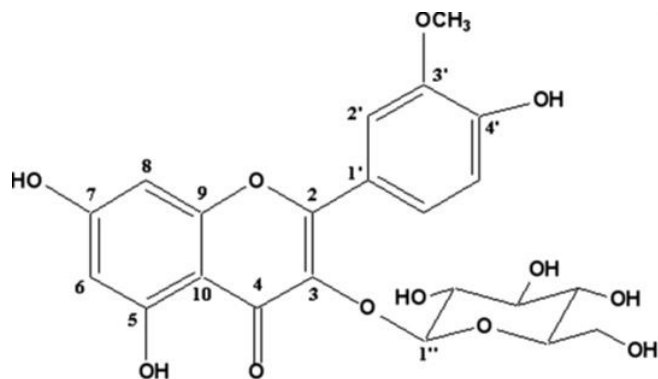


Figura 5. Molécula de la flavona isorhamnetin 3-O-β-D-glucopyranoside. **Fuente:** Kim⁶²

3.7.4. Betalaínas

Son pigmentos derivados del ácido betalámico, que presentan nitrógeno dentro de su composición, solubles en agua; se dividen en dos grupos betacianinas, de color rojo – violeta, y las betaxantinas de color amarillo – naranja⁶³.

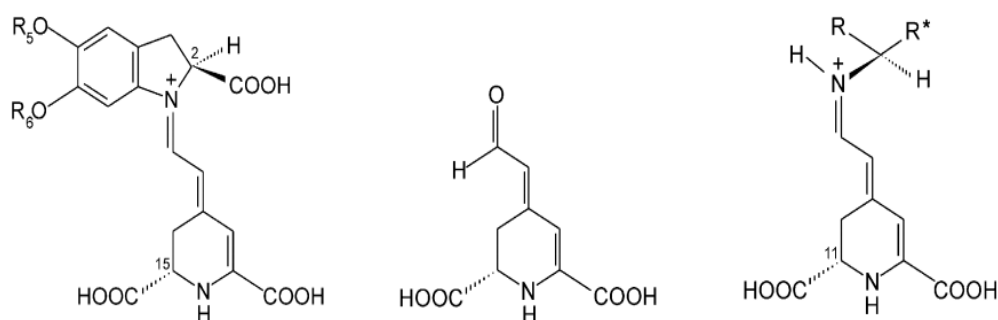


Figura 6. Moléculas de betacianinas (Izq.) y betaxantinas (Der.) y su núcleo de construcción ácido betalámico (medio). **Fuente:** Stintzing⁶⁷

Las betacianinas contienen un residuo de ciclo-dihidroxifenilalanina (ciclo-DOPA); en este grupo se incluyen la betanina, isobetanina y neobetanina. Mientras que las betaxantinas contienen diferentes cadenas laterales de aminoácidos o aminas; aquí encontramos a la indicaxantina y vulgaxantinas I y II⁶⁴. Según Vergara⁶⁵: “Ambos pigmentos absorben a distintas longitudes de onda; las betacianinas a 535-550 nm y las betaxantinas a 475-480 nm en el rango de luz visible”.

Las betalaínas se encuentran en un grupo muy restringido de familias como las Chenopodiaceae, Amarantheaceae, entre otras ⁶⁶, es por esta razón, que podemos encontrar este tipo de pigmentos en *Salicornia fruticosa*, planta anual de la familia Amarantheaceae; especie en la cual el estrés salino juega un papel importante en la síntesis de betalaínas ⁴⁵. La betalaína más importante es la betanidina (betanidin-5-O-β-glucósido) de remolacha roja (*Beta vulgaris* ssp.) ⁶⁷.

Pese a que estos pigmentos tendrían un uso potencial como colorantes (rojos) ⁶⁵, la problemática de su producción y conservación radica en su estabilidad ⁶⁸; que puede verse alterado por varios factores tales como enzimas, temperatura, oxígeno ⁶⁹, luz, metales, actividad de agua (aw), y

pH ⁶³. Por lo cual pueden degradarse perdiendo sus atributos de color y capacidad antioxidante ⁶⁵.

3.7.5. Antocianinas

Están constituidas por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la que se le une un azúcar por medio de un enlace glucosídico. La estructura química fundamental de estas agliconas es el ión flavilio que funciona como un catión ⁷⁰. (Fig. 6)

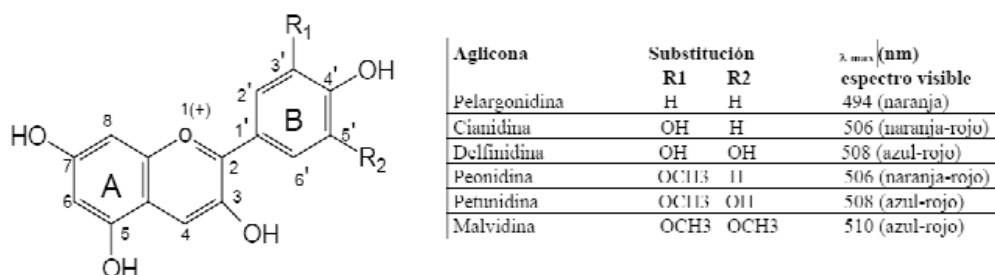


Figura 7. Estructura básica y sustituyentes de las antocianidinas. **Fuente:** Garzón⁷¹

Las antocianinas son pigmentos solubles en agua que le dan los colores rojo, morado y azul a muchas flores y frutas. Además de sus funciones fisiológicas en las plantas, para atraer polinizadores y dispersores de semillas, las antocianinas en la dieta están asociadas con la protección contra ciertos tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares y otros trastornos humanos crónicos ⁷².

Tanto su color como su estabilidad dependen del pH prevaleciente, así como también de la luz y la temperatura. Las antocianinas muestran mayor estabilidad en medios ácidos por lo que sus aplicaciones funcionan mejor en la fabricación de productos ácidos como jugos y bebidas ⁷³.

3.8. Actividad antioxidante:

El oxígeno es la fuerza impulsora detrás del metabolismo y la vitalidad celular, pero también es potencialmente peligroso porque puede convertirse en uno o más intermedios reactivos conocidos como “Especies Reactivas de Oxígeno” (ERO)^{76,75}.

Dentro de las ERO tenemos a los radicales libres (RL), definidos como “cualquier especie molecular con uno o más electrones desapareados y moléculas derivadas del oxígeno que posean alta capacidad reactiva”⁷⁶. Niveles muy altos de EROS dañan las proteínas, las membranas y los ácidos nucleicos a nivel celular, alterando el equilibrio redox de las células.⁷⁶

Los seres vivos desarrollan diversos mecanismos para protegerse de estos radicales libres, como lo describe Londoño⁷⁵:

“Remoción catalítica de radicales libres por enzimas como catalasa (CAT), superóxido dismutasa (SOD), y glutatión peroxidasa (GPx). Unión de proteínas a metales prooxidantes como hierro y cobre (transferrina, ceruloplasmina); protección contra daño, como las proteínas de choque térmico y estabilización de radicales libres con donadores de protones o electrones como: glutatión (GSH), vitamina E (tocoferol), vitamina C (ácido ascórbico), bilirrubina y ácido úrico”.

Además de estas defensas, el consumo de antioxidantes en la dieta es muy importante⁷⁴.

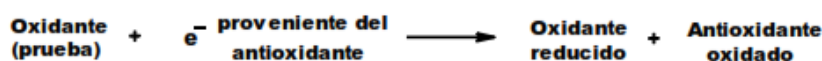
Un antioxidante puede definirse como "cualquier sustancia que, cuando está presente en bajas concentraciones, en comparación con las del sustrato oxidable, retrasa o inhibe significativamente la oxidación de ese sustrato" ⁷⁵.

La actividad antioxidante no se puede medir directamente, sino más bien por los efectos del antioxidante en el control del grado de oxidación ^{76,74}.

De acuerdo con Huang⁷⁷ las pruebas para determinar la capacidad antioxidante se pueden dividir en dos: pruebas basadas en reacción de transferencia de átomos de hidrógeno (TAH) y pruebas basadas en reacción de transferencia de electrones (TE) ⁷⁷.

Las pruebas basadas en TE incluyen reacciones redox con el oxidante, el cual actúa como un indicador del final de la reacción y por lo general las pruebas basadas en TAH, incluyen un productor de radical libre sintético, un ensayo molecular oxidable y un antioxidante⁷⁷.

Ensayos ET



Ensayos HAT

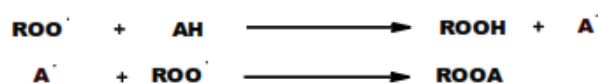


Figura 8. Mecanismos de TE y TAH. **Fuente:** Tovar del Rio⁷⁶.

Los métodos comúnmente empleados, como ABTS y DPPH se basan en la estabilización de radicales libres sintéticos y su reacción con antioxidantes lo que producen cambios que pueden detectarse⁷⁵.

a) Método ABTS (azinobis 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico)

Se basa en la capacidad del antioxidante para estabilizar el radical ABTS•+⁷⁵. De acuerdo con Tovar⁷⁶: “La técnica mejorada para la generación del radical catión ABTS, implica la producción del cromóforo ABTS+ verde-azul a través de la reacción con el persulfato de potasio. [...] La adición de los antioxidantes al radical pre-formado lo reduce a ABTS”. Los resultados se expresan como TEAC (Capacidad antioxidante equivalente a Trolox)⁷⁵.

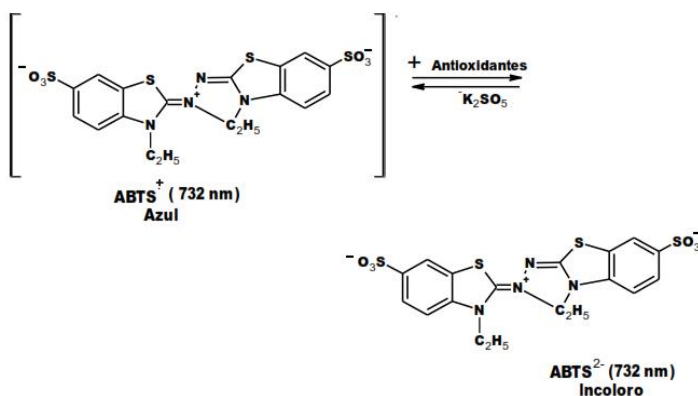


Figura 9. Molécula del ABTS antes (azul) y después (incoloro) de reaccionar con un antioxidante. **Fuente:** Tovar del Rio⁷⁶

b) Método DPPH (Difenil Picril Hidrazilo): El ensayo se fundamenta en la medición de la capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical DPPH•. Se cree que la respuesta estabilizadora es inducida principalmente por el mecanismo TE, con una pequeña contribución de TAH ⁷⁵.

Cuando la solución de DPPH reacciona con el sustrato antioxidante, éste le puede donar un átomo de hidrógeno (ver figura 10) entonces el color violeta se desvanece. Este cambio de color es monitoreado espectrofotométricamente ⁷⁶.

Por lo general, los resultados se expresan con el valor de IC₅₀, que indica la concentración necesaria de antioxidantes para estabilizar el cincuenta por ciento del radical DPPH• ⁷⁵.

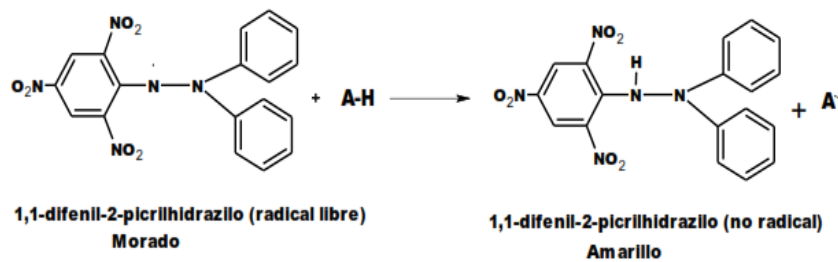


Figura 10. Molécula del DPPH antes (morado) y después (amarillo) de la reacción con un antioxidante. **Fuente:** Tovar del Rio⁷⁶

4. METODOLOGÍA:

4.1. Equipos, materiales y reactivos

4.1.1. Reactivos

- Sulfato de cobre
- Tricloruro de aluminio 10%
- Azul de metileno 1%
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Hidróxido de sodio 80%
- Ácido sulfúrico q.p
- Ácido clorhídrico q.p
- Metanol grado reactivo
- Etanol 96°
- Sulfato de potasio
- Ácido sulfúrico 0.1N
- Rojo de metilo 0.1%
- Fenolftaleína 0.1%
- Fehling A y B
- Ácido metafosfórico 15%
- Éter de petróleo
- Glucosa estándar
- Quercetina estándar Sigma-Aldrich, pureza 95%
- 2,6 diclorofenolindofenol Sigma-Aldrich
- Trolox estándar Sigma-Aldrich
- Vitamina C o ácido ascórbico
- Sales de Selenio (catalizadores)
- Reactivo fenol de Folin-Ciocalteu MERCK
- Radical ABTS
- 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl Radical libre Sigma-Aldrich
- Ácido gálico estándar Sigma-Aldrich

4.1.2. Materiales

- Beakers 50, 250 y 500 mL

- Buretas 25 mL
- Fiolas 25, 100, 250 y 500 mL
- Crisoles de porcelana 30 mL
- Desecadores
- Picetas
- Embudo Buchner
- Matraz 100, 250 y 500 mL
- Balón Kjeldahl de 0.5 L
- Embudos de vidrio y plástico de 2,5, 4cm y 12cm de diámetro
- Papel filtro tipo Whatman n°1
- Frascos ámbar 120 mL
- Soporte universal
- Pipetas graduadas 5 y 10 mL
- Probetas 50 y 100 mL
- Tubos de ensayo 5 y 10mL
- Tubos refrigerantes
- Varillas de vidrio
- Viales de vidrio 5 y 10 mL
- Micropipetas 100 μ L, 1000 μ L
- Placas Petri 9cm de diámetro

4.1.3. Equipos

- Mufla RELES
- Termómetro
- Licuadora OSTER
- Balanza analítica OHAUS, modelo Pioner TM
- Digestor Kjeldhal BUCHI, modelo K-425
- Extractor Soxhlet
- Potenciómetro BOECO GERMANY
- Refractómetro GIARDINO ITALY
- Equipo de Baño María MEMMERT
- Cocinilla eléctrica BELIA

- Centrífuga PLC SERIES, modelo PLC-05
- Estufa de secado, MEMMERT
- Espectrofotómetro UV THERMO SCIENTIFIC, modelo GENESIS UV-VIS

4.2. Métodos

Esta investigación fue desarrollada en el “Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM”, con excepción del análisis de minerales, el cual se realizó en el “Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Facultad de Agronomía de la UNALM”.

4.2.1. Recolección y selección de la muestra:

Se recolectó los tallos y hojas tiernas de dos tipos de brote de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott: verdes y rojos, en el distrito de San Antonio de la provincia de Cañete, a la altura del kilómetro 71 de la panamericana Sur a 22 metros sobre el nivel del mar.

Se seleccionó las muestras de manera manual. De lo recolectado se escogió los brotes más tiernos, descartando los más leñosos de cada tipo de brote (rojo y verde). Luego se procedió al lavado y se dejó secar a temperatura ambiente.

4.2.2. Preparación de la muestra.

Los ensayos se realizaron en muestra fresca.

El tamaño de partícula de la muestra vegetal se redujo mediante una licuadora y se trabajó con ello para determinar la composición químico-bromatológica y los compuestos bioactivos: vitamina C, betalaínas y antocianinas.

Para la preparación del extracto, se pesó 2g de muestra fresca reducida y se transfirió a un frasco ámbar de 120 mL y se agregó 30mL de metanol, se mantuvo por 72 horas, luego se procedió a filtrar. Se conservó el sobrenadante para los análisis de: polifenoles, flavonoides y capacidad antioxidante.

4.2.3. Evaluación organoléptica

Se evaluaron: olor, color, sabor y apariencia.

4.2.4. Caracterización Químico Bromatológico

Todos los ensayos químico-bromatológico se realizaron siguiendo los métodos recomendados por la “Association of Official Analytical Chemicals (A.O.A.C.)”⁷⁸

4.2.4.1. Humedad

Método: Gravimétrico⁷⁸

Fundamento: La evaporación del agua a 105°C hasta que la muestra alcance un peso constante.

4.2.4.2. Determinación de pH

Método: Potenciométrico⁷⁹

Fundamento: Se fundamenta en la diferencia de potencial que se produce entre los electrodos estándar de Calomel que han sido pre-calibrados usando sales tampón.

4.2.4.3. Cenizas

Método: Calcinación⁷⁸

Fundamento: La materia orgánica es oxidada y volatilizada a temperaturas elevadas, el material inorgánico restante se conoce como ceniza.

4.2.4.4. Acidez Total

Método: Acidez titulable⁷⁸

Fundamento: La neutralización de la acidez que se producen por las muestras diluidas en solución acuosa con soda, empleando la fenolftaleína como indicador.

4.2.4.5. Fibra cruda

Método: Gravimétrico⁷⁸

Fundamento: Digestión de la muestra en medio ácido y alcalino para producir un residuo de fibra cruda y sal. Esta última se elimina por calcinación.

4.2.4.6. Lípidos

Método: Soxhlet⁷⁸

Fundamento: Solubilización de la grasa en éter de petróleo, mediante extracción por agotamiento.

4.2.4.7. Proteínas totales:

Método: Kjeldahl ⁷⁸

Fundamento: Mediante la digestión ácida de la muestra en ácido sulfúrico concentrado más catalizadores liberando nitrógeno y obteniéndose sulfato de amonio que en medio altamente alcalino genera amoniaco, el cual es destilado y recepcionado con un ácido de normalidad conocida, cuyo exceso es titulado.

4.2.4.8. Azúcares reductores totales y directos

Método: Volumétrico de Lane y Eynon⁷⁸

Fundamento: Se basa en el poder reductor del azúcar sobre el cobre, presente en la solución de Fehling A, reduciéndolo a óxido cuproso (precipitado rojo ladrillo) en un medio alcalino.

4.2.4.9. Carbohidratos:

Método: Matemático

Fundamento: Restando del 100% la sumatoria de lípidos, proteínas, cenizas, fibra cruda y humedad.

4.2.4.10. Minerales:

4.2.4.10.1. Potasio, calcio, sodio, magnesio, hierro, zinc y cobre:

Método: Absorción atómica ⁸⁰

Fundamento: Se fundamenta en la absorción de radiación de una determinada longitud de onda que es absorbida selectivamente por átomos neutros.

La muestra líquida a analizar se somete a la llama hasta su atomización, dejando así la muestra en un estado de energía mínima no excitado. Se producen átomos neutros en condiciones de poder absorber radiación.

4.2.4.10.2. Fósforo

Método del azul de molibdeno ⁷⁸

Fundamento: Formación de un compuesto coloreado susceptible de ser leído a 400nm tras la reacción de sustitución de los átomos de oxígeno del ion fosfato por oxivanadio y oximolibdeno.

4.2.5. Determinación de compuestos bioactivos

4.2.5.1. Polifenoles totales

Método: Folin Ciocalteu ^{81,39}

Fundamento: Reacción de óxido reducción entre los grupos fenólicos de la muestra con el ácido fosfomolibdotungstico formando un complejo azul cuya lectura es a 765 nm ⁸².

4.2.5.2. Vitamina C:

Método: Volumétrico 2,6 diclorofenolindofenol ⁷⁸

Fundamento: Consiste en la reducción del colorante 2,6 diclorofenolindofenol por el ácido ascórbico a su forma incolora en medio ácido.

4.2.5.3. Flavonoides

Método: Espectrofotométrico, los resultados se expresaron en referencia al estándar de quercetina como mg/100 g muestra fresca, de acuerdo con Hazra *et al* y Zhishen *et al*. ^{83, 84}

Fundamento: Se basa en la formación de complejos estables con el tricloruro de aluminio (flavonoide-aluminio) en medio alcalino, los cuales son susceptibles de ser analizados por espectrofotometría ultravioleta-visible a 510 nm.

4.2.5.4. Betalainas

Método: Espectroscopia Uv-visible, de acuerdo a Mohamed *et al*. y Moßhammer *et al*. ^{45, 85}

Fundamento: Los pigmentos betacianinas (rojo violeta) y betaxantinas (amarillo naranja), presentan sus absorbancias máximas a diferentes longitudes de onda, 540 nm y 480 nm respectivamente⁶³.

4.2.5.5. Antocianinas

Método: pH diferencial ⁸⁶

Fundamento: Se basa en la diferencia de la absorbancia de los pigmentos de antocianinas, las cuales cambian de color y estructura con el cambio de pH, las formas coloreadas a pH 1 y las no coloreadas a pH 4,5.

4.2.6. Determinación de la actividad antioxidante

4.2.6.1. DPPH

Método: Método del radical libre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), se determinó de acuerdo con el método de Brand-Williams^{41,87}.

Fundamento: Cuantificación de la capacidad antioxidante necesaria para poder estabilizar el electrón desapareado del radical DPPH[•], de color violeta intenso, el cual se reduce a 2,2-difenil-1-picril hidrazina, de color amarillo pálido por acción de compuestos antioxidantes presentes en la muestra³⁹.

4.2.6.2. ABTS

Método: ABTS (azinobis 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico), se determinó por de acuerdo con el método de Miller *et al.*^{39,88}

Fundamento: Se basa en la estabilización del radical catión ABTS^{•+} (cromóforo verde azulado) por un antioxidante. Este catión es generado previamente tras una reacción de oxidación que puede ser química (persulfato de potasio) o enzimática (metamioglobina, peróxido de hidrógeno) del ABTS⁷⁵.

4.2.7. Análisis estadístico:

Los resultados de la evaluación química bromatológica, la determinación de compuestos bioactivos se expresan como la media de los tres valores \pm desviación estándar. Y en cuanto a la capacidad antioxidante por DPPH se expresó como la media de los dos valores \pm desviación estándar.

Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa Minitab 20, se realizó la prueba T de 2 muestras (Prueba T-student) y se calculó las diferencias significativas con un 95% de confianza ($p < 0,05$).

5. RESULTADOS

5.1. Evaluación organoléptica

Tabla 1. Evaluación organoléptica de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”.

Característica	Brote verde	Brote rojo
Color	Verde	Rojo
Olor	Marino	Marino
Sabor	Salado	Salado
Aspecto	Fibroso	Fibroso

Realizado por triplicado (n=3)

5.2. Evaluación químico bromatológica

Tabla 2. Composición químico bromatológica de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”, en muestra fresca.

Parámetro	Brote verde	Brote rojo
pH	7,5 ± 0,017 ^a	7,32 ± 0,056 ^b
Acidez titulable*	0,119 ± 0,004 ^a	0,079 ± 0,004 ^b
Sólidos solubles (Brix)	10,5 ± 0,0001 ^a	10,5 ± 0,0001 ^a
ART**	0,239 ± 0,004 ^a	0,226 ± 0,007 ^a
ARD***	0,258 ± 0,012 ^a	0,278 ± 0,012 ^a

Resultados expresados ± desviación estándar (n=3). Letras distintas indican diferencia significativa (p < 0,05) Prueba T- student.

*Expresado en gramos de ácido ascórbico /100g muestra fresca.

** ART: Azúcares reductores totales expresado en glucosa.

*** ARD: Azúcares reductores directos expresado en glucosa.

Tabla 3. Composición químico bromatológica de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.)
A.J.Scott “sosa alacranera”

Parámetro	Brote verde		Brote rojo	
	*MF	BS	MF	BS
g%				
Humedad	86,085 ± 0,099 ^a	-	85,667 ± 0,281 ^a	-
Cenizas	6,609 ± 0,052 ^b	47,497	7,447 ± 0,088 ^a	51,957
Fibra cruda	1,590 ± 0,047 ^b	11,427	2,780 ± 0,310 ^a	19,396
Proteínas	1,211 ± 0,011 ^a	8,705	0,433 ± 0,013 ^b	3,024
Lípidos	0,165 ± 0,022 ^a	1,182	0,198 ± 0,013 ^a	1,83
Carbohidratos	4,340	31,189	3,475	24,240

Resultados expresados ± desviación estándar (n=3). Letras distintas indican diferencia significativa (p < 0.05). Prueba T- student.

*MF: Muestra fresca. BS: Base seca.

5.3. Determinación de minerales

Tabla 4. Principales minerales de dos tipos de brote de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott “sosa alacranera”

Elemento	Muestra fresca mg g ⁻¹		Base seca mg g ⁻¹	
	Brote verde	Brote rojo	Brote verde	Brote rojo
*M.S			11,61	11,90
P	0,14	0,02	1,20	0,20
Ca	0,92	1,04	7,90	8,70
Mg	1,16	1,13	10,00	9,50
K	1,80	2,05	15,50	17,20
Na	4,59	2,60	39,50	21,90

Elemento	Muestra fresca µg g ⁻¹		Base seca µg g ⁻¹	
	Brote verde	Brote rojo	Brote verde	Brote rojo
Fe	5,6889	5,2360	49	44
Cu	1,1610	0,7140	10	6
Zn	3,3669	1,666	29	14

Resultados expresados con valores de una repetición (n=1).

*M. S = Materia seca. Valor otorgado por el laboratorio LASPAF.

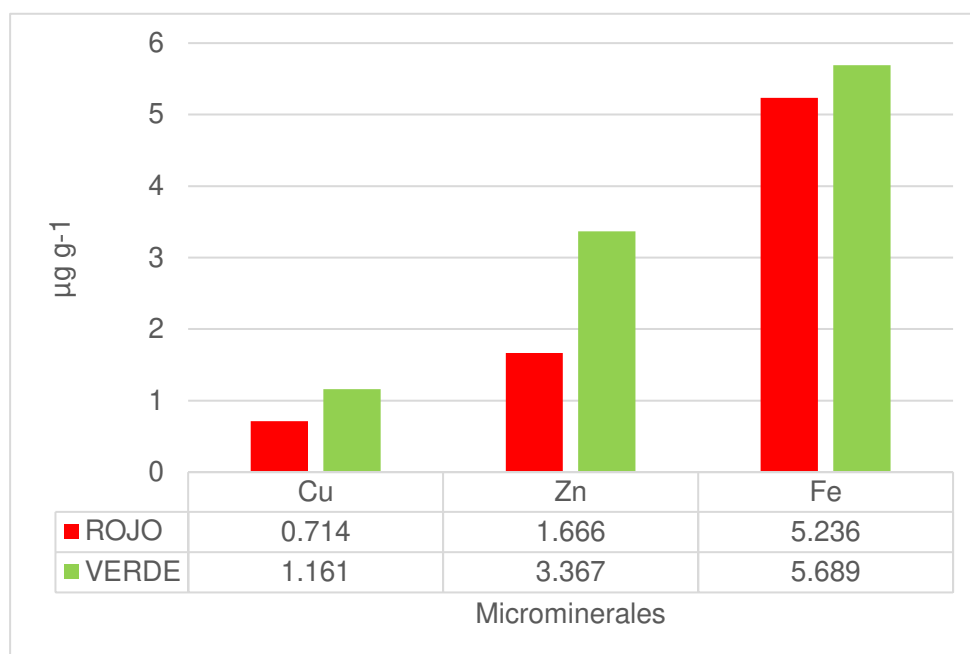


Figura 11. Comparación de la composición de microminerales de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”, expresado en muestra fresca. Resultados expresados con valores de una repetición (n=1).

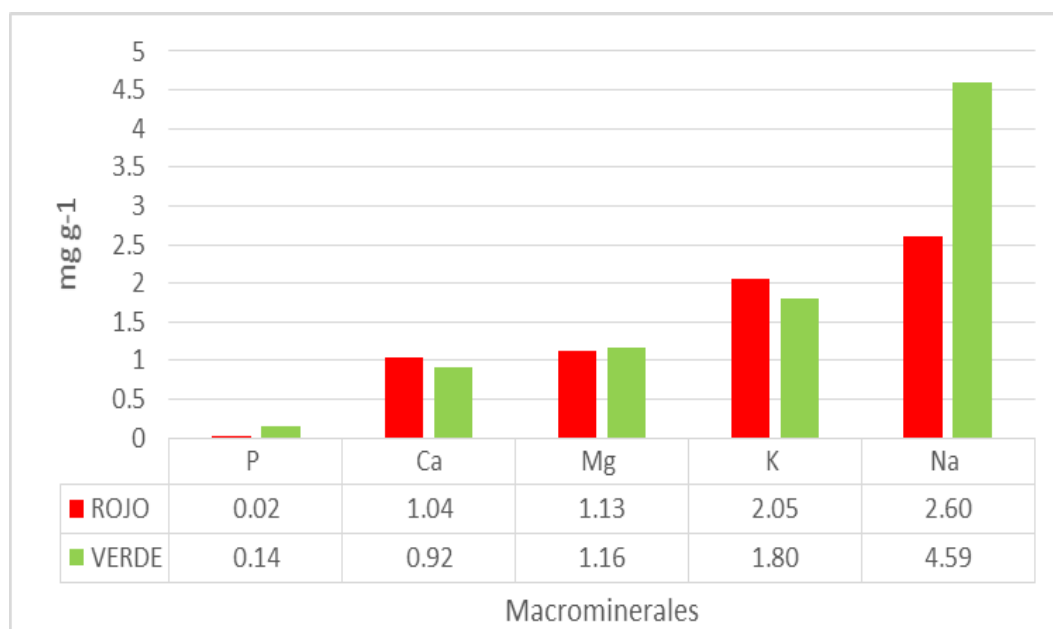


Figura 12. Comparación de la composición de macrominerales de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”, expresados en muestra fresca. Resultados expresados con valores de una repetición (n=1).

5.4. Determinación de compuestos bioactivos

Tabla 5. Compuestos bioactivos de dos tipos de brote de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”, y su concentración en muestra fresca.

Compuestos bioactivos mg%	Brote verde	Brote rojo
Vitamina C	3,38 ± 0,22 ^b	5,24 ± 0,44 ^a
Polifenoles totales*	103,55 ± 2,15 ^b	147,93 ± 0,69 ^a
Flavonoides totales**	687,79 ± 12,11 ^a	598,65 ± 6,60 ^b
Betalaínas	N.D	3,16 ± 0,001
Antocianinas	N.D	N.D

Resultados expresados ± desviación estándar (n=3). Letras distintas indican diferencia significativa (p < 0.05) Prueba T-student.

N.D: No fue detectable

* Expresados como mg Ácido gálico (GAE)/100g muestra fresca

** Expresados como mg Quercetina/100g muestra fresca

5.5. Determinación de la actividad antioxidante:

5.5.1. Método DPPH:

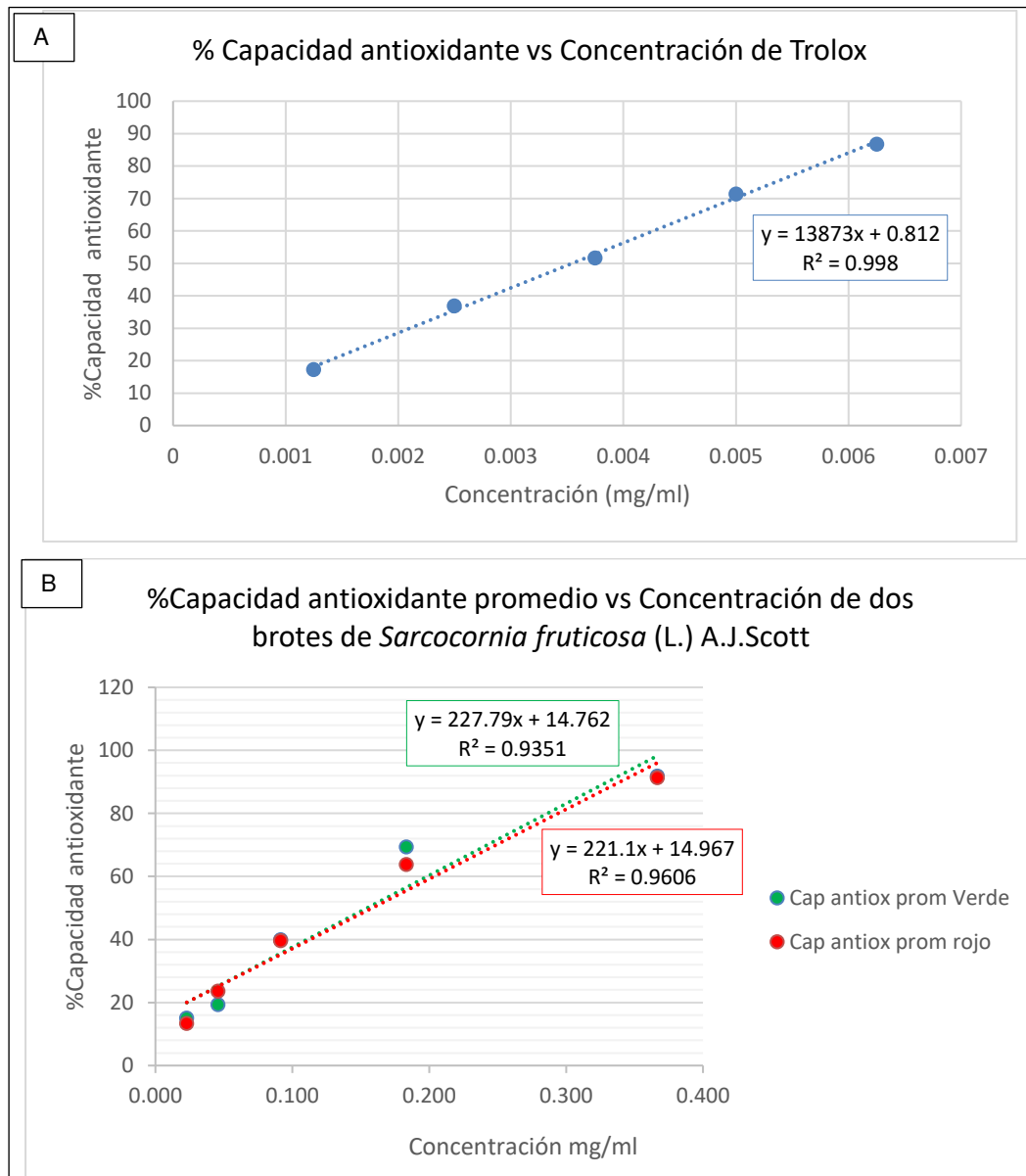


Figura 13. Determinación de la capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”, por el método DPPH+.

Tabla 6. Determinación de la capacidad antioxidante equivalente a Trolox de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”, por el método de DPPH+

Muestra	CI 50 (mg/ml extracto)	Capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC)	
		mg TE/g muestra fresca (MF)	μmol TE/ 100g muestra fresca (MF)
Brote verde	0,153 ± 0,026	1,551 ± 0,267 ^a	619,524 ± 106,656
Brote rojo	0,158 ± 0,005	1,479 ± 0,044 ^a	591,064 ± 17,470
TROLOX	0,00355	-	

Resultados expresados ± desviación estándar (n=2). Letras distintas indican diferencia significativa (p < 0.05) Prueba T-student.

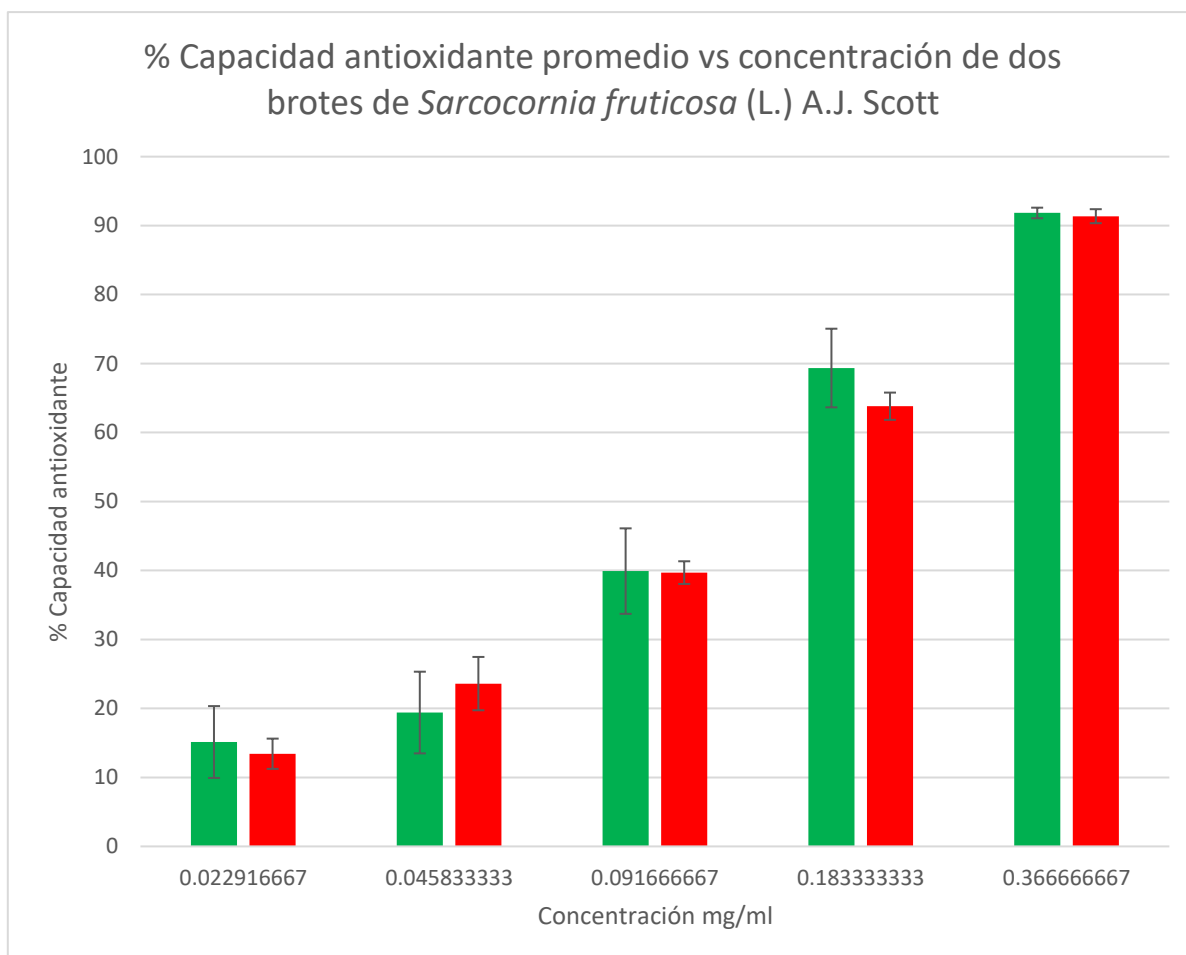


Figura 14. Comparación de la capacidad antioxidante promedio de los extractos metanólicos de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott “sosa alacranera” a diferentes concentraciones, mediante el método de DPPH+.

Resultados expresados ± desviación estándar (n=2)

Gráfica de % Capacidad antioxidante B.VERDE vs. Concentración mg/ml

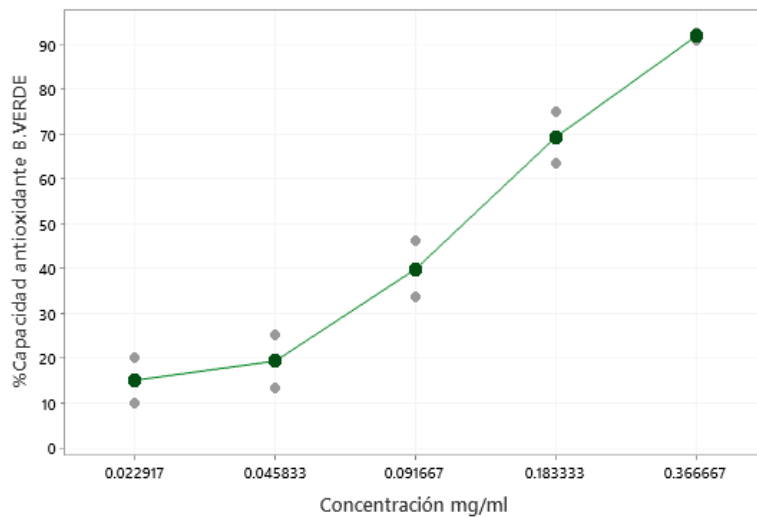


Figura 15. Gráfico de valores individuales de % Capacidad antioxidante vs concentración del Brote verde.

Tabla 7. Medias de las capacidades antioxidantes del B. verde a diferentes concentraciones.

Concentración mg/ml	Media	Desv.Est.
0.022917	15.13	7.37
0.045833	19.41	8.37
0.091667	39.91	8.76
0.183333	69.35	8.06
0.366667	91.831	1.085

Gráfica de % Capacidad antioxidante B.Rojo vs. Concentración mg/ml

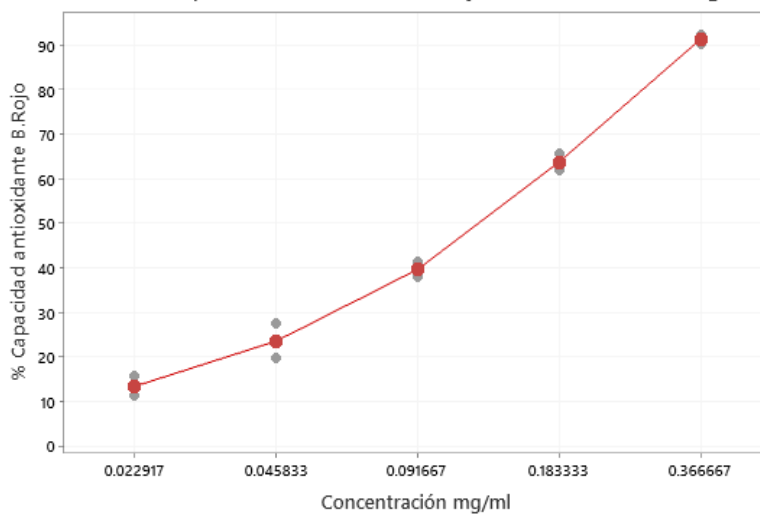


Figura 16. Gráfico de valores individuales de % Capacidad antioxidante vs concentración del Brote rojo.

Tabla 8. Medias de las capacidades antioxidantes del B. rojo a diferentes concentraciones.

Concentración mg/ml	Media	Desv.Est.
0.022917	13.43	3.10
0.045833	23.60	5.47
0.091667	39.69	2.33
0.183333	63.82	2.79
0.366667	91.37	1.43

Las gráficas 15 y 16 muestran la distribución de datos de dos repeticiones (puntos grises) de los ensayos antioxidantes realizados para cada brote (verde y rojo) y la media de los datos para cada concentración (puntos rojos y verdes).

5.5.2. Método ABTS:

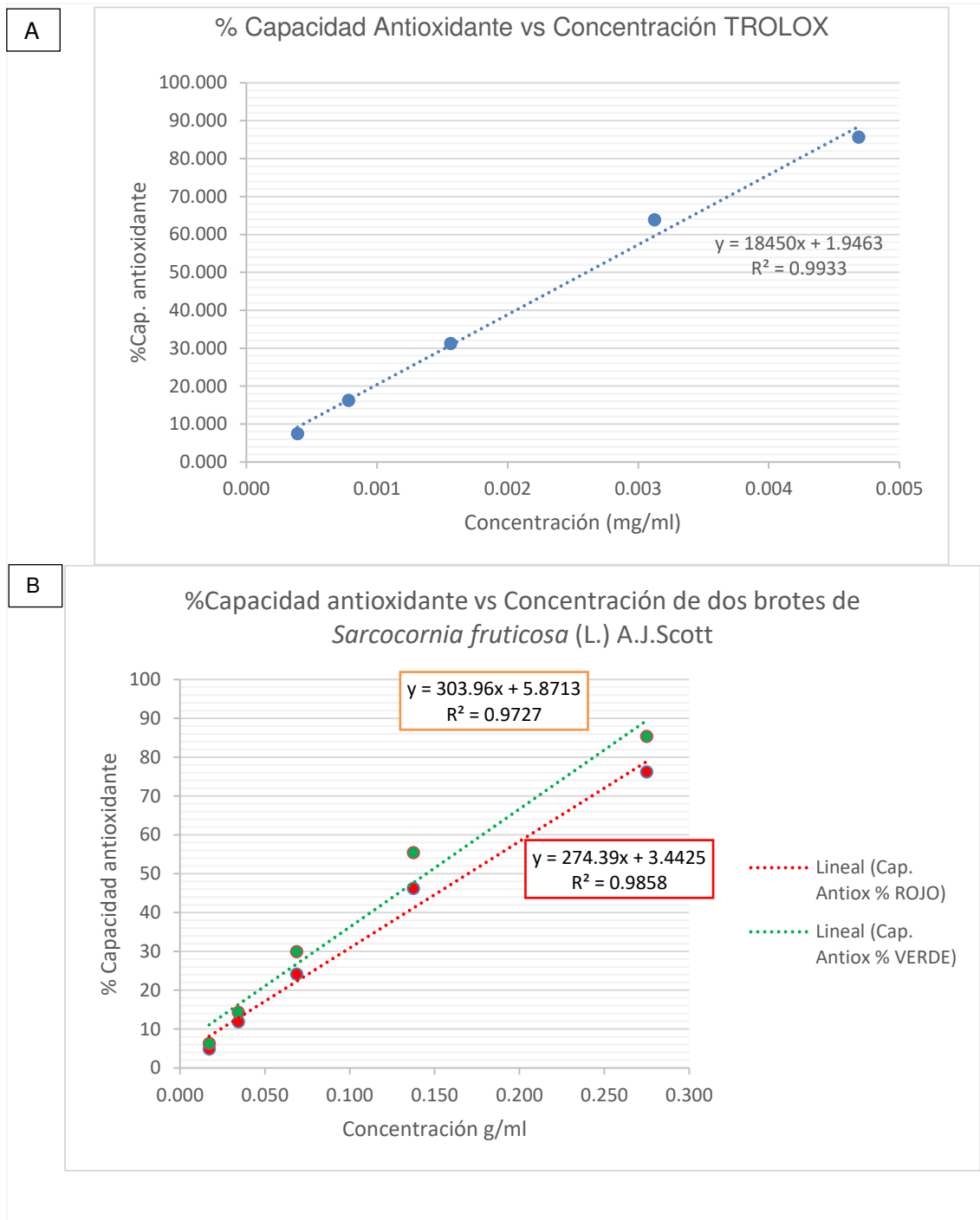


Figura 17. Determinación de la capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) de dos tipos de brote de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”, por el método ABTS⁺.

Tabla 9. Determinación de la capacidad antioxidante equivalente a Trolox de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott “sosa alacranera”, por el método de ABTS+.

Muestra	CI 50 (mg/ml extracto)	Capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC)	
		mg TE/g muestra fresca (MF)	μmol TE/ 100g muestra fresca (MF)
Brote verde	0,1452	1,2075	482,453
Brote rojo	0,1697	1,0332	412,799
TROLOX	0,0027	-	-

Resultados expresados con valores de una repetición (n=1).

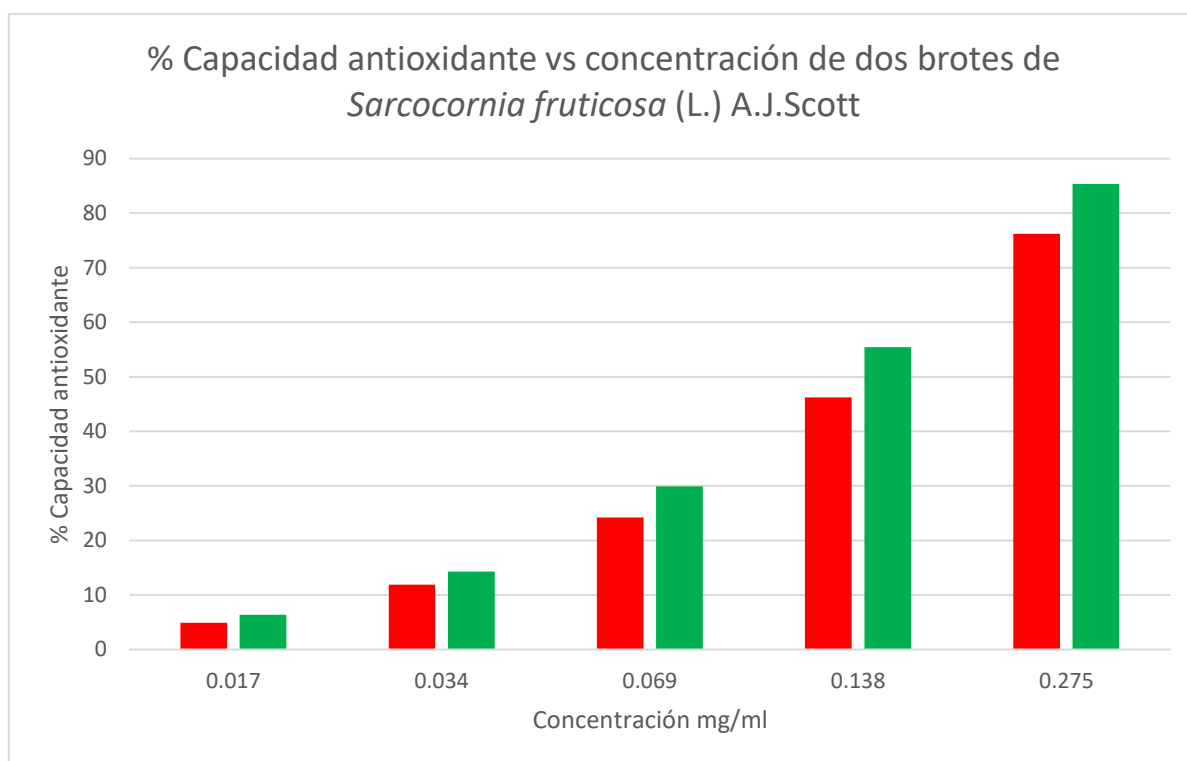


Figura 18. Comparación de la capacidad antioxidante de los extractos metanólicos de dos tipos de brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott “sosa alacranera” a diferentes concentraciones, por el método de ABTS. Resultados expresados con valores de una repetición (n=1).

6. DISCUSIÓN:

En la tabla 3, se observa que el contenido de humedad representa el componente principal en la composición química-bromatológica de ambos tipos de brotes: verde y rojo ($86,085 \pm 0,10$ g% y $85,667 \pm 0,28$ g% respectivamente), no habiéndose encontrado una diferencia significativa entre ellos.

Se encontró valores similares en *Sarcocornia perennis perennis* en Portugal ($85,8 \pm 0,50$). Valores ligeramente mayores se han reportado en diferentes especies de halófitas como *Sarcocornia ambigua* en Brasil (88,15% a 88,57%), *Sarcocornia neei* en Chile ($89,78 \pm 1,30$) así como *Salicornia bigelovii* Torr. en China ($88,42 \pm 1,36$)^{16, 41, 3 y 89}.

Esta diferencia podría explicarse por los diferentes hábitats en donde crecen las plantas, ya que la exposición a la salinidad aumenta la succulencia de las plantas, de modo que los iones se acumulan en las vacuolas, y el sodio en la célula puede actuar como un ajustador osmótico eficaz para mantener la turgencia celular, promoviendo el crecimiento de la planta. Además, el agua en los humedales se evapora, lo que aumenta la concentración de sal que permanece en el medio durante la estación no lluviosa y, en consecuencia, aumenta la succulencia del tejido vegetal^{3, 20, 90}.

Por otro lado, el contenido de agua es comparable con otras verduras de hoja verde como la albaca sin tallo (86,7), el culantro sin tallo (85,6) y el orégano fresco (85,1)⁹¹.

Con respecto al contenido de proteínas totales (Tabla 3) se encontró una diferencia significativa bien marcada entre los dos tipos de brotes. Siendo el brote verde el que tiene mayor cantidad de proteínas (brote verde: 8,705 g%, brote rojo: 3,024 g% expresado en base seca). Esta diferencia es similar a lo reportado por Parida *et al.*¹⁰ en que el contenido total de proteínas de los brotes verdes (3,8 g% muestra seca) fue mayor a los brotes rojos (2,62 g% muestra seca), sin embargo, estos valores son menores a lo obtenido en el presente estudio.

Según Parida *et al.*¹⁰ la diferencia en el contenido de proteínas totales entre ambos tipos de brotes se debería al estado de desarrollo en que se encuentre la planta. En el brote rojo al ser un estado de senescencia habría una disminución del contenido de proteínas que podría atribuirse al aumento de la proteólisis.

Cabe mencionar que son pocos los estudios donde comparan la caracterización químico bromatológica de los diferentes tipos de color de brote, la mayoría realiza la caracterización del brote verde que es el más común y el que se consume como alimento o no se especifica qué color son los brotes que se han empleado.

Los valores de proteínas obtenidos en muestra fresca (brote verde: 1,211 g%, brote rojo: 0,433 g% de muestra fresca) son mayores que el promedio de dos ecotipos de *Sarcocornia fruticosa* cultivadas con soluciones salinas nutritivas en Israel (0,255 – 0,359 g% en MF)¹³ y menores que el obtenido de *Sarcocornia ambigua* en Brasil (1,93 a 2,06 g% en MF)⁴¹.

Así también se reportaron valores similares al brote de color verde en *Sarcocornia neei* en Chile ($1,38 \pm 0,18$ g% en MF)³ y en *Salicornia bigelovii* Torr en China ($1,54 \pm 0,10$ g% en MF)⁸⁹.

Existen estudios aminoacídicos de la planta, por ejemplo en *Salicornia bigelovii* Torr en China, la cual tiene una cantidad de proteínas similar al brote de color verde, reportó un contenido total de aminoácidos de 10,86 g/kg correspondiente a una diversidad considerable de aminoácidos, en donde los aminoácidos que predominaron fueron el ácido glutámico y la asparragina, además se encontró cantidades notables de aminoácidos esenciales, por lo que sugirieron que *S. bigelovii* sería adecuada como una fuente de alimento básico⁸⁹.

Otro estudio, realizado en la India en donde trabajaron con *Salicornia brachiata* cultivada bajo condiciones de laboratorio (estrés y calor) se detectaron 17 aminoácidos entre ellos: no esenciales, esenciales, ricos en azufre y aminoácidos aromáticos. Se detectó que la cantidad de aminoácidos

esenciales valina, aminoácidos azufrados cisteína y metionina y tirosina aumentó significativamente bajo estrés por sal y calor ³⁹.

Al respecto Riquelme *et al.*³ menciona que las proteínas juegan un papel inminente en la respuesta al estrés de las plantas porque están directamente involucradas en la adquisición de una mayor tolerancia al estrés y que la biosíntesis de proteínas puede promoverse como resultado de respuesta al estrés ^{3,92}.

El contenido de lípidos obtenido fue el más bajo de la composición químico-bromatológica (Tabla 3) asimismo no se encontró diferencia significativa en el contenido de lípidos de ambos tipos de brotes. Estos resultados en muestra fresca son comparables con *Sarcocornia ambigua* en Brasil (0,16% – 0,12% MF) ⁴¹ y *Sarcocornia neei* en Chile (0,11% – 0,14% MF)³. Por otro lado, mostraron ser más bajos que los obtenidos con *Salicornia bigelovii* Torr (0,37%) ⁸⁹ y *Salicornia herbácea* (0,20 a 0,30%) ⁹³ ambos realizados en China.

De acuerdo con Ventura *et al.* ⁹⁴ el aumento de la concentración de agua de mar no tiene ningún efecto sobre el contenido de lípidos, en comparación con las proteínas en donde su contenido se afecta relativamente con el estrés salino.

La investigación realizada muestra que *Sarcocornia fruticosa* (L.) A. J. Scott tiene poco contenido de grasas por lo cual sería adecuada para el consumo humano como verdura de hoja verde.

Además, cabe mencionar que hay estudios (de otras especies del mismo género) donde han realizado el perfil lipídico de la planta, como en *Salicornia brachiata* donde se encontró: 55% de ácidos grasos poliinsaturados, 38% saturados y 7% de ácidos grasos monoinsaturados ³⁹. Así también el perfil de ácidos grasos de *Sarcocornia ambigua* mostró un predominio de ácidos grasos poliinsaturados que oscila entre 60,61 y 61,32%, que comprende principalmente ácido linolénico (44,04 a 44,70%) seguido de ácido linoléico (16,57 a 16,52%) ⁴¹. Lo que sugeriría que *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott

podría contener ácidos grasos poliinsaturados, los cuales tienen muchos beneficios para la salud.

En cuanto a la cantidad de azúcares reductores directos y totales (Tabla 2), vemos que hay una cantidad mínima en comparación con los otros componentes en la composición química bromatológica (Tabla 3) y es ligeramente mayor al contenido de grasas.

De acuerdo con Ventura *et al.*⁹⁴ los azúcares como la fructosa, la glucosa y la sacarosa, se acumulan en las hojas de las halófitas en respuesta al estrés salino ya que la síntesis de estos metabolitos osmóticamente activos se ve potenciada para mantener el equilibrio iónico en las vacuolas.

Por otro lado, Parida *et al.*¹⁰ manifiesta que el contenido total de azúcar soluble y azúcar reductor de *Salicornia brachiata* aumenta significativamente durante el desarrollo de la planta, con el progreso de la senescencia. Es decir, los brotes rojos (senescentes) contenían mayor cantidad de azúcares que los brotes verdes (maduros)¹⁰. Sin embargo, en los resultados obtenidos no encontramos diferencia significativa entre los 2 tipos de brotes. Esto podría deberse a los diferentes métodos de extracción y cuantificación empleados.

El contenido de fibra cruda encontrado para los tipos de brotes de color verde y rojo fue de 1,59 g% y 2,78 g% respectivamente, valores que duplican los valores de 1,02 g% y 0,83 g% reportados por Riquelme *et al.*³ para *Sarcocornia neei* y Lu *et al.*⁸⁹ para *Salicornia bigelovii* respectivamente en muestra fresca. Así mismo, se ha encontrado diferencia significativa para ambos tipos de brotes, con una mayor cantidad de fibra en el brote de color rojo. Se ha considerado 7 g de fibra proveniente de cereales o de origen vegetal para reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular y coronaria, la ingesta de 100 g de muestra fresca de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott, cubriría aproximadamente el 40% del requerimiento recomendado¹⁶.

El contenido de cenizas fue de 6,61 g% (brote verde) y 7,45 g% (brote rojo) sobre la base de materia fresca. Estos valores son ligeramente más altos que los reportados por Min *et al.*⁹³ y Lu *et al.*⁸⁹ para *Salicornia*

herbacea y *Salicornia bigelovii* con 4,36 g% y 6,20 g% respectivamente, sin embargo, son más del doble del valor reportado por Riquelme *et al.*³, para *Sarcocornia neei* silvestre (3,66 g%). Estas amplias oscilaciones en el contenido de cenizas pueden relacionarse con el contenido de minerales, que varía ampliamente entre las especies del género *Salicornia* y *Sarcocornia*^{41, 93}.

En cuanto a los principales minerales (Tabla 4) que registraron las concentraciones más altas tanto para los brotes de color verde y rojo son: sodio V: 4,59 mg g⁻¹, R: 2,60 mg g⁻¹; seguido de potasio V: 1,80, R: 2,05 mg g⁻¹; magnesio V: 1,16, R: 1,13 mg g⁻¹, calcio V: 0,92, R: 1,04 mg g⁻¹ y hierro con V: 5,688 µg g⁻¹, R: 5,236 µg g⁻¹ respectivamente. Estos valores son similares a lo reportado por Riquelme *et al.*³, Bertin *et al.*⁴¹, Lu *et al.*⁸⁹ y Min *et al.*⁹³, quienes encontraron que los minerales con las concentraciones más altas en *Sarcocornia neei*, *Sarcocornia ambigua*, *Salicornia bigelovii* y *Salicornia herbácea* eran el sodio, potasio, calcio, magnesio y hierro.

Parida *et al.*¹⁰, con el objetivo de descifrar los mecanismos implicados en la senescencia de *S. brachiata* de la India, estudiaron diversos indicadores bioquímicos en brotes en diferentes etapas de desarrollo, encontrando variación en el contenido de los macrominerales Na⁺ y Ca⁺⁺ y microminerales Fe⁺⁺, Zn⁺⁺ y Cu⁺⁺ en tres estadios de desarrollo de la planta: verde (maduro), amarillo verdoso (senescencia temprana) y rojo (senescencia). Sin embargo, no encontró cambios significativos en el contenido de K⁺ y Mg⁺⁺ y P durante el desarrollo de la planta.

Dentro de toda la composición mineral el sodio es el mineral que se encuentra en mayor cantidad con relación a los demás minerales en ambos tipos de brotes. El contenido de Na varió de 2,60 mg g⁻¹ (brote rojo) a 4,58 mg g⁻¹ (brote verde), estos valores se encuentran muy por debajo de los valores reportados por Lu *et al.*⁸⁹, Min *et al.*⁹³ y Bertin *et al.*⁴¹, quienes reportaron valores de sodio expresados en muestra fresca de 9,98 mg g⁻¹, 10,03 mg g⁻¹ y 10,19 mg g⁻¹ para *Salicornia bigelovii*, *Salicornia herbácea* L. y *Sarcocornia ambigua* respectivamente. Los valores de sodio encontrados para ambos tipos de

Sarcocornia fruticosa (L.) A.J. Scott son particularmente importantes considerando que cantidades más bajas de sodio (menos de 1g% en muestra fresca) podría permitir utilizar a esta planta directamente como fuente de alimento básico⁸⁹; ya que según Barreira *et al.*¹⁶ a pesar de que el sodio es un nutriente esencial, cantidades excesivas de sodio podrían significar un riesgo en pacientes hipertensos, además la OMS recomienda no superar los 2000 mg de sodio de ingesta diaria, así, el consumo 100g de muestra fresca de esta planta no excedería la dosis diaria máxima permitida.

Los valores encontrados en MF de calcio ($0,917 \text{ mg g}^{-1}$) y magnesio ($1,16 \text{ mg g}^{-1}$) en el brote de color verde, son cercanos con los valores reportados por Bertin *et al.*⁴¹ para *Sarcocornia ambigua* silvestre de Brasil, quienes reportaron $0,62 \pm 0,02 \text{ mg g}^{-1}$ y $1,18 \pm 0,01 \text{ mg g}^{-1}$ para calcio y magnesio respectivamente en brotes tiernos de la planta. Pero son más bajos que lo reportado por Min *et al.*⁹³ para *Salicornia herbácea* L. de Korea: calcio ($2,375 \text{ mg g}^{-1}$) y más alto para magnesio ($0,465 \text{ mg g}^{-1}$).

Por otro lado, el valor del potasio ($1,79 \text{ mg g}^{-1}$) para el brote de color verde, es similar con el valor encontrado por Lu *et al.*⁸⁹ para *Salicornia bigelovii* ($1,76 \text{ mg g}^{-1}$) en muestra fresca sin embargo es mucho más bajo que lo reportado por Bertin *et al.*⁴¹ ($2,90 \text{ mg g}^{-1}$) en *Sarcocornia ambigua* silvestre de Brasil.

Se observó que el valor obtenido de hierro en el brote de color rojo disminuye en comparación con el valor obtenido para el brote de color verde (Tabla 4) a medida que los brotes se vuelven senescentes tal como lo ha reportado Parida *et al.*¹⁰ Ambos valores encontrados son la mitad del valor obtenido por Lu *et al.*⁸⁹ quien reportó $0,01 \text{ mg g}^{-1}$ ($10,0 \mu\text{g g}^{-1}$) en muestra fresca para *Salicornia bigelovii*, así mismo, los valores de Zinc y Cobre (Tabla 4) son cercanos con los reportados por este mismo autor, Zinc $4,05 \mu\text{g g}^{-1}$ y Cobre $0,91 \mu\text{g g}^{-1}$ ⁸⁹.

Desde el aspecto nutricional, *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott puede considerarse como una buena fuente de minerales, especialmente de sodio, magnesio, calcio y hierro.

El contenido de vitamina C o ácido ascórbico, hallado en las muestras frescas fue de 3,38 mg% (brote verde) y 5,24 mg% (brote rojo) encontrándose diferencia significativa para ambos valores. El valor de vitamina C en los brotes rojos es muy similar al valor reportado por Lu *et al.*⁸⁹ (5,84 mg%) en muestra fresca para *Salicornia bigelovii*.

En cuanto al contenido de flavonoides totales, los resultados indican 687,79 mg equivalentes a quercetina/100g muestra fresca para el brote de color verde y 598,65 mg equivalentes a quercetina/100g muestra fresca para el brote de color rojo de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A. J. Scott. (Tabla 5). Daffodil *et al.*⁹⁵ reportaron un valor de 740,00 mg EQ / 100 g en el extracto metanólico de *Salicornia Brachiata* Roxb. en India, la diferencia entre los resultados podría deberse a que Daffodil *et al.*⁹⁵ halló el contenido total de flavonoides en muestra seca.

No se detectaron antocianinas con el método de análisis empleado (Tabla 5), ello corrobora lo mencionado por varios autores quienes indican que no se pueden encontrar betalaínas y antocianinas juntas en una misma planta^{63, 67}.

En cuanto a las betalaínas en el presente trabajo solo se determinaron betacianinas en los brotes de color rojo. Según Párida *et al.*¹⁰, el incremento de los valores de betacianinas en los brotes de *S. brachiata* de la India, aumentaron con el progreso de la senescencia de la planta.

El contenido de betacianinas hallado en el pigmento del brote de color rojo de *Sarcoconia fruticosa* (L.) A. J. Scott, fue de $3,16 \pm 0,001$ mg%. Este valor es muy inferior del valor reportado por Mohamed *et al.*⁴⁵ en *Salicornia fruticosa* ($129,9 \pm 0,3$), esta amplia diferencia entre ambos resultados podría deberse a que el autor obtuvo las cantidades máximas del pigmento a diferentes condiciones de extracción: 40°C de temperatura y tiempo de extracción de 25 min. Mientras que en este estudio la mayor cantidad de pigmento se obtuvo a una temperatura de 25°C, con un tiempo de extracción de 15 min. Ello, sumado al tipo de especie, las condiciones climáticas de la zona geográfica de crecimiento o al periodo o estación del año en que fue recolectada la muestra.

Las betalaínas son afectadas por múltiples factores como la luz, oxígeno, temperatura, pH, actividad enzimática y metales, sin embargo, el factor más determinante en la descomposición de las betalaínas es la temperatura. Se ha determinado, tras una serie de pruebas a diferentes temperaturas (2-8 °C, 25°C y 40 °C), que la temperatura óptima de extracción es a la de 25°C, además, la agregación de ácido cítrico en el medio de extracción resulta importante para mantenerla dentro de un pH ácido, pH en la cual las betalaínas son estables y mantienen su color ^{64, 45}.

El contenido de polifenoles totales hallado (V: 103,55 mg%, R: 147,93 mg% en MF, Tabla 5) fue moderado y difirió significativamente entre los dos tipos de brotes, siendo mayor lo encontrado en el brote de color rojo esta misma diferencia, pero en cantidades mayores fue reportado por Costa et al. ¹⁸ donde los segmentos reproductivos del biotipo rojo de *Sarcocornia ambigua* tenían mayor contenido de compuestos fenólicos (1586 mg% en MF) en comparación con los del biotipo verde y rosa. En dicho estudio, además se compararon los segmentos frescos vegetativos con los reproductivos (con semillas) de cada biotipo (verde, rojo y rosa), en donde se encontró que los brotes reproductivos del biotipo rojo eran los más ricos en compuestos fenólicos ¹², en cambio en el presente estudio no se diferenció entre vegetativo y reproductivo, solo se trabajó con la parte aérea, con los brotes más tiernos de cada tipo de color.

Otro estudio ¹⁰ donde comparan el contenido de compuestos fenólicos entre el brote verde (estado maduro) y el brote rojo (estado de senescencia) no muestra diferencias significativas entre sus valores. Por lo que el autor sugiere que los polifenoles no tienen un papel regulador universal en el desencadenamiento de la senescencia.

Por otro lado los valores hallados para *Salicornia fruticosa* (L.) A.J.Scott “Sosa alacranera” son cercanos o mayores a algunos vegetales considerados como ricos en compuestos fenólicos (> 50 mg GAE /100g en MF) ⁹⁶ consumidos comúnmente en Sudamérica como: espárrago verde (94 mg GAE/ 100g MF), brócoli (111 mg GAE/ 100g MF), acelga (121 mg GAE/ 100g MF) ⁹⁷, así como

a las verduras de hoja consumidas en Singapur: espárrago (68 mg GAE/ 100g MF), espinaca china (52 mg GAE/ 100g MF), lechuga china (107 mg GAE/ 100g MF), repollo del sur de China (139 mg GAE/ 100g MF), entre otros ⁹⁶.

Así mismo los valores obtenidos fueron superior al contenido fenólico promedio de los segmentos vegetativos de las plantas de *Sarcocornia ambigua* del cultivo hidropónico en Brasil (41,34 mg GAE/ 100g MF) ⁹⁸ y el contenido fenólico del brote de color rojo fue cercano al de *Sarcocornia fruticosa* cultivada con soluciones salinas nutritivas, en Israel (149 - 205 mg GAE/ 100g MF) ⁹⁴.

Los resultados indican que el contenido de polifenoles y flavonoides pueden variar entre diferentes especies del mismo género, entre diferentes ecotipos y estadios. La bibliografía sugiere que las diferentes condiciones de estrés ambiental (temperatura, salinidad, disponibilidad de agua, intensidad de luz, deficiencia de nutrientes, estrés iónico), bajo las cuales crecen las especies halófitas, aumentan la síntesis de moléculas pequeñas, no enzimáticas con propiedades antioxidantes, como el ascorbato, glutatión, carotenoides y compuestos polifenólicos, para disminuir la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) ^{13, 41 y 99}. De la misma manera Reginato *et al.* ¹⁰⁰ sostiene que la síntesis de polifenoles en plantas se estimula bajo estrés salino.

Respecto a la actividad antioxidante, se determinó mediante el método de DPPH y ABTS, y se expresó como capacidad antioxidante en equivalentes trolox (TEAC), lo que representa la concentración de Trolox que tiene la misma capacidad captadora de radicales libres que la muestra.

Mediante el método de DPPH, se encontró que no hay diferencia significativa entre la capacidad antioxidante de ambos brotes de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott "Sosa alacranera" (R: $1,479 \pm 0,044$, V: $1,551 \pm 0,267$ mg TE/g MF) (Tabla 6), esta similitud entre las capacidades antioxidante se puede apreciar también en la figura 13, donde vemos que las líneas de regresión lineal: rojo y verde, prácticamente se sobreponen, de la misma manera podemos observar en la figura 14 que no hay un claro predominio de un color sobre otro, sino que en cada concentración los valores son similares.

En cuanto a la desviación estándar podemos notar que en la mayor concentración la desviación estándar es mínima en cada caso (Fig. 14), esto lo podemos ver con más detenimiento en las figuras 15 y 16, donde se aprecia una menor dispersión de los puntos en el brote rojo que en el brote verde, sin embargo, en ambos casos los datos no se encuentran muy dispersados entre ellos lo cual se contrasta con el valor de la desviación estándar (Tabla 7 y 8).

Según diversos autores la actividad antioxidante en las halófitas está directamente relacionado con el contenido de fenoles ^{12, 41, 98 y 101}, no obstante la capacidad antioxidante del brote de color rojo, que contenía mayor cantidad de fenoles, no presentó diferencia significativa con respecto al del brote de color verde. Esto podría deberse a que la actividad antioxidante del brote verde estaría influenciada también por otros metabolitos como el ácido ascórbico, carotenos, aminoácidos, mayor contenido de minerales como zinc, cobre, hierro que forman parte de metaloenzimas antioxidantes como “Superóxido dismutasa dependiente de cobre y zinc (Cu/ZnSOD) y la Superóxido dismutasa dependiente de hierro y manganeso (Fe/MnSOD)” ^{76, 102}, entre otros.

La actividad antioxidante expresada en $\mu\text{mol TE}/100\text{g MF}$ (V: 619,524, R: 591,064 Tabla 6) fue mayor a lo reportado por Pinheiro *et al.* ⁹⁸ en *Sarcocornia ambigua* ($38,30 \pm 1,28 \mu\text{mol TE}/100\text{g MF}$), y a lo reportado por Bertín *et al.* ⁴¹ para la misma especie ($135,83 \mu\text{mol TE}/100\text{g MF}$).

Sin embargo, lo hallado fue mucho menor que lo obtenido por Costa *et al.* ¹², y los segmentos reproductivos del biotipo rojo de *Sarcocornia ambigua* tenían mayor capacidad antioxidante ($4900 \mu\text{mol TE}/100\text{g MF}$) que los segmentos reproductivos del biotipo verde ($3600 \mu\text{mol TE}/100\text{g MF}$), asimismo los segmentos vegetativos del biotipo rojo ($3900 \mu\text{mol TE}/100\text{g MF}$) fueron mayores al segmento vegetativo del biotipo verde ($3400 \mu\text{mol TE}/100\text{g MF}$). Cabe mencionar que, a diferencia del presente estudio, Costa *et al.* ¹² trabajó con plantas cultivadas regadas con efluente salino y se controlaron ciertos parámetros como conductividad eléctrica del agua, pH, oxígeno disuelto,

temperatura, entre otros; además que la muestra se clasificó en segmentos reproductivos (con semillas) y vegetativos para un mejor análisis.

Por otro lado, Parida *et al.*¹⁰ obtuvo que las actividades antioxidantes generales y de captación de ROS de los extractos metanólicos de *Salicornia brachiata* fueron altas en los brotes de color amarillo verdoso (senescencia temprana), moderadas en los brotes rojos (senescencia tardía) y bajas en los brotes verdes (maduro).

Estas diferencias podrían ser debidas al tipo de ambiente en el que crecen estas especies ya que como se mencionó anteriormente las condiciones de estrés ambiental juega un papel importante en el desarrollo de compuestos antioxidantes en las halófitas.

Asimismo, Bertín *et al.*⁴¹ manifiesta que el estrés salino reduce el intercambio de gases, lo que limita a su vez el suministro de CO₂ a la hoja, y causa una sobrerreducción de la cadena de transporte de electrones fotosintéticos que conduce a la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS). En respuesta a este tipo de daño oxidativo, se induce la síntesis de antioxidantes en las halófitas.

La medida en que se regula esta producción de antioxidantes (en respuesta al estrés salino) es muy variable entre las especies de plantas, algunos casos incluso entre dos cultivares de una misma especie^{102, 41}. Por lo que, según Ashraf¹⁰², el papel efectivo de un antioxidante en la desintoxicación de ROS depende del tipo de especie en la que ocurre, la intensidad del estrés y la etapa de crecimiento en la que una planta está expuesta al estrés.

Adicionalmente al método de DPPH se realizó un ensayo de ABTS en donde se expresaron los resultados como TEAC: R: 1,0332 mg TE/g MF, V: 1,2075 mg TE/g MF (Tabla 9).

En las figuras 17 y 18, observamos que la capacidad antioxidante del brote verde sería ligeramente mayor que la capacidad antioxidante del rojo.

Por otro lado, es preciso mencionar que ambos resultados (DPPH y ABTS) en valores de TEAC serían comparables e incluso mayores con lo reportado en algunas verduras de hoja verde de la familia Brassicaceae, hortalizas de gran importancia económica y que constituyen parte importante de las dietas en todo el mundo como: el repollo (164 $\mu\text{mol TE}/100\text{g MF}$), rábano blanco chino (111 $\mu\text{mol TE}/100\text{g MF}$), coliflor (271 $\mu\text{mol TE}/100\text{g MF}$), rábano rojo-cereza (270 $\mu\text{mol TE}/100\text{g MF}$), brócoli (385 $\mu\text{mol TE}/100\text{g MF}$), col verde china (683 $\mu\text{mol TE}/100\text{g MF}$), por otro lado es menor que: el berro (776 $\mu\text{mol TE}/100\text{g MF}$) y las coles de Bruselas (954 $\mu\text{mol TE}/100\text{g MF}$) ¹⁰¹.

7. CONCLUSIONES:

1. En la composición químico-bromatológica se encontró que los valores de azúcares reductores directos, azúcares reductores totales, humedad, lípidos no presentaron diferencia significativa entre los dos tipos de brotes analizados. Por otro lado, en los valores de pH, acidez titulable, cenizas, fibra y proteínas si se encontró diferencia significativa. El brote verde presentó mayor contenido de acidez titulable, proteínas, microminerales como hierro, cobre y zinc y macrominerales como el sodio. El brote rojo presentó mayor contenido de cenizas y fibra cruda, el macromineral predominante para este brote sería el potasio.
2. En la determinación de compuestos bioactivos, se encontró diferencia significativa en el contenido de polifenoles totales, flavonoides y vitamina C. El brote rojo resultó tener mayor contenido de vitamina C y polifenoles totales, asimismo se determinó la presencia de betalaínas en este brote, mientras que el brote verde destacó por su mayor contenido de flavonoides totales. Además, se determinó la ausencia de antocianinas en ambos tipos de brotes.
3. En la determinación de la actividad antioxidante por el método de DPPH no se encontró diferencia significativa entre las medias de ambos tipos de brotes. Por el método de ABTS, el brote verde podría tener mayor capacidad antioxidante equivalente a Trolox con relación al brote rojo.

8. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios de investigación sobre muestra atomizada del tipo de brote de color verde para determinar si existe o no variación en la composición química entre muestra fresca y muestra seca (atomizada), y de esta manera poder ofrecer otra opción más a la población en general y a la población local en particular.
2. Se propone investigar más sobre el perfil de ácidos grasos saturados y polinsaturados de las semillas de esta planta para determinar la proporción entre ambos tipos de ácidos grasos en esta especie para aprovechar el alto contenido de aceites que poseen sus semillas.
3. Se sugiere también realizar un estudio similar con la misma especie proveniente de diferentes regiones o hábitats con condiciones ambientales distintas y comparar el resultado entre ellas. Y así poder analizar qué ecotipo tiene mayores propiedades nutricionales y funcionales.
4. Difundir el consumo de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott “sosa alacranera” mediante la promoción de: su contenido nutricional (contenido de proteínas, fibras, minerales) compuestos bioactivos (polifenoles, flavonoides, betalaínas) y propiedades antioxidantes.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Patel S. Salicornia: evaluating the halophytic extremophile as a food and a pharmaceutical candidate. 3 Biotech. 2016; 6 (1):104.
2. Hawas UW, Abou El-Kassem LT, Shafer F, Al-Farawati R. *In vitro* inhibition of Hepatitis C virus protease and antioxidant by flavonoid glycosides from the Saudi coastal plant *Sarcocornia fruticosa*, Nat Prod Res. 2019; 33 (23):3364-3371.
3. Riquelme J, Olaeta JA, Gálvez L, Undurraga P, Fuentealba C, Osses A, *et al.* Nutritional and functional characterization of wild and cultivated *Sarcocornia neei* grown in Chile. Cien. Inv. Agr. 2016; 43(2):283-293.
4. Singh D, Buhmann AK, Flowers TJ, Seal CE, Papenbrock J. Salicornia as a crop plant in temperate regions: selection of genetically characterized ecotypes and optimization of their cultivation conditions. AoB PLANTS [Internet]. 2014 [Consultado 2019 Ene 24]; 6:1-20. Disponible en: <https://academic.oup.com/aobpla/article/doi/10.1093/aobpla/plu071/160157>
5. Koyro HW, Khan M, Lieth M. Halophytic crops: A resource for the future to reduce the water crisis? Emir. J. Food Agric. 2011; 23(1):1-16.
6. Rueda-Puente EO, Murillo-Amador B, Ortega J, Rangel P, Nieto A, Holguín R, *et al.* Desarrollo natural de la halófito *Salicornia bigelovii* (TOR.) en zona costera del estado de sonora. Trop Subtrop Agroecosystems. 2017; 20(1):1-9.
7. Davy AJ, Bishop GF, Costa CSB. *Salicornia* L. (*Salicornia pusilla* J. Woods, *S. ramosissima* J. Woods, *S. europaea* L., *S. obscura* P. W. Ball & Tutin, *S. nitens* P. W. Ball & Tutin, *S. fragilis* P. W. Ball & Tutin and *S. dolichostachya* Moss). J Ecol. 2001; 89(4): 681–707.
8. Guilló A. Relaciones filogenéticas del género *Sarcocornia* A.J. Scott (*Amaranthaceae*): Implicaciones taxonómicas, evolutivas, y biogeográficas. [Tesis Doctoral]. Alicante: Universidad de Alicante; 2013.
9. D'oca GM, Morón-Villarreyes J, Lemões J, Costa CSB. Fatty acids composition in seeds of the South American glasswort *Sarcocornia ambigua*. An. Acad. Bras. Cienc. 2012; 84(3): 865-870.
10. Parida AK, Kumari A, Panda A, Rangani J, Agarwal PK. Photosynthetic pigments, betalains, proteins, sugars and minerals during *Salicornia brachiata* senescence. Biol. Plant. 2018; 62 (2): 343-352.

11. Kim HW, Hwang KE, Song DH, Kim YJ, Ham YK, Yeo IJ, *et al.* Effects of Red and Green Glassworts (*Salicornia herbacea* L.) on Physicochemical and Textural Properties of Reduced-salt Cooked Sausages. *Korean J. Food Sci. An.* 2014; 34(3): 378-386.
12. Costa CSB, Chaves FC, Rombaldi CV, Souza CR. Bioactive compounds and antioxidant activity of three biotypes of the sea asparagus *Sarcocornia ambigua* (Michx.) M.A.Alonso & M.B.Crespo: a halophytic crop for cultivation with shrimp farm effluent. *S. Afr. J. Bot.* 2018; 117(1): 95-100.
13. Ventura Y, Sagi M. Halophyte crop cultivation: The case for *Salicornia* and *Sarcocornia*. *Environ. Exp. Bot.* 2013; 92:144-153.
14. Smillie C. *Salicornia* spp. as a biomonitor of Cu and Zn in salt marsh sediments. *Ecol Indic.* 2015; 56:70–78.
15. Abideen Z, Qasim M, Rizvi RF, Gul B, Ansari R, Khan, MA. Oilseed halophytes: a potential source of biodiesel using saline degraded lands. *Biofuels.* 2015; 6(5-6): 241-248.
16. Barreira L, Resek E, Rodrigues MJ, Rocha MI, Pereira H, Bandarra N, *et al.* Halophytes: Gourmet food with nutritional health benefits? *J Food Compos Anal.* 2017; 59:35-42.
17. Radwan HM, Nazif NM, Abou-Setta LM. Phytochemical Investigation of *Salicornia fruticosa* (L.) And Their Biological Activity. *Res. J. Med. Sci.* 2007; 2(2): 72-78.
18. Steffen S, Ball P, Mucina L, Kadereit G. Phylogeny, biogeography and ecological diversification of *Sarcocornia* (Salicornioideae, Amaranthaceae). *Ann Bot.* 2015; 115 (3): 353–368.
19. Kadereit G, Mucina L, Freitag H. Phylogeny of Salicornioideae (Chenopodiaceae): Diversification, Biogeography, and Evolutionary Trends in Leaf and Flower Morphology. *Taxón.* 2006; 55(3): 617–642.
20. García-Caparrós P, Llanderal A, Pestana M, Correia PJ, Lao MT. Nutritional and physiological responses of the dicotyledonous halophyte *Sarcocornia fruticosa* to salinity. *Aust. J. Bot.* 2017; 65(7): 573–581.
21. Mostacero J, Castillo F, Mejía F, Gamarra O, Charcape J, Ramírez R. *Plantas Medicinales del Perú: Taxonomía, Ecogeografía, Fenología y Etnobotánica.* Trujillo: Asamblea Nacional de Rectores Fondo Editorial; 2011. p. 538.

22. Castroviejo S, Coello P. Datos cariológicos y taxonómicos sobre las Salicorniinae A.J. Scott ibéricas. *Anales Jard. Bot. Madrid*. 1980; 37(1): 41-73.
23. Castroviejo S, Lainz M, López G, Montserrat P, Muñoz F, Paiva J, *et al.* Flora Ibérica: Plantas Vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. 2, Sarcocornia. Madrid: Real Jardín Botánico CSIC; 1990. pp. 526–531.
24. Alonso M, Crespo M. Notas taxonómicas y de nomenclatura sobre taxones sudamericanos de Sarcocornia (Chenopodiaceae). *Ann. Bot. Fennici*. 2008; 45: 241–254.
25. Mostacero J, Castillo F, Mejía F, Gamarra O. Fanerógamas del Perú: taxonomía, utilidad y ecogeografía. Trujillo: Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación tecnológica. CONCYTEC; 2009. p. 139-145.
26. Scott AJ. Restablecimiento y revisión de Salicorniaceae J. Agardh (Caryophyllales). *Bot. J. Linn. Soc.* 1977; 75(4): 357-374.
27. De La Fuente V, Rufo L, Rodríguez N, Sánchez-Mata D, Franco A, Amils RA. Study of Sarcocornia A.J.Scott (Chenopodiaceae) from Western Mediterranean Europe. *Plant Biosyst.* 2016; 150(2): 343-356.
28. Flora ibérica. Iconografías de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott [internet]. Madrid: Castroviejo S. [Consultado 2019 Ene 15]. Disponible en: <http://www.floraiberica.org/>
29. Doncato KB, Costa CSB. Nutritional potential of a novel sea asparagus, *Salicornia neei* Lag., for human and animal diets. *Biotemas*. 2018; 31(4): 57-63,
30. Costa CSB, Herrera OB. Halophytic Life in Brazilian Salt Flats: Biodiversity, Uses and Threats. En: Khan MA, Boër B, Öztürk M, Clüsener-Godt M, Gul B, Breckle SW, editores. *Sabkha ecosystems*. Suiza: Springer International Publishing; 2016. p. 11–27. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-27093-7_2
31. Gouda S, Elsebaie M. Glasswort (*Salicornia* spp) As a Source of Bioactive Compounds and Its Health Benefits: A Review. *Alex. J. Fd. Sci. & Technol.* 2016; 13(1): 1-7.
32. Zhang S, Wei M, Cao C, Ju Y, Deng Y, Ye T, *et al.* Effect and mechanism of *Salicornia bigelovii* Torr. plant salt on blood pressure in SD rats. *Food Funct.* 2015; 6(3): 920–926.
33. Essaidi I, Brahmi Z, Snoussi A, Koubaier HBH, Casabianca H, Abe N, *et al.* Phytochemical investigation of Tunisian *Salicornia herbacea* L., antioxidant,

- antimicrobial and cytochrome P450 (CYPs) inhibitory activities of its methanol extract. *Food Control*. 2013; 32(1):125-133.
34. Gunning D. *Cultivating Salicornia europaea* (Marsh Samphire). Dublin: Irish Sea Fisheries Board; 2016.
35. Attia-Ismail S. Halophytes as Forages. En: Edvan R, Rocha L, editores. *New Perspectives in Forage Crops*. [Internet] London: IntechOpen; 2018. [Consultado Nov 24 2019]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/new-perspectives-in-forage-crops/halophytes-as-forages>
36. Christiansen R - Biomass Magazine. *Sea asparagus* can be oilseed feed stock for biodiesel. [Internet] Dakota Del Norte: BBI International; 2008. [Consultado 2019 Nov 24] Disponible en: <http://www.biomassmagazine.com/articles/1864/sea-asparagus-can-be-oilseed-feedstock-for-biodiesel/>
37. Ozturk M, Altay V, Orçen N, Yaprak AE, Tuğ GN, Güvensen A. A Little-Known and a Little-Consumed Natural Resource: *Salicornia*. En: Ozturk M, Hakeem KR, Ashraf M, Ahmad MSA, editores. *Global Perspectives on Underutilized Crops*. Suiza: Springer International Publishing; 2018. p.83-108. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-77776-4_3
38. Pedro CA, Santos MSS, Ferreira SMF, Gonçalves SC. The influence of cadmium contamination and salinity on the survival, growth and phytoremediation capacity of the saltmarsh plant *Salicornia ramosissima*. *Mar Environ Res*. 2013; 92:197-205.
39. Mishra A, Patel MK, Jha B. Non-targeted metabolomics and scavenging activity of reactive oxygen species reveal the potential of *Salicornia brachiata* as a functional food. *J Funct Foods*. 2015; 13:21-31.
40. Loconsole D, Cristiano G, De Lucia B. Glassworts: From Wild Salt Marsh Species to Sustainable Edible Crops. *Agriculture*. 2019; 9(1): 14.
41. Bertin RL, Gonzaga LV, Borges G da SC, Azevedo MS, Maltez HF, Heller M, et al. Nutrient composition and, identification/quantification of major phenolic compounds in *Sarcocornia ambigua* (Amaranthaceae) using HPLC–ESI-MS/MS. *Food Res. Int*. 2014; 55: 404-411.

42. Ventura Y, Wuddineh WA, Shpigel M, Samocha TM, Klim BC, Cohen S, *et al.* Effects of day length on flowering and yield production of *Salicornia* and *Sarcocornia* species. *Sci. Hortic.* 2011; 130(3): 510-516.
43. Liu XG, Xia YG, Wang F, Sun M, Jin ZJ, Wang GT. Analysis of fatty acid composition of *Salicornia europaea* L. seed oil. *Food Sci.* 2005; 2: 42.
44. Isca V, Seca A, Pinto D, Silva A. "An overview of *Salicornia* genus: the phytochemical and pharmacological profile". *Nat Prod Res Rev.* 2014; 2(2):145-164.
45. Mohamed E, Iwamoto S, Yamauchi R. Optimization of betalain extraction from *Salicornia fruticosa* and its encapsulation. *J. Agroaliment. Proc. Technol.* 2018; 24(1):1-8.
46. De Souza M, Mendes C, Doncato K, Badiale-Furlong E, Costa C. Growth, Phenolics, Photosynthetic Pigments, and Antioxidant Response of Two New Genotypes of Sea Asparagus (*Salicornia neei* Lag.) to Salinity under Greenhouse and Field Conditions. *Agriculture* 2018; 8 (7): 1-18.
47. Nasir F, Batarseh M, Abdel-Ghani A. Free amino acids content in some halophytes under salinity stress in arid environment, Jordan. *Clean (Weinh).* 2010; 38 (7): 592-600.
48. Flowers TJ, Colmer TD. Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. *Ann Bot.* 2015; 115(3): 327-331.
49. Kim J, Karthivashan G, Kweon MH, Kim DH, Choi DK. The Ameliorative Effects of the Ethyl Acetate Extract of *Salicornia europaea* L. and Its Bioactive Candidate, Irilin B, on LPS-Induced Microglial Inflammation and MPTP-Intoxicated PD-Like Mouse Model. *Oxid Med Cell Longev.* 2019; 1:1-16.
50. Ornelas-Paz J, Yahia E, Gardea A, Pérez-Martínez J, Ibarra-Junquera V, Escalante-Minakata P, *et al.* Antioxidant activity and protection of some selected bioactive components in fruits and vegetables (In Spanish). En: Alvarez-Parrilla *et al.*, editores. *Antioxidants in food and health.* 1a ed. Mexico D.F.: Clave editorial; 2012.p.97-132.
51. Serra HM, Cafaro TA. Ácido ascórbico: desde la química hasta su crucial función protectora en ojo. *Acta Bioquím Clín Latinoam.* 2007; 41 (4): 525-32.
52. Bastias JM, Cepero Y. La vitamina C como un eficaz micronutriente en la fortificación de alimentos. *Rev Chil Nutr.* 2016; 43(1): 81-86.

53. San Mauro-Martin I, Garicano-Vilar E. Papel de la vitamina C y los β -glucanos sobre el sistema inmunitario: revisión. *Rev Esp Nutr Hum Diet.* 2015; 19(4): 238-245.
54. Baret P, Septembre-Malaterre A, Rigoulet M, Lefebvre C, Priault M, Gonthier MP, *et al.* Dietary polyphenols preconditioning protects 3T3-L1 preadipocytes from mitochondrial alterations induced by oxidative stress. *Int J Biochem Cell Biol.* 2013; 45(1):167–174.
55. Valencia-Avilés E, Ignacio-Figueroa I, Sosa-Martínez E, Bartolomé-Camacho M, Martínez-Flores H, García-Pérez M. Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas.* 2017; 16: 15-29.
56. Mercado-Mercado G, de la Rosa L, Wall-Medrano A, López J, Álvarez-Parrilla. Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *Rev. Nutr Hosp.* 2013; 28(1): 36-46.
57. Quiñones M, Miguel M, Aleixandre A. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Rev. Nutr Hosp.* 2012; 27(1): 76-89.
58. Tomás-Barberán F. Los polifenoles de los alimentos y la salud. *ALIM. NUTRI. SALUD.* 2003; 10(2): 41-53.
59. Martínez-Flórez S, González-Gallego J, Culebras J, Tuñón M. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutr. Hosp.* 2002; 17(6): 271-278.
60. Cartaya O, Reynaldo I. Flavonoides: Características químicas y aplicaciones. *Cultivos tropicales* [Internet]. 2001[Consultado 2020 Mar 4]; 22(2): 5-14. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215009001>.
61. Peñarrieta JM, Tejeda L, Mollinedo P, Vila JL, Bravo JA. Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Rev. boliv. quim.* [Internet] 2014 [Consultado 2020 Mar 14]; 31(2): 68-81. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339682006.pdf>.
62. Kim YA, Kong CS, Um YR, Lim SY, Yea SS, Seo Y. Evaluation of *Salicornia herbacea* as a Potential Antioxidant and Anti-Inflammatory Agent. *J Med Food.* 2009; 12(3): 661–668.
63. Azeredo HM. Betalains: properties, sources, applications, and stability a review. *Int J Food Sci Technol.* 2009; 44: 2365 – 2376.

64. Flores M, Rentería A, Sánchez R, Chávez A. Estructura y estabilidad de las betalaínas. *Interciencia* 2019; 44 (6): 318-325.
65. Vergara MC. Extracción y estabilización de betalaínas de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*) mediante tecnología de membranas y microencapsulación, como colorante alimentario [Tesis doctoral]. Santiago: Universidad de Chile; 2013.
66. Choo W. Betalains: Application in Functional Foods. En: Mérillon JM, Ramawat K, editor. *Bioactive Molecules in Food*. Suiza: Springer International Publishing; 2018. p. 1-28. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_38-2
67. Stintzing F, Carle R. Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. *Trends food sci. technol.* 2004; 15(1): 19-38.
68. González-Sánchez J, Seijas-Bernabé N, Seijas-Bernabé P. Efecto de la temperatura y luminosidad sobre la estabilidad de las betalaínas obtenidas de "betarraga". *Cienc. Des. Rev. Investig. Apl.* 2010; 13(2): 1-4.
69. Sturzoiu A, Stroescu M, Stoica A, Dobre T. Betanine extraction from *Beta vulgaris* - experimental research and statistical modeling. *U.P.B. Sci. Bull., Series B.* 2011; 73(1): 145-156.
70. Aguilera-Ortíz M, Reza-Vargas M, Chew-Madinaveitia R, Meza-Velázquez J. Propiedades funcionales de las antocianinas. *BIOTecnia.* 2011; 13(2): 16-22.
71. Garzón G. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. *Acta biol. Colomb.* 2008; 13(3): 27 - 36.
72. Zhang Y, Butelli E, Martin C. Engineering anthocyanin biosynthesis in plants. *Curr Opin Plant Biol.* 2014; 19(1):81–90.
73. Castañeda-Sánchez A, Guerrero-Beltrán J. Pigmentos en frutas y hortalizas rojas: Antocianinas. *T SIA – UDLAP.* 2015; 9(1): 25-33.
74. Antolovich M, Prenzler P, Patsalides E, McDonald S, Robards K. Methods for testing antioxidant activity. *Analyst.* 2002; 127:183–198.
75. Londoño J. Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. En *Desarrollo y Transversalidad serie Lasallista Investigación y Ciencia*. Antioquia: Corporación Universitaria Lasallista; 2012. p. 129-162.
76. Tovar del Rio J. Determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecoregion cafetera. [Trabajo de grado Químico Industrial] Pereira: Universidad Tecnológica De Pereira; 2013.

77. Huang D, Ou B, Prior R. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *J. Agric. Food Chem.* 2005; 53(6): 1841-1856.
78. AOAC. Official methods of analysis of the Association Official Analytical Chemist. 19th ed. 2012.
79. Egan H, Kirk R, Sawyer R. Análisis químico de los alimentos de Pearson. 1a ed. México D.F: Editorial Continental S.A; 1991.
80. Skoog D, Holler F, Nieman T. Principios de análisis instrumental. 5 ed. Madrid: Editorial Mc Graw Hill; 2000.
81. Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Viticult.* 1965; 16: 144-158.
82. Echevarria B, Franco A, Martínez A. Evaluación de la actividad antioxidante y determinación del contenido de compuestos fenólicos en extractos de macroalgas del caribe colombiano. *VITAE.* 2009; 16(1): 126-131.
83. Hazra B, Biswas S, Mandal N. Antioxidant and free radical scavenging activity of *Spondias pinnata*. *BMC Complement Altern Med.* 2008; 8(1): 63.
84. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid content in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.* 1999; 64(1): 555–559.
85. Moßhammer M, Stintzing F, Carle R. Evaluation of different methods for the production of juice concentrates and fruit powders from cactus pear. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2006; 7(4): 75-287.
86. Lee J, Durst R, Wrolstad R. Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH Differential Method: Collaborative Study. *J. AOAC Int.* 2005; 88(5): 1269-1278.
87. Brand-Williams W, Cuvelier M, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT- Food sci technol.* 1999; 28(1): 25–30.
88. Miller N. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin Sci (Lond).* 1993; 84(4): 407-12.
89. Lu DH, Zhang M, Wang SJ, Cai JL, Zhou X, Zhu CP. Nutritional characterization and changes in quality of *Salicornia bigelovii* Torr. during storage. *LWT- Food sci technol.* 2010; 43(3): 519-524.

90. Khan MA, Gul B, Weber DJ. Effect of salinity on the growth and ion content of *Salicornia rubra*. *Commun Soil Sci Plant Anal*. 2001; 32(17-18): 2965-2977.
91. Reyes M, Gómez-Sánchez P, Espinoza C, Bravo F, Ganoza L. Tablas peruanas de composición de alimento. 8ª ed. Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, 2009.
92. Kosova K, Prařil I, Vıtamvas P. Protein contribution to plant salinity response and tolerance acquisition. *Int J Mol Sci*. 2013; 14(4): 6757–6789.
93. Min JG, Son K, Kim J, Kim T, Park J. Physiological and functional properties of *Salicornia herbacea* (Tungtungmadi) Leaf extracts. *Prev Nutr Food Sci*. 2002; 7(3): 261–264.
94. Ventura Y, Wuddineh W, Myrzabayeva M, Alikulov Z, Khozin-Goldberg I, Shpigel M, *et al*. Effect of seawater concentration on the productivity and nutritional value of annual *Salicornia* and perennial *Sarcocornia* halophytes as leafy vegetable crops. *Sci Hortic*. 2011; 128(3): 189–196.
95. Daffodil DE, Rajalakshmi K, Mohan VR. Antioxidant activity, total phenolics and flavonoids of *Salicornia brachiata* Roxb. Leaf extracts (Chenopodiaceae). *World J Pharm Pharm Sci*. 2013; 2 (1): 352-366.
96. Isabelle M, Lee BL, Lim MT, Koh WP, Huang D, Ong CN. Antioxidant activity and profiles of common vegetables in Singapore. *Food Chem*. 2010; 123(1): 77-84.
97. Fuentes J, Montoya P, Vio F, Speisky H. Total Phenolics and Antioxidant Capacity of Vegetables Grown in the Southwestern Andes Region of South. *J Food Nutr Res*. 2016; 4(12): 760-772.
98. Pinheiro I, Arantes R, do Espırıto Santo CM, Vieira FDN, Lapa KR, Gonzaga LV, *et al*. Production of the halophyte *Sarcocornia ambigua* and Pacific white shrimp in an aquaponic system with biofloc technology. *Ecol Eng*. 2017; 100: 261–267.
99. Buhmann A, Papenbrock J. An economic point of view of secondary compounds in halophytes. *Funct Plant Biol*. 2013; 40(9): 952–967.
100. Reginato MA, Castagna A, Furlan A, Castro S, Ranieri A, Luna V. Physiological responses of a halophytic shrub to salt stress by Na₂SO₄ and NaCl: oxidative damage and the role of polyphenols in antioxidant protection. *AoB Plants*. 2014; 6: plu042.

101. Li Z, Lee HW, Liang X, Liang D, Wang Q, Huang D, *et al.* Profiling of Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of 12 Cruciferous Vegetables. *Molecules*. 2018; 23(5): 1139.
102. Ashraf M. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnol. adv.* 2009; 27(1): 84-93.

10. ANEXOS:

1. Ficha Taxonómica de la planta:

C.B.P. N° 3796
Tel: 17512863 RPM 963689079
E-mail: jocamde@gmail.com



CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACION BOTÁNICA

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ, BIÓLOGO COLEGIADO- N° 3796 - INSCRITO CON EL N° 36 EN EL REGISTRO DE PROFESIONALES QUE REALIZAN CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECÍMENES Y PRODUCTOS DE FLORA - RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0311-2013- MINAGRI-DGFFS-DGEFFS.

Certifica:


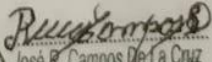
Que, Lidia Ysabel Auris Candela y Jenny Angélica Piedra Vilca, tesistas de pregrado en laboratorio de Bromatología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, han solicitado la identificación y certificación botánica de una planta procedente de los humedales de Puerto Viejo, San Antonio, Cañete. Km 71 Panamericana Sur, donde es conocida con los nombres vulgares de “espárrago de mar” o “sosa alacranera” la muestra fértil con flores y frutos ha sido identificada como *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott Según el Sistema Integrado de Clasificación de las Angiospermas de Arthur Cronquist. (1981), ocupa las siguientes categorías taxonómicas.

REINO	: Plantae
DIVISIÓN	: Angiospermae
CLASE	: Equisetopsida
SUBCLASE	: Magnoliidae
SUPERORDEN	: Caryophyllanae
ORDEN	: Caryophyllales
FAMILIA	: Amaranthaceae
GENERO	: <i>Sarcocornia</i>
ESPECIE	: <i>Sarcocornia fruticosa</i> (L.) A.J. Scott

Sinónimo: *Salicornia fruticosa* L.

Se expide la presente certificación para los fines de investigación.

Lima, 25 de febrero del 2019



Jr. Sánchez Silva # 156-2do piso – Urb. Santa Luzmila - Lima 07 / e-mail: joricampos@yahoo.es

Figura 19. Certificado botánico de *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott

2. Recolección de la muestra en los Humedales de Puerto Viejo



Figura 20. Recolección de la muestra vegetal en los Humedales de Puerto Viejo, *fotografía in situ*.

3. Selección y acondicionamiento de la muestra

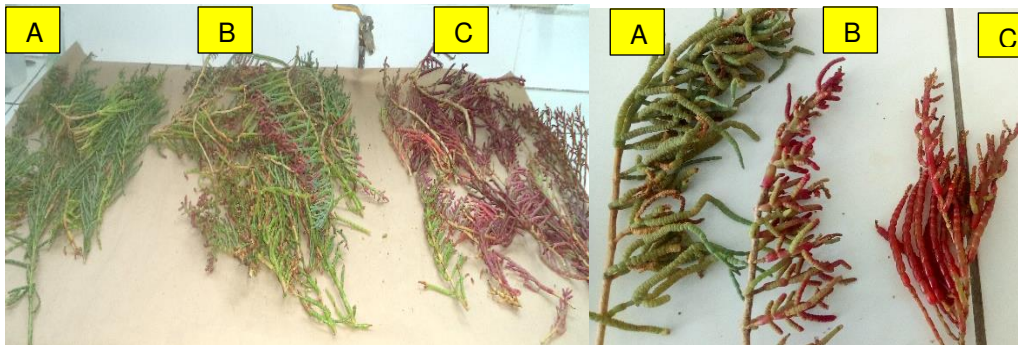


Figura 21. Selección de la muestra. **A.** Brotes verdes **B.** Brotes rojos y verdes **C.** Brotes rojos



Figura 22. Preparación de la muestra. **A.** Reducción de tamaño de partícula de la muestra vegetal fresca para su conservación, izq.: brote verde, dcha.: brote rojo **B.** Extractos metanólicos y etanólicos de cada tipo de brote.

4. Caracterización Química-bromatológica:



Figura 23. Determinación de lípidos – Método Soxhlet



Figura 24. Determinación de cenizas

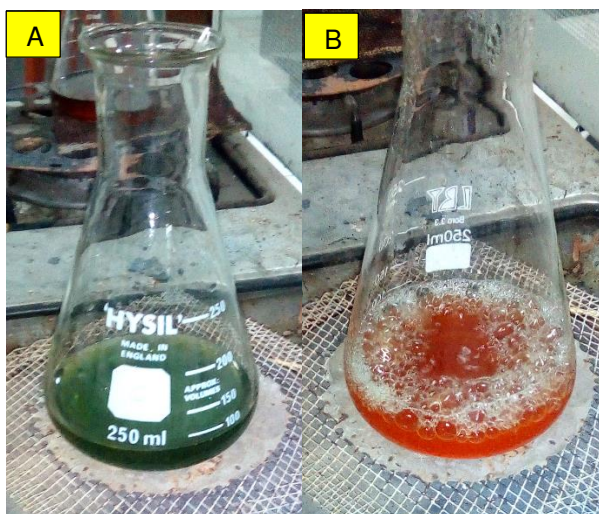


Figura 25. Determinación de azúcares reductores directos del brote verde. **A.** Preparación del extracto inicial, **B.** Punto final del ensayo, color rojo ladrillo: presencia de glucosa.

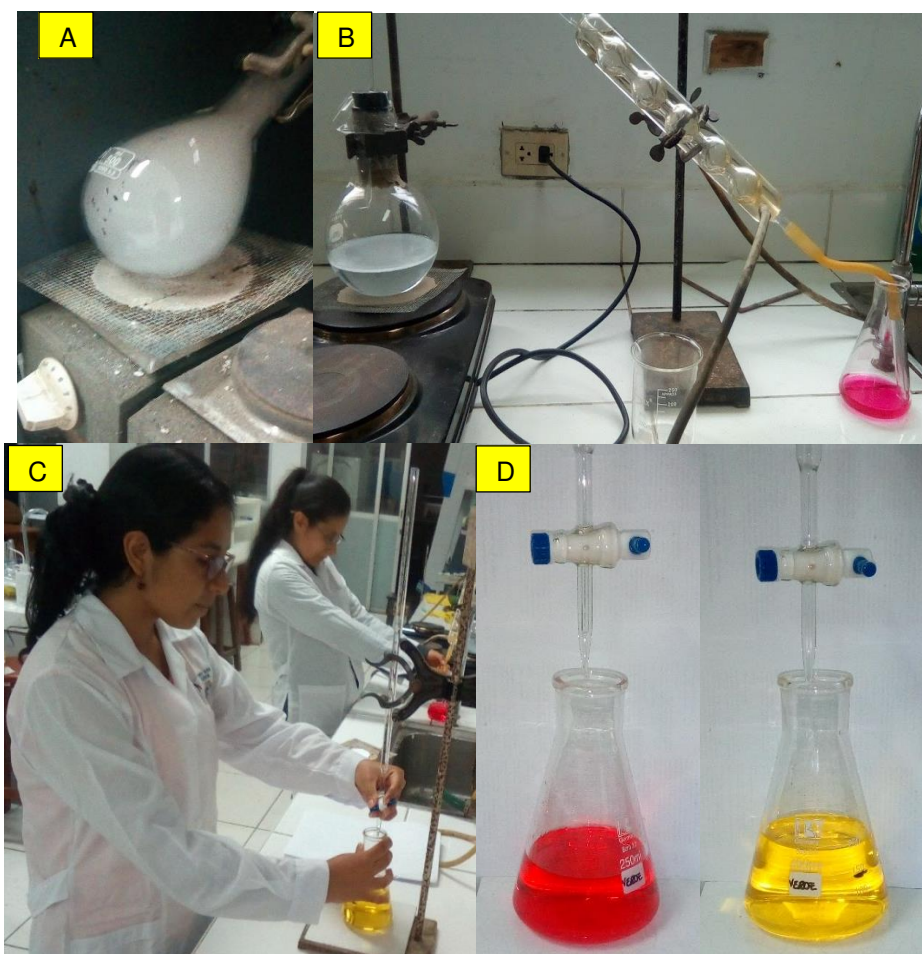


Figura 26. Determinación del contenido de proteínas totales - Método Kjeldahl. **A.** Digestión de la muestra, **B.** Destilación, **C.** Titulación, **D.** Punto final de la titulación.

5. Determinación de compuestos bioactivos:



Figura 27. Extracción de Betalainas del brote rojo, ensayo por triplicado.

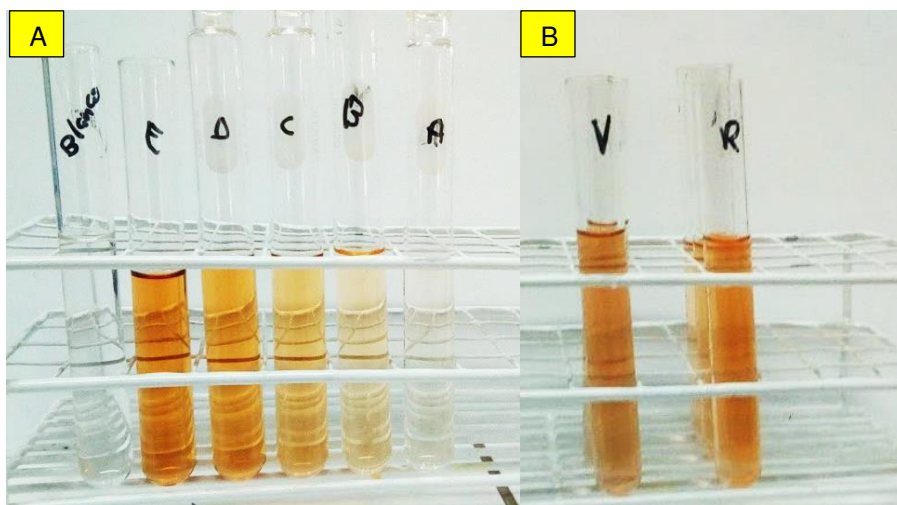


Figura 28. Determinación de Flavonoides. **A.** Tubos con diferente concentración del estándar de Quercetina + reactivos, para la curva de calibración. **B.** Tubos con los extractos de la muestra + reactivos. V: brote verde, R: brote rojo.

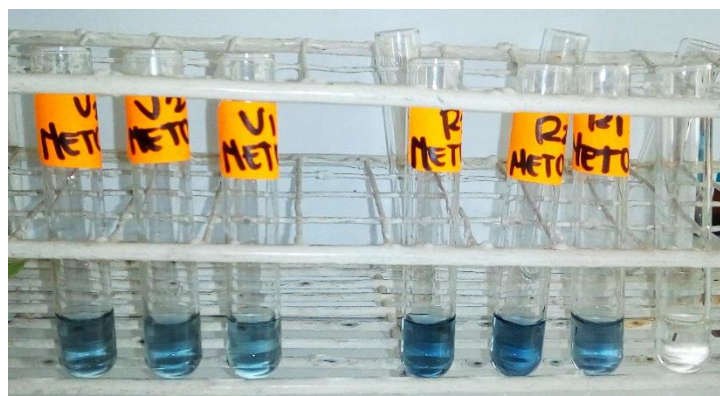


Figura 29. Determinación de compuestos fenólicos. Método Folin-Ciocalteu.

Se observa las muestras por triplicado de cada brote V: brote verde, R: brote rojo

6. Determinación de capacidad antioxidante:

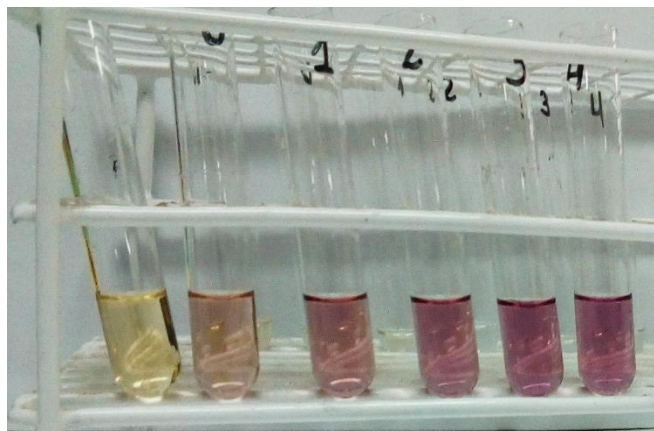


Figura 30. Determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH+,
Se observa los tubos con diferente concentración del extracto + reactivos

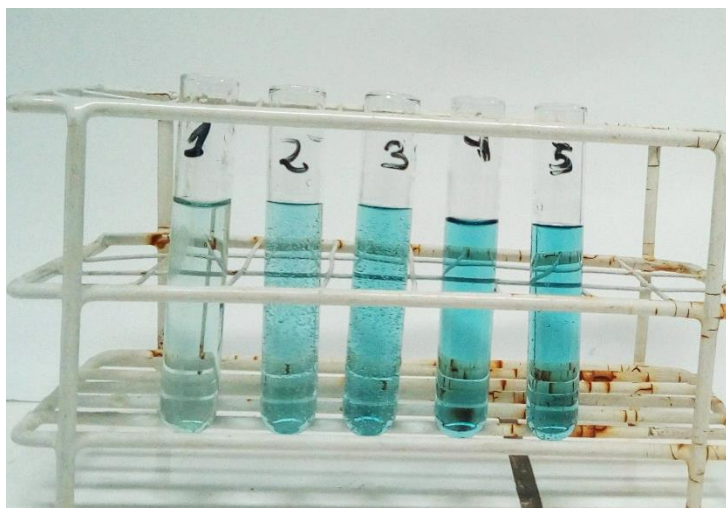
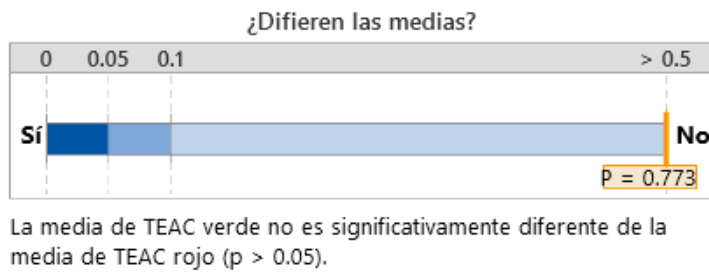


Figura 31. Determinación de la capacidad antioxidante por el método ABTS+,
Se observa los tubos con diferente concentración del extracto + reactivos

7. Gráficas de estadística:



Estadísticas	TEAC verde	TEAC rojo
Tamaño de muestra	2	2
Media	1.5506	1.4794
Desviación estándar	0.26695	0.043725

Figura 32. Prueba T de 2 muestras para la media de TEAC verde y TEAC rojo, método DPPH