



**Facultad de Medicina Humana y Ciencias de la Salud
Escuela Profesional de Nutrición Humana**

**“EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL CUSHURO (*Nostoc
commune vaucher*)”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
LICENCIADA EN NUTRICIÓN HUMANA**

BACHILLER: VILCHEZ PALOMINO, Helen

ASESORA: Mg. QUIROZ CORNEJO, Karen

LIMA – PERU

2017

DEDICATORIA

A mi familia por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Profesional de Nutrición Humana de la Universidad Alas Peruanas por brindar sus instalaciones y equipos. Mg. Karen Quiroz, por su asesoría en la realización de esta investigación y a todas las personas que me brindaron su apoyo.

RESUMEN

Objetivo: Determinar cuál es el efecto de la temperatura de ebullición (100 °C) sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso (E.A.) del *N. commune* (cushuro). **Método:** Se analizó a través del método del 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) la capacidad antioxidante del E.A. del *N. commune* (cushuro) (10g/ 75ml) a temperatura ambiente (A) y otro sometido a temperatura de ebullición en dos tiempos (E1= 10 minutos y E2= 15 minutos). **Técnica:** de cada muestra (A, E1 y E2) se tomaron alícuotas a distintos volúmenes $X_1= 0.025\text{ml}$, $X_2= 0.050\text{ml}$, $X_3= 0.075\text{ml}$ y $X_4= 0.1\text{ml}$, a las que se añadió metanol a diferentes volúmenes y solución DPPH, se agitaron los tubos y se llevaron a oscuridad por un lapso de 20 minutos. Las muestras fueron leídas en el espectrofotómetro a una absorbancia de 517nm. **Resultados:** se observó la relación entre la concentración y la reducción del DPPH para las tres muestras con un $p>0,05$, siendo el radical DPPH reducido en mayor proporción por las muestras a mayor concentración (100 μl) $AX_4= 76.6\%$, $E1X_4= 62.7\%$ y para $E2X_4= 55.0\%$. Se obtuvo un C.I._{.50}, para las muestras a temperatura ambiente de 13.4 mg/ml, para las sometidas a temperatura de ebullición por 10 minutos un C.I._{.50} = 28.8 mg/ml y para las sometida a temperatura de ebullición por 15 minutos un C.I._{.50} = 55,4mg/ml. **Conclusiones:** la temperatura de ebullición reduce la capacidad antioxidante del *N. commune* (cushuro), así mismo a mayor tiempo de exposición a altas temperaturas menor será su capacidad antioxidante.

Palabras claves: Cushuro; capacidad antioxidante; temperatura de ebullición; DPPH.

ABSTRACT

Object: Determinate what is the effect of high temperature (100 °C) above the antioxidant activity of watery extract of *N. commune* (cushuro). **Method:** the antioxidant activity of the watery extract of *N. commune* (cushuro) (10g/75ml) was measure by the method of 2,2-diphenyl-1 picrylhydrazyl (DPPH) one at environment temperature (A) and another at boiling temperature (100°C) in two different exposure times (E1= 10 minutes and E2= 15 minutes). **Technic:** from each sample (A, E1 and E2) aliquots of different volumes $X_1= 0.025\text{ml}$, $X_2= 0.050\text{ml}$, $X_3= 0.075\text{ml}$ and $X_4= 0.1\text{ml}$ were taken, to which was added methanol in different volumes and DPPH solution, the tubes were shaken and taken into the dark for a period of 20 minutes. The samples were read in the spectrophotometer at an absorbance of 517 nm. **Results:** the relationship between the concentration and the reduction of DPPH in the tree samples was also observed ($p>0,05$), the radical DPPH being reduced in greater proportion by the samples at higher concentration (100 μl) $AX_4 = 76.6 \%$, $E1X_4 = 62.7\%$ and for $E2X_4 = 55.0\%$. For the samples at environment temperature an $I.C._{.50} = 13.4\text{mg/ml}$ was obtained, for those submitted to boiling temperature for 10 minutes an $I.C._{.50} = 28.8 \text{ mg/ml}$ and for sample submitted at boiling temperature for 15 minutes the $I.C._{.50}$ value was 55,4mg/ml. **Conclusions:** that the boiling temperature affects the antioxidant capacity of the *N. commune* (cushuro), as well as the longer exposure time at high temperatures the lower its antioxidant capacity.

Keywords: Cushuro; antioxidant activity; boiling temperature; DPPH.

ÍNDICE

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
ANEXOS	xii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	1
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.2.1. Problema General.....	3
1.2.2. Problemas Específicos.....	3
1.3. Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. Hipótesis de la Investigación.....	4
1.4.1. Hipótesis General.....	4
1.4.2. Hipótesis Específicas.....	5

1.5. Justificación e Importancia de la Investigación.....	5
1.5.1. Justificación de la investigación.....	5
1.5.2. Importancia de la investigación.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes.....	7
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	9
2.2. Bases Teóricas.....	11
2.2.1. Enfermedades no transmisibles.....	11
2.2.2. Radicales libres.....	13
2.2.3. Especies reactivas de oxígeno.....	16
2.2.4. Sistema antioxidante.....	20
2.2.5. Estrés oxidativo.....	26
2.2.6. Alimentos funcionales.....	29
2.2.7. Cianobacterias.....	33
2.2.8. <i>N. commune</i> (cushuro).....	39
2.2.9. Capacidad antioxidante.....	45
2.2.10. Efecto de la temperatura sobre los componentes bioactivos de los alimentos.....	48
2.3. Definición de términos básicos.....	49
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	51
3.1 Tipo de Investigación.....	51
3.1.1. Nivel.....	51
3.1.2. Diseño.....	51

3.1.3. Método.....	51
3.2 Población y Muestreo de la Investigación.....	52
3.2.1. Población.....	52
3.2.2. Muestra.....	52
3.3 Variables e Indicadores.....	52
3.3.1. Variable independiente.....	52
3.3.2. Variable dependiente.....	53
3.4 Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos.....	53
3.4.1. Técnicas.....	53
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.....	54
3.4.3. Procedimientos.....	54
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	58
4.1 Resultados.....	58
DISCUSIÓN.....	65
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla nº 01: Clasificación de los radicales libres.....	16
Tabla nº 02: Clasificación de las especies reactivas de oxígeno.....	19
Tabla nº 03: Clasificación de los antioxidantes.....	25
Tabla nº 04: Características para denominar a un alimento como funcional.....	31
Tabla nº 05: Clasificación taxonómica del <i>N. commune</i> (cushuro)...	42
Tabla nº 06: Aporte nutricional del <i>N. commune</i> (cushuro).....	43
Tabla nº 07: Variable independiente, dimensiones e indicadores de la investigación.....	52
Tabla nº 08: Variable dependiente, dimensión e indicadores de la investigación.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura nº 01: Esquema de una reacción de óxido-reducción (REDOX).....	14
Figura nº 02: Producción endógena de especies reactivas de oxígeno y vías para originar muerte celular.....	17
Figura nº 03: Reducciones monoelectrónicas del oxígeno para producir especies reactivas de oxígeno.....	20
Figura nº 04: Reacciones de Haber-Weiss y Fenton.....	20
Figura nº 05: Características morfológicas del <i>N. commune</i> (cushuro).....	41
Figura nº 06: Estructura química del 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH).....	47
Figura nº 07: Reacción DPPH-antioxidante.....	47
Figura nº 08: Fórmula para determinar la capacidad inhibitoria media (C.I. ₅₀).....	48
Figura nº 09: Flujograma para la obtención de la muestra de <i>N. commune</i> (cushuro).....	55
Figura nº 10: Flujograma para la elaboración del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro) a temperatura ambiente.....	56
Figura nº 11: Flujograma para la elaboración del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro) sometido a temperatura de ebullición en dos tiempos.....	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico nº 01: Porcentaje de reducción del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro) sometido a temperatura ambiente mediante el método DPPH.....	58
Gráfico nº 02: Porcentaje de reducción del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro) sometido a temperatura de ebullición por 10 minutos mediante el método de DPPH.....	59
Gráfico nº 03: Porcentaje de reducción del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro) sometido a temperatura de ebullición por 15 minutos mediante el método de DPPH.....	60
Gráfico nº 04: Porcentaje de reducción de los extractos acuosos del <i>N. commune</i> (cushuro) sometido a temperatura de ebullición por 10 y 15 minutos mediante el método de DPPH.....	61
Gráfico nº 05: Porcentaje de reducción del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro) a diferentes concentraciones mediante el método del DPPH.....	62
Gráfico nº 06: Coeficiente de inhibición medio (C.I. ₅₀) de las muestras de los extractos acuosos de <i>N. commune</i> (cushuro).....	63

ANEXOS

Anexo nº 01: Matriz de consistencia.....	77
Anexo nº 02: Ficha de recolección de datos.....	78
Anexo nº 03: Porcentaje de reducción del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro) en distintas concentraciones sometido a temperatura ambiente mediante el método DPPH.....	79
Anexo nº 04: Resultados de la prueba de correlación de Pearson para el extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro) a temperatura ambiente.....	79
Anexo nº 05: Porcentaje de reducción del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro) en distintas concentraciones sometido a temperatura de ebullición por 10 minutos mediante el método DPPH.....	80
Anexo nº 06: Resultados de la prueba de correlación de Pearson para el extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro) sometido a temperatura de ebullición por 10 minuto...	80
Anexo nº 07: Porcentaje de reducción del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro) en distintas concentraciones sometido a temperatura de ebullición por 15 minutos mediante el método de DPPH.....	81
Anexo nº 08: Resultados de la prueba de correlación de Pearson para el extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro)	

sometido a temperatura de ebullición por 15 minutos.....	81
Anexo nº 09: Porcentaje de reducción de los extractos acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro) sometidos a temperatura de ebullición por 10 y 15 minutos mediante el método de DPPH.....	82
Anexo nº 10: Coeficiente de inhibición medio (C.I. ₅₀) de las muestras de los extractos acuosos de <i>N. commune</i> (cushuro).....	
Anexo nº 11: Resultados de la prueba de correlación de Pearson para el C.I. ₅₀ del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro).....	82
Anexo nº 12: Lista de abreviaturas.....	84

INTRODUCCIÓN

El aumento en la prevalencia de las enfermedades crónicas no transmisibles, especialmente su aparición en edades cada vez más tempranas, es una señal de alarma para la salud pública mundial.¹ La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha determinado que entre otros factores el llevar un estilo de vida no saludable (alimentación carente en frutas y verduras, aumento del sedentarismo y hábitos tóxicos) tiene una gran implicancia en la aparición y desarrollo de las mismas.^{2,3}

Así también se ha demostrado que llevar una dieta que incluya una gran cantidad de sustancias antioxidantes ayuda a prevenir la aparición de dichas enfermedades.⁴ Este postulado ha creado una tendencia por el consumo de “alimentos funcionales”; lo que ha incentivado diversos estudios en recursos vegetales de uso común, así como también un interés en el estudio de alimentos nativos.^{5,6}

Considerando que el Perú posee una gran biodiversidad, existe aún una amplia variedad de alimentos nativos que necesitan ser objeto de estudios para determinar sus propiedades nutritivas y beneficiosas para la salud.⁷ Entre estos alimentos podemos mencionar el *N. commune* (cushuro), que ha sido utilizado como parte de la dieta y medicina de civilizaciones antiguas, el cual suele consumirse en zonas rurales en diferentes preparaciones gastronómicas frías o calientes, como es de conocimiento que altas temperaturas ocasionan alteraciones en la composición de los alimentos.^{8,9} Siendo el objetivo de esta investigación, el determinar la capacidad antioxidante del *N. commune* (cushuro) y la influencia de la temperatura sobre la misma, con el fin de promover su consumo como un alimento funcional de bajo costo y que pueda ser incluido en la dieta en diversas presentaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

Los seres humanos desarrollamos nuestras actividades diarias en entornos cada vez menos saludables, estamos expuestos constante y permanentemente a factores negativos como es la contaminación atmosférica, la radiación (ultravioleta, gamma, etc.), hábitos tóxicos (fumar, beber bebidas alcohólicas, etc.), el sedentarismo y una alimentación desequilibrada; situaciones que por sí solas o en conjunto se asocian al desarrollo de enfermedades no transmisibles entre otras.^{1,10}

La Organización Mundial de la Salud (OMS) alerta sobre el aumento mundial en la prevalencia de enfermedades no transmisibles y sobre todo su aparición en personas cada vez más jóvenes, estas patologías están relacionadas a la excesiva producción endógena, a la exposición continua a radicales libres y a la incapacidad de los sistemas antioxidantes endógenos; este desequilibrio genera una situación negativa conocida como estrés oxidativo, que se caracteriza por ocasionar alteraciones tisulares y funcionales en cualquier órgano o célula.^{2,11}

La preocupación por este incremento, ha incentivado estudios en plantas y vegetales para determinar la presencia de sustancias bioactivas que prevengan y contrarresten el daño producido por el estrés oxidativo. Situación que se refleja también en la tendencia al consumo de alimentos a los que se les atribuya alguna propiedad curativa o preventiva de enfermedades, pero en muchos casos estas propiedades carecen de sustento científico.¹²

Estos alimentos conocidos actualmente con el término de “alimentos funcionales”, término acuñado en Japón por los años 80, se refiere a alimentos que contengan compuestos bioactivos –metabolitos secundarios fisiológicamente activos- también conocidos como “fitonutrientes”; que a su vez no posean componentes tóxicos y que tengan propiedades benéficas para la salud reduciendo el riesgo de desarrollar enfermedades asociadas al estrés oxidativo.^{13,14}

Dentro de estos alimentos de interés científico, podemos considerar a las cianobacterias, organismos procariotas que pueden ser unicelulares o filamentosas, son seres fotosintéticos y capaces de adaptarse a un amplio rango de hábitats y condiciones atmosféricas.¹⁵ Diversas investigaciones recientes han determinado que distintas especies de cianobacterias poseen un alto valor nutricional puesto que son ricas en proteínas vegetales, polisacáridos, ácidos grasos, vitaminas, minerales y otros compuestos bioactivos. La cianobacteria que destaca dentro de este grupo es la *S. platensis* (spirulina), su producción y consumo está difundido ampliamente a nivel mundial, ya que son muchas las investigaciones que destacan sus propiedades funcionales. De esta cianobacteria se han aislado muchos componentes con un alto potencial antioxidante de gran interés medicinal, farmacéutico y para la industria alimentaria.^{16,17}

Otra cianobacteria que ha empezado a ser objetivo de estudios es el *N. commune* (cushuro), que ha sido utilizado como parte de la dieta y medicina tradicional en diversas culturas, se cuenta con registro histórico de que se utilizó como complemento obligatorio en la dieta de los guerreros incas para mejora de la fuerza física.¹⁷ Además se destaca por su aporte nutricional con un alto contenido proteico y de ácidos grasos poliinsaturados (principalmente del tipo 3 y 6); de la que también se ha logrado aislar distintos fitoquímicos, que han demostrado poseer gran capacidad antioxidante en comparación con algas marinas.^{18,19}

El *N. commune* (cushuro) no requiere una producción tecnificada, suele proliferar en lagos y lagunas de la zona andina del país y su consumo es limitado a los centros poblados adyacentes a dichos cuerpos acuíferos, donde los pobladores lo consumen en sopas, guisos y ensaladas.¹⁹ Teniendo en cuenta la forma de consumo y que la exposición a temperaturas altas afecta la biodisponibilidad de los nutrientes y de otros componentes contenidos en los alimentos, se pretende determinar cuál es el efecto de la temperatura de ebullición (100°C) sobre la capacidad antioxidante de este alimento.^{20,21}

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la temperatura de ebullición sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso del *N. commune* (cushuro)?

1.2.2. Problemas específicos

P.E.1. ¿Cuál es la capacidad antioxidante del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) a temperatura ambiente?

P.E.2. ¿Cuál es el efecto de la temperatura de ebullición por 10 minutos sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro)?

P.E.3. ¿Cuál es el efecto de la temperatura de ebullición por 15 minutos sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro)?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General:

Determinar cuál es el efecto de la temperatura de ebullición sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso del *N. commune* (cushuro).

1.3.2. Objetivos Específicos:

O.E.1 Determinar cuál es la capacidad antioxidante del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) a temperatura ambiente.

O.E.2 Determinar cuál es el efecto de la temperatura de ebullición por 10 minutos sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso del *N. commune* (cushuro).

O.E.3 Determinar cuál es el efecto de la temperatura de ebullición por 15 minutos sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso del *N. commune* (cushuro).

1.4. Hipótesis de la Investigación

1.4.1. Hipótesis General

La temperatura de ebullición modifica la capacidad de extracto acuoso del *N. commune* (cushuro).

1.4.2. Hipótesis Específicas

H.E.1 El extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) a temperatura ambiente posee una alta capacidad antioxidante.

H.E.2 La capacidad antioxidante del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) se modifica al ser sometido a temperatura de ebullición por 10 minutos.

H.E.3 La capacidad antioxidante del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) se modifica al ser sometido a temperatura de ebullición por 15 minutos.

1.5. Justificación e Importancia de la Investigación

1.5.1 Justificación de la investigación

Teniendo en consideración que existen muchos factores que afectan la biodisponibilidad de los compuestos contenidos en los alimentos y que uno de estos factores es la exposición a temperaturas elevadas, además se ha demostrado que dicha exposición origina la desnaturalización de muchos de los nutrientes (carbohidratos, lípidos y proteínas) y que también afecta el contenido de sustancias bioactivas entre ellas a los antioxidantes ocasionando en algunos casos la reducción de la concentración de aquellos que son termolábiles (vit. C, vit. A entre otras) y en otros casos potenciando su capacidad antioxidante como es el caso de los polifenoles, taninos, etc.^{21,22}

Esta investigación busca esclarecer el efecto de la temperatura de ebullición (100°C) sobre la capacidad antioxidante y a la vez si el tiempo de exposición tiene inferencia en la misma.

1.5.2 Importancia de la investigación

La importancia de esta investigación es dar a conocer las propiedades saludables del *N. commune* (cushuro), un alimento que ha demostrado tener propiedades nutritivas, aunque su consumo se ha limitado a zonas rurales y en la mayoría de casos es utilizado como alimento para los animales; esto debido a los escasos estudios y la poca difusión de sus propiedades nutritivas y conservadoras de la salud.

Así también fomentar una alimentación con un alto aporte de sustancias antioxidantes, especialmente desde edades tempranas como prevención de enfermedades generadas por los efectos de los radicales libres. Además, promover el consumo de *N. commune* (cushuro), colaborará con el comercio de este alimento de bajo costo y fácil producción.

Siendo el aspecto más importante el dar a conocer a la comunidad científica los posibles cambios que se puedan presentar sobre la capacidad antioxidante del *N. commune* (cushuro) por efecto de la temperatura de ebullición. Los resultados obtenidos aportarán información novedosa que podrá ser utilizada como base para estudios de magnitudes similares a la analizadas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se llevó a cabo una amplia revisión bibliográfica. Los trabajos más relevantes en relación a la problemática que se aborda se describen a continuación.

2.1.1. Antecedentes Nacionales

En el ámbito nacional son escasas las investigaciones sobre las propiedades nutricionales y los beneficios antioxidantes del *N. commune* (cushuro) o de alguna otra cianobacteria.

En el estudio realizado por **Chavez L.** sobre la **“COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE IN VITRO DEL EXTRACTO ACUOSO DE NOSTOC SPHAERICUM (CUSHURO), LAGUNA CUSHUROCOCHA-JUNÍN”**, en el año 2014, desarrollado en el laboratorio del Centro de Investigación de Bioquímica y Nutrición "Alberto Guzmán Barrón" de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). En el que se evaluó la actividad antioxidante de un extracto acuoso liofilizado de *N. sphaericum* (cushuro), mediante el método de captación de ABTS; se encontró en relación aporte nutricional que el contenido de proteínas en base seca de la muestra presentó un alto porcentaje de proteínas (32.36%) y en el extracto acuoso liofilizado la proteína soluble fue de 15.1 mg/g y los carbohidratos totales fueron de 949 µg/g. Además, el porcentaje de inhibición del radical ABTS a una concentración de 0.15 mg/ml fue de 52%, un valor de IC₅₀ entre 10-15 µg/ml. Concluyendo

que el extracto acuoso liofilizado de *N. sphaericum* (cushuro) constituye una buena fuente natural de antioxidantes.¹⁸

En otra investigación elaborada por **Doroteo V., Díaz C., Terry C., Rojas R.**, denominada “**COMPUESTOS FENÓLICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE IN VITRO DE SEIS PLANTAS PERUANAS**” realizada en el año 2012 desarrollada en la Unidad de Investigación en Productos Naturales, Laboratorios de Investigación y Desarrollo, Facultad de Ciencias y Filosofía de la Universidad Cayetano Heredia. Donde se trabajó con los extractos hidroalcohólicos de uña de gato, maíz morado, yacón, maca, ratania y aguaymanto los cuales fueron sometidos a distintos ensayos para la determinación de la capacidad antioxidante entre ellos el ensayo de inhibición de radicales de DPPH y para la concentración de compuestos fenólicos se trabajó con el método de Folin-Ciocalteu. Los resultados para la prueba del DPPH los extractos más activos fueron los de ratania y uña de gato (I.C.₅₀= 10,45 y 12,05 µg/mL, respectivamente) y para la determinación del contenido fenólico total, ambos extractos presentaron mayor reducción del ac. gálico (la ratania 30,1mg/g extractos y la uña de gato con 17,3 mg A.G./g extracto). En este estudio se concluyó que tanto la ratania y la uña de gato muestran un alto potencial para el desarrollo de nutraceuticos.²²

2.1.2. Antecedentes Internacionales

En la investigación llevada a cabo por **Valero Y., Colina J., Ineichen E.**, sobre el “**EFFECTO DEL PROCESAMIENTO SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CIRUELA CRIOLLA (*PRUNUS DOMESTICA*)**” llevada a cabo en el año 2012 desarrollada en el Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar en la ciudad de Caracas -

Venezuela, donde el objetivo del estudio fue determinar el efecto del escaldado y la deshidratación osmótica sobre el contenido de polifenoles totales, taninos y la capacidad antioxidante de la *P. domestica* (ciruela criolla) en sus variedades amarilla y roja. La capacidad antioxidante se determinó por la eficiencia antirradical (EA) y el método de poder reductor férrico (FRP). El contenido de polifenoles totales y los taninos fueron mayores en la variedad roja que en la amarilla. En las dos variedades, el mayor contenido de polifenoles se encontró en la pulpa, mientras que los taninos se encontraron en mayor proporción en las cáscaras, la variedad roja presentó mayor capacidad antioxidante. El escaldado incrementó el contenido de polifenoles, mientras que los taninos y la EA disminuyeron, el poder reductor no se vio afectado por los tratamientos. Para la deshidratación osmótica se obtuvo una disminución significativa de los taninos y la eficiencia antirradical, mientras que los polifenoles y el poder reductor no se vieron afectados por el procesamiento. En lo que se concluyó que el escaldado es una buena alternativa de consumo y conservación en la *P. domestica* (ciruela criolla).²³

En el estudio realizado por **Ninomiya M., Satoh H., Yamaguchi Y., Takenaka H., Koketsu M.** titulado “**ANTIOXIDATIVE ACTIVITY AND CHEMICAL CONSTITUENTS OF EDIBLE TERRESTRIAL ALGA NOSTOC COMMUNE VAUCH (Actividad antioxidante y componentes químicos del alga terrestre comestible *N. commune*)**”, desarrollado en el año 2011 en el Departamento de Tecnología y Materias Científicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Gifu – Japón, donde el objetivo fue evaluar y comparar la capacidad antioxidante de cinco tipos de cianobacterias, entre ellas la *S. platensis* (spirulina) y el *N. commune* (cushuro); utilizando el método de oxidación de β -caroteno en un extracto etanólico. Los resultados obtenidos en dicha investigación fueron que el extracto

etanólico de *N. commune* (cushuro), tuvo mayor actividad antioxidante en relación al extracto de la *S. platensis* (spirulina) y de las otras especies estudiadas. También a través de la cromatografía en columna del extracto de *N. commune* (cushuro), se logró aislar seis componentes de los cuales cuatro fueron alcaloides ya conocidos y dos compuestos carotenoides derivados de la -ionona, la nostocionona -aislada por primera vez en forma de un polvo amorfo de color naranja- y la 3-oxo- -inonoa. A través del método de oxidación por -caroteno se determinó que ambos componentes poseen un potente efecto antioxidante, siendo la nostocionona el compuesto que presentó mayor capacidad antioxidante.²¹

En otro estudio previo de similares características realizado por **Cepoi L., Rudi L., Miscu V., Cojocari A., Chiriac T., Sadovnic D.**, denominado, **“ANTIOXIDATIVE ACTIVITY OF ETHANOL EXTRACTS FROM SPIRULINA PLATENSIS AND NOSTOC LINCKIA MEASURED BY VARIOUS METHODS (Actividad antioxidante del extracto etanólico de *S. platensis* y *N. linckia* medido por diferentes métodos)”** en el año 2010, desarrollado en el Instituto de Microbiología y Biotecnología de la Academia de Ciencias de Moldavia, donde el objetivo de estudio fue el de determinar el nivel de la actividad antioxidante de extractos etanólicos a distintas concentraciones de *S. platensis* (spirulina) y de *N. linckia*, y también comparar la actividad antioxidante y el contenido de componentes fenólicos de ambos extractos. Se trabajó con cuatro métodos de determinación de la actividad antioxidante en extractos etanólicos de las muestras a distintas concentraciones (10, 20, 40, 55, 65, 70% de etanol). En el ensayo con DPPH, se determinó que el extracto etanólico de *N. linckia* tuvo mayor actividad antioxidante frente al extracto etanólico de la *S. platensis* (spirulina); y que la mayor actividad antioxidante se dio a la mayor concentración de etanol (70%).¹⁶

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Enfermedades no transmisibles

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a las enfermedades no transmisibles (ENT) o crónicas, como aquellos cuadros patológicos no infecciosos -no se transmiten de persona a persona- de larga duración, evolución lenta, altamente discapacitantes y que son por lo general detonantes de otras enfermedades.^{10,24}

Se considera que son un grupo heterogéneo de procesos patológicos tales como enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus de tipo 2, enfermedades respiratorias crónicas y algunos tipos de cánceres; que se caracterizan por requerir tratamientos médicos de elevado costo económico y de alta complejidad.²⁴

Estas patologías se han convertido en un problema mundial en salud pública, por el alto índice de mortalidad y morbilidad que presentan, las ENT representaron el 68% (38 millones) de los 56 millones de defunciones en el año 2012, afectando principalmente a los países de ingresos bajos y medios, donde se registraron casi el 75% de las defunciones. En nuestro país, las ENT representan el 58.5% de las enfermedades con mayor incidencia, al mismo tiempo son el grupo de enfermedades que producen mayor discapacidad.^{2,25}

Por otra parte, por su alta prevalencia y la larga duración estas patologías tienen un alto impacto en el crecimiento económico, especialmente para los países en vías de desarrollo; un aumento del 10% en la magnitud de las ENT se asocia a una disminución de 0.5% del crecimiento económico anual; puesto que exigen una mayor

inversión en salud, generan disminución en la productividad, el ahorro y la oferta de mano de obra entre otros.^{10,25}

Estas patologías tienen un mayor impacto en los países en vías de desarrollo, en donde factores como la transición demográfica que abarca los efectos negativos de la globalización, la urbanización descontrolada, el aumento de la esperanza de vida y la modificación en los estilos de vida; conjuntamente con la transición epidemiológica que implica cambios en los patrones de enfermedad y mortalidad donde ENT compiten con las enfermedades infecciosas; tienen un alto impacto sobre todo en la población en situación de pobreza debido al deficiente acceso a servicios de salud especializados, diagnósticos tardíos, que merman la calidad de vida y productividad generando un círculo vicioso de pobreza.^{11,25}

La carga mundial de estas enfermedades es elevada y se mantiene en aumento, solo en América Latina la producción económica registro pérdidas de \$85 mil millones como resultado de enfermedades cardiovasculares y diabetes en el periodo comprendido entre el 2006-2015.^{3,25}

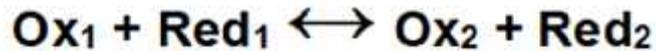
Se considera a las ENT como uno de los mayores desafíos del siglo XXI para la salud y el desarrollo, estas patologías afectan el potencial humano generando discapacidad y defunciones prematuras, de las defunciones por ENT mas del 40% de las mismas fueron muertes prematuras (<70 años de edad) en el 2012. Por esta situación la OMS absorta a los países a crear y aplicar políticas en salud pública con la intención de frenar el aumento en la morbimortalidad de estas patologías.^{11,25}

En el año 2011 los países miembros de la OMS acordaron la creación de “El plan de acción mundial sobre las enfermedades no transmisibles 2013-2020”, que busca frenar el avance en la prevalencia de estas patologías, en este documento se reconoce como factores de riesgo al consumo excesivo de tabaco, el consumo excesivo de alcohol, dietas inadecuadas, insuficiente actividad física, aumento de la presión arterial, aumento de los niveles de colesterol, aumento de los niveles de glucosa sanguínea, aumento del sobrepeso y obesidad sobre todo en personas jóvenes; lo más resaltantes es que estos factores se caracterizan por ser prevenibles, controlables y reversibles.^{24,25}

2.2.2. Radicales libres

En el año 1900 Gomberg sintetizó por primera vez un radical libre (trifenilmetilo) y postuló que podían tener alguna actividad biológica; actualmente se les puede definir como especies químicas (iones, átomos o moléculas) que en su estructura atómica presentan uno o más electrones desapareados en su orbital más externo, lo que les da una configuración espacial de alta inestabilidad haciéndolos extremadamente reactivos por lo que tienden a buscar su estabilidad electroquímica captando electrones de otros átomos o moléculas cercanos.^{4,26}

Los radicales libres basan su acción principalmente en reacciones de óxido-reducción (REDOX), donde el radical libre capta un electrón (agente reductor) de una molécula donadora (agente oxidante) (Figura nº 01).^{12,26} Esta tendencia de oxidar moléculas cercanas provoca la génesis de una serie de reacciones en cadena, donde la molécula donadora se convierte en otro radical libre con capacidad de oxidar otras especies químicas y así sucesivamente.^{27,28}



*Ox1 = Agente oxidante (cede electrones); Red1= Agente reductor (acepta electrones); Ox2 = Compuesto reducido; Red2 = Compuesto oxidado.
Fuente: Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad; Sanchez V., Mendez N. – 2013.*

Figura nº 01: **Esquema de una reacción de óxido-reducción (REDOX).**

Además de ser altamente reactivos se caracterizan por tener una vida media muy corta y no poseen receptores específicos lo que aumenta su carácter agresivo sobre los diferentes componentes celulares.^{4,29}

2.2.2.1. Mecanismo de producción de radicales libres

Desde el punto de vista molecular los radicales libres son moléculas pequeñas ubicuitarias y difusibles, que se producen tanto en el medio intra y extracelular por reacciones con o sin participación enzimática, mediadas por iones metálicos (Fe^{+2} y Cu^{+2}).^{27,29}

La mayoría de mecanismo de formación de radicales libres se basan en reacciones REDOX, aunque existen otros como la pérdida de un protón de una molécula o por ruptura homolítica de un enlace covalente formando dos fragmentos que poseen un electrón desapareado. Estas reacciones se producen normal y continuamente en diferentes compartimentos celulares principalmente en las mitocondrias entre otros.^{12,30}

La producción controlada de radicales libres permite diversos procesos fisiológicos como la fecundación del óvulo por los espermatozoides, la activación de genes y enzimas, la síntesis

del colágeno, prostaglandinas y hormonas tiroideas, la vasodilatación y fundamentalmente como actúan barrera de defensa del organismo ante virus y bacterias (leucocitos polimorfonucleares) por mencionar solo algunos.³⁰⁻³²

2.2.2.2. Clasificación de los radicales libres

Se pueden clasificar en base al tipo de átomo del que se originan, los principales radicales libres son los siguientes (Tabla nº 01).

a. Especies reactivas de oxígeno (ERO)

Son especies químicas que se producen por la reducción parcial de las moléculas de oxígeno, pudiendo provocar o no una reacción radicalaria. Entre las moléculas reactivas se pueden incluir al radical superóxido ($\cdot\text{O}_2^-$), al radical perhidroxilo ($\cdot\text{HO}_2$) y al radical hidroxilo ($\cdot\text{OH}$) siendo este el ERO más dañino; entre las moléculas más estables pero que su importancia radica en su capacidad de conjugarse para producir otras moléculas altamente reactivas, entre este grupo tenemos al peróxido de hidrogeno (H_2O_2).^{28,32}

b. Especies reactivas de nitrógeno (ERN)

Se producen por la oxidación de átomos de nitrógeno, dentro de este grupo podemos incluir al óxido nítrico (NO) que en concentraciones normales interviene en diversas funciones biológicas, es un potente vasodilatador – relajante de la musculatura lisa-, participa en la respuesta inmune; el NO da lugar a la formación de otros ERN tales como el dióxido nítrico ($\cdot\text{NO}_2$) (ONOO^-) este último con gran poder oxidante entre otros.^{31,32}

Tabla nº 01: **Clasificación de los radicales libres.**

RADICALES LIBRE	Especies reactivas de oxígeno (ERO)	Superóxido ($\cdot O^2$) Perhidroxilo ($\cdot HO^2$) Hidroxilo ($\cdot OH$) Peróxido de hidrogeno (H^2O^2) Oxígeno singlete ($1O^2$) Ozono (O^3) Acido hipocloroso (HClO)
	Especies reactivas de oxígeno (ERO)	Óxido nítrico ($\cdot NO$) Dióxido nítrico ($\cdot NO^2$) Cation nitrosonio (NO^+) Anión nitroxilo (NO^-) Peróxido nitrito ($\cdot ONOO^-$)

Fuente: Autoría propia – 2017.

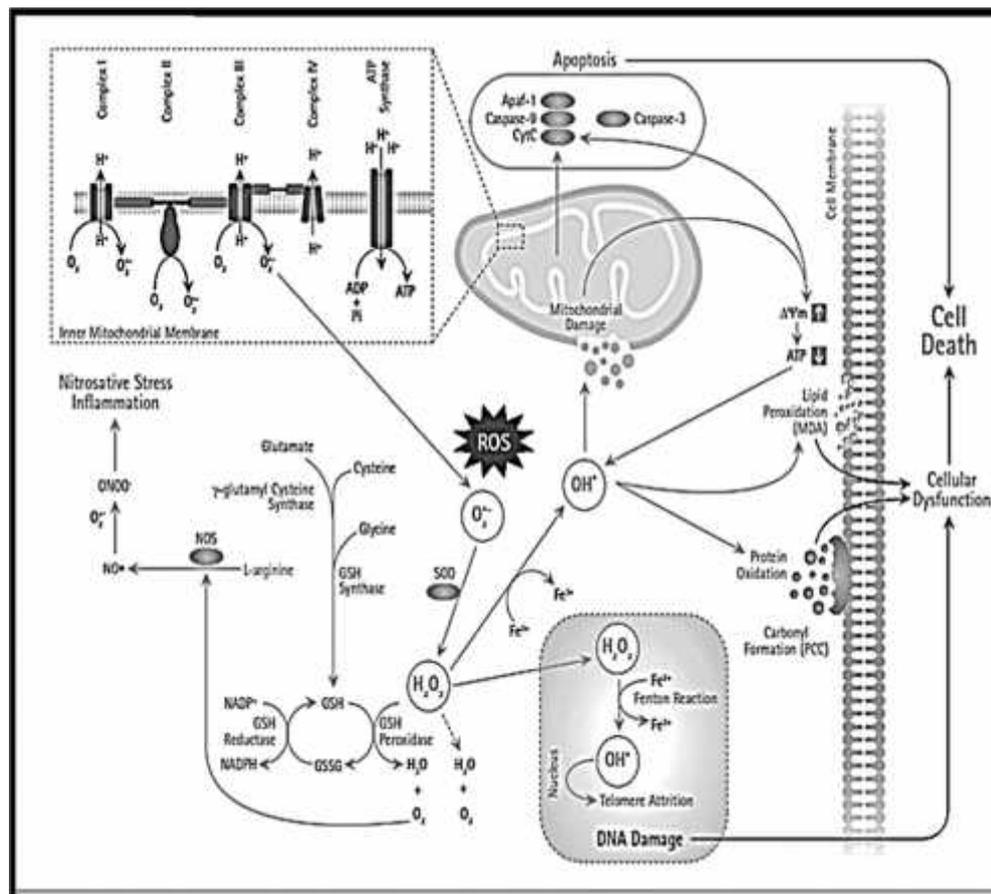
2.2.3. Especies reactivas de oxígeno

Los organismos aeróbicos necesitan del oxígeno, contenido en el aire, para la obtención de energía mediante la oxidación de los nutrientes; el oxígeno es un elemento sumamente tóxico pero estos organismos han desarrollado una serie de mecanismos de defensa para controlar los efectos citotóxicos del oxígeno.^{26,33}

El oxígeno molecular es de naturaleza birradicálica puesto que posee dos electrones desapareados en su último orbital, característica que le permite reaccionar con diferentes moléculas orgánicas. Las especies reactivas de oxígeno se producen por una serie de reducciones monoelectrónicas subsecuentes; se originan de la reducción parcial del oxígeno al recibir electrones de uno en uno. En una concentración adecuada las especies reactivas de oxígeno tienen funciones biológicas en el organismo como promover la síntesis del

colágeno, prostaglandinas, disminuyen la síntesis de catecolaminas por las glándulas suprarrenales, entre otras.^{27,32,34}

Las fuentes de producción de especies reactivas de oxígeno pueden ser endógenos procesos como la cadena de transporte de electrones (mitocondrial, microsomal, peroxisomal), enzimas citoplasmáticas (xantino oxidasas, lipooxigenasas) por nombrar algunos; pero también pueden producirse por factores exógenos como radiaciones ionizantes (alfa, gamma o beta), hábitos tóxicos (humo de cigarro, alcohol) alimentación inadecuada (alimentos con alto contenido calórico, de grasas y aditivos químicos), xenobióticos (quinonas, benzopirenos, biperidilos), hiperoxia, etc.^{28,34}



Fuente: Pathways and Biomarkers of Oxidative Stress; Merckmillipore - 2015.

Figura nº 02: Producción endógena de especies reactivas de oxígeno y vías para originar muerte celular.

La fuente principal de producción endógena de especies reactivas de oxígeno es la cadena de respiratoria mitocondrial -cadena de transporte de electrones para la producción de adenosina trifosfato (ATP)- se ha postulado que a nivel de los complejos II y III se produce una fuga de 1-5% de los electrones transportados generando la reducción monoelectrónica del oxígeno molecular (O_2) dando lugar a la formación del radical superóxido ($\cdot O_2^-$) el cual a través de diferentes reacciones da lugar a otros ERO (Figura nº 02).^{33,35}

2.2.3.1. Clasificación de las especies reactivas de oxígeno

Se clasifican de acuerdo a su alta reactividad, difusibilidad y vida media muy corta (Tabla nº 02).^{32,35}

a. Primarios o inorgánicos

Se originan por la transferencia de electrones sobre el átomo de oxígeno, se caracterizan por tener una vida media corta entre estos están el radical hidroxilo ($\cdot OH$) y el anión superóxido ($\cdot O_2^-$).^{27,35}

b. Secundarios u orgánicos

Se generan por la transferencia de electrones entre un radical primario y moléculas orgánicas, son de vida media un poco más larga, como los lipoperóxidos producidos por la oxidación de lípidos.^{27,35}

c. Intermediarios estables

Son especies químicas que no son radicales libres en sí, pero pueden generar un aumento de ERO, tales como el peróxido de hidrogeno (H_2O_2) el ácido hipocloroso ($OHCl$).³⁵

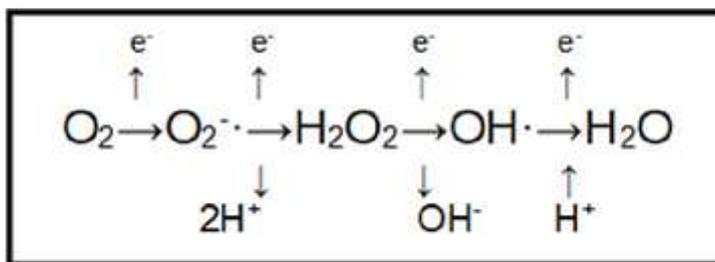
Tabla nº 02: **Clasificación de las especies reactivas de oxígeno.**

ESPECIES REACTIVAS DE OXIGENOS	Primarios o inorgánicos	Hidroxilo ($\cdot\text{OH}$) Anión superóxido ($\cdot\text{O}_2^-$)
	Secundarios u orgánicos	Lipoperóxidos
	Intermediarios no estables	Peróxido de hidrógeno (H_2O_2) Ácido hipocloroso (HOCl)

Fuente: autoría propia - 2017.

2.2.3.2. Mecanismo de producción de especies reactivas de oxígeno

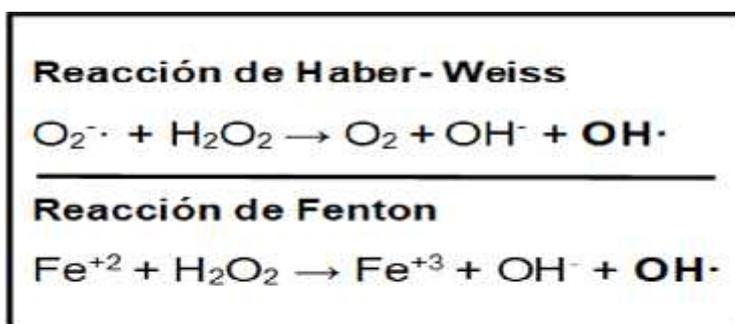
El mecanismo de formación de las especies reactivas de oxígeno empieza cuando el oxígeno molecular (O_2) recibe un electrón reduciéndose monoeléctricamente en radical superóxido ($\cdot\text{O}_2^-$), que poseen una limitada reactividad con las biomoléculas en medio acuoso pero con capacidad de originar otras especies reactivas; que al sufrir una segunda reducción monoelectrónica puede generar peróxido de hidrógeno (H_2O_2) que es una molécula más estable, que se considera como un intermediario mas no como un radical libre; si se da a lugar una tercera reducción se genera el radical hidroxilo ($\cdot\text{OH}$) (Figura nº 03), el cual se origina por la interacción entre el radical superóxido y el peróxido de hidrógeno en presencia de iones metálicos como el Fe^{+2} o Cu^{+2} , este mecanismo de formación del radical $\cdot\text{OH}$ se fundamenta en las reacciones de Fenton y Haber-Weiss (Figura nº 04).^{32,33,35}



Fuente: Estrés oxidativo; origen, evolución y consecuencias de la toxicidad del oxígeno. Lucía Constanza Corrales – 2012.

Figura nº 03: **Reducciones monoelectrónicas del oxígeno para producir especies reactivas.**

El radical hidroxilo es la especie reactiva de oxígeno más dañina pues posee una elevada reactividad, baja especificidad y una vida media muy corta (10^{-9} segundos); además de que el organismo no posee sistemas enzimáticos que eliminen el exceso de este; por lo que el daño que ocasione dependerá del compartimiento celular donde se forme y el tipo de biomoléculas que ataque.^{13,35}



Fuente: Los radicales libre y las defensas antioxidantes; María Montero – 1996.

Figura nº 04: **Reacciones de Haber-Weiss y Fenton.**

2.2.4. Sistema antioxidante

Se ha demostrado que los radicales libres, específicamente las especies reactivas de oxígeno, en concentraciones bajas son necesarias para diversos procesos fisiológicos. El oxígeno a pesar de

ser un elemento indispensable para la vida produce metabolitos citotóxicos; es por eso que los organismos aeróbicos han desarrollado una serie de mecanismos de defensa que buscan evitar la formación o neutralizar la acción de estas especies reactivas, estos son conocidos como sistemas antioxidantes.^{35,36}

El término antioxidante hace referencia a toda sustancia que en concentraciones bajas en relación al sustrato oxidable (biomoléculas) posee una mayor afinidad para interactuar con las especies reactivas. Actúan como agente reductor evitando la generación, retrasando o neutralizando el potencial oxidativo de las ERO, de esta manera manteniendo el equilibrio prooxidante-antioxidante para evitar los efectos nocivos de estos sobre las biomoléculas. Así también, estimulan la reparación de los componentes celulares dañados y aumentan la capacidad antioxidante del organismo.^{28,31,36}

2.2.4.1. Mecanismos de acción

Los antioxidantes ejercen su efecto sobre las especies reactivas de oxígeno a través de diferentes mecanismos de acción, los que varían según el tipo de biomoléculas, tipo de radical libre y compartimento celular donde actúe.^{31,36}

a. Mecanismo preventivo

Para evitar la formación especialmente de $\cdot\text{OH}$, en el que intervienen proteínas con núcleos coordinados o con capacidad de formar enlaces con metales divalentes (Fe^{+2} y Cu^{+2}), formando compuestos de coordinación con los radicales libres para neutralizarlos.^{34,36}

b. Mecanismo reparador

A través de enzimas que reparan o eliminan las biomoléculas que han sido dañadas por las especies reactivas de oxígeno.^{28,36}

c. Mecanismo secuestrador

Intervienen sustancias (enzimas o moléculas) que actúan como scavengers (eliminadoras) del exceso de especies reactivas de oxígeno.^{27,36}

2.2.4.2. Clasificación de los antioxidantes

Los antioxidantes se pueden clasificar de acuerdo a su estructura química y función biológica (Tabla nº 03).³⁶

a. Sistemas antioxidantes enzimáticos

Constituido por enzimas, que representan la primera línea de defensa celular ante los radicales libres; son de producción endógena y dependientes de cofactores metálicos.^{31,36}

Enzimas de acción directa

-) Superóxido dismutasa (SOD); es una metaloenzima de amplia distribución en el organismo, se localiza principalmente en el citosol y el espacio intermembranoso mitocondrial.; cataliza la conversión del radical superóxido a peróxido de hidrogeno, necesita cofactores metálicos (Fe, Cu.).^{4,36}
-) Catalasas (CAT); es una enzima tetramérica, de amplia distribución en el organismo, de localización

intracelular (mitocondrias, peroxisoma, citosol); posee dos funciones específicas, es catalítica y peroxidativa, cataliza la reacción del peróxido de hidrogeno a agua.^{27,36}

-) Glutación peroxidasa (GPx); enzima seleno-dependiente, se localiza en la mitocondria, citosol y lisosoma; cataliza la reacción de reducción del H₂O₂ en radical peroxilo, usando como agente reductor al glutación; su función es evitar la oxidación de los lípidos de la membrana celular.^{4,36}

Enzimas no vinculadas directamente:

-) Glutación reductasa; enzima que regenera glutación reducido una vez que ha sido oxidado.³⁶
-) Proteasas; que actúan como eliminadoras de proteínas dañadas por los procesos oxidativos, tales como la ubiquinona, proteasas multicatalítica, etc.³⁶
-) Transferasas, quinonas reductasas y hemooxigenasa; que previenen la formación de radicales libres mediante el ciclado de electrones.³⁶

b. Sistemas no enzimáticos

Representan la segunda línea de defensa celular, actúan como secuestradores de radicales libres residuales, se activa cuando la primera línea de defensa se satura; su acción es tanto a nivel celular y extracelular.^{34,36}

Sistemas endógenos; son compuestos producidos por reacciones propias del organismo.

-) Glutación reducido (GSH); es un tripéptido (gamma glutamil-cisteinil-glicina) que participa en el

metabolismo de los aminoácidos; posee una alta capacidad neutralizadora de radicales libres, reduce el H_2O_2 en agua en presencia de la GPx, transformándose en glutatión oxidado (GSS) el cual es reducido enzimáticamente a GSH por el glutatión reductasa.^{29,36}

-) Moléculas que disminuyen la concentración de metales de transición necesario para la reacción de Haber-Weiss., tales como transportadores de metales (transferrina y la ceruloplasmina) y quelantes de hierro (deferroxina).^{32,36}

Sistemas exógenos; sustancias necesarias que, al no ser producidas por el organismo, provienen de fuentes externas.^{13,36}

-) Vitamina E (-tocoferol); es un lípido isoprenoide de la familia de los tocoferoles; es el antioxidante liposoluble más eficiente, reduce la formación de lipoperoxidos por la presencia del hidroxilo fenólico en su anillo cromano. Al reaccionar forma el radical tocoferol que por acción de la vitamina C vuelve a su forma reducida; es esencial para la protección de las membranas celulares.^{29,36}

-) Vitamina C (Ácido ascórbico); es un derivado ácido de la glucosa, posee una configuración de lactona, los grupos hidroxilos funcionan como agentes reductores; es el antioxidante más potente inhibe la formación de radical superóxido, además regenera al tocoferol y evita la lipoperoxidación.^{31,36}

-) Vitamina A (-caroteno); es el carotenoide más importante, pertenece al grupo de antioxidantes

liposolubles; reduce las concentraciones de oxígeno singlete y $\bullet\text{OH}$, impidiendo que interaccionen con los dobles enlaces conjugados de las cadenas insaturadas de los lípidos.^{30,36}

-) Polifenoles; especies químicas que poseen un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilos, entre ellos podemos mencionar a los ácidos fenólicos, flavonoides, y taninos.^{26,36}
-) Metales que actúan como cofactores en las reacciones de neutralización de los radicales libres, tales como el hierro, zinc, cobre, magnesio y selenio entre otros.^{31,36}

Tabla nº 03: **Clasificación los antioxidantes**

ANTIOXIDANTES	Sistemas antioxidantes enzimáticos	Enzima de acción directa	Superóxido dismutasa (SOD) Catalasas (Cat) Glutación peroxidasa (GPx)
		Enzimas no vinculadas directamente	Glutación reductasa Proteasas Transferasas
	Sistemas antioxidantes no enzimáticos	Endógenos	Glutación reducido (GSH) Moléculas transportadoras de metales
		Exógenos	Vitamina E (a-tocoferol) Vitamina C (Ac. Ascórbico) Vitamina A (b-carotenos) Polifenoles (flavonoides y taninos) Metales (Fe, Cu, Mg, etc)

Fuente: Autoría propia – 2017.

2.2.5. Estrés Oxidativo

Más del 95% del oxígeno consumido por las células se reduce a través de cadena respiratorio mitocondrial, aproximadamente entre un 1 – 2% puede generar especies reactivas de oxígeno.^{36,37}

La producción endógena de especies reactivas en valores adecuados resulta esencial para la producción de energía, la activación e inactivación de biomoléculas, en la transducción de señales, en el recambio celular, como defensa ante agentes infecciosos, etc.^{28,37}

En una célula normal existe un equilibrio adecuado entre moléculas prooxidantes y antioxidantes, el estrés oxidativo ocurre cuando este equilibrio se rompe a favor del primero; debido a un aumento en la concentración de moléculas inestables, debilitamiento de los sistemas antioxidantes o por ambas.³⁷

2.2.5.1. Efecto del estrés oxidativo sobre las biomoléculas

Este desorden ocasiona la oxidación de las biomoléculas (proteínas, lípidos y ADN); alterando su estructura y por ende sus funciones, ocasionando envejecimiento celular, muerte celular por apoptosis o necrosis, lo que conlleva a una pérdida parcial o total de las funciones de los sistemas fisiológicos; si el daño es prolongado y masivo puede generar enfermedades crónicas y degenerativa.^{31,38}

a. Oxidación proteica

Se define como una modificación covalente de las proteínas, donde las especies reactivas actúan sobre los aminoácidos que las conforman, especialmente en

residuos de fenilalanina, tirosina, triptófano, histidina y metionina; originando entrecruzamientos de cadenas peptídicas, rompimiento de enlaces peptídicos, formación de grupos carbonilos, pérdida de la afinidad por los metales e incremento en la hidrofobicidad de las mismas; estas modificaciones generan cambios en la estructura, actividad y función de las mismas, tal como inhibición de la actividad enzimática y hormonal, un incremento de la susceptibilidad a la agregación y proteólisis, aumento o disminución de la captación celular y también altera el transporte de iones y la inmunogénesis.^{36,38}

b. Oxidación lipídica

La alteración en los lípidos (fosfolípidos, triglicéridos y lipoproteínas) se denomina lipoperoxidación. Es de importancia cuando la lipoperoxidación se da sobre los fosfolípidos de las membranas celulares; alterando los ácidos grasos poliinsaturados (pUFA) que son componentes esenciales de los fosfolípidos; este proceso ocasiona pérdida de la flexibilidad de las membranas y pérdida de los gradientes iónicos a ambos lados de la misma, sumado esto a las modificaciones sobre las proteínas resulta en la pérdida de permeabilidad y estabilidad de la membrana, derivando en la muerte celular.^{26,38}

c. Oxidación del ADN

Las especies reactivas pueden dañar las hebras de ADN - molécula que guarda toda la información genética- el proceso de oxidación desestabiliza a la desoxirribosa provocando que este azúcar se libere de las bases

nitrogenadas, originando deleciones que son causantes de mutaciones, reordenamientos cromosómicos, activación/inactivación de genes también pueden afectar la biosíntesis de las cadenas de ADN; además puede alterar funciones celulares dañando genes que codifican proteínas específicas y también producir errores durante la transcripción y traducción del ácido ribonucleico (ARN) entre otras alteraciones genéticas.^{31,38}

d. Oxidación de polisacáridos

La función principal de estas biomoléculas es de tipo estructural, los radicales libres ocasionan su despolimerización generando procesos degenerativos; tal como se puede apreciar en la artritis reumatoide, donde el ácido hialurónico -que mantiene la viscosidad del fluido sinovial-, al ser atacado por el radical superóxido se fragmenta provocando desestabilización del tejido conectivo y pérdida de la viscosidad del fluido sinovial.^{36,38}

2.2.5.2. Estrés oxidativo y enfermedades no trasmisibles

El estrés oxidativo se relaciona al desarrollo y progresión de muchos procesos patológicos graves, así como también al envejecimiento celular; debido al efecto deletéreo de las especies reactivas de oxígeno que promueven la lipoperoxidación y oxidación de proteínas y del ADN.^{13,38}

Existe evidencia de que muchas enfermedades tienen un detonante en el desequilibrio del estado oxidativo, entre estas podemos incluir a las ENT tales como la diabetes mellitus de tipo II, enfermedades neoplásicas y enfermedades cardiovasculares;

siendo las enfermedades coronarias las que provocan mayor cantidad de defunciones a nivel mundial.^{28,33,38}

2.2.5.3. Estrés oxidativo y antioxidantes exógenos

Como ya se ha visto los antioxidantes exógenos son aquellas sustancias que no pueden ser producidas por el organismo, por lo que necesitan ser ingeridas a través de suplementos o alimentos a través de la dieta.³⁸

Algunas investigaciones han determinado que las enfermedades relacionadas al estrés oxidativo, pueden ser prevenidas o disminuir su avance con el uso de la terapia antioxidante, la cual consiste en administrar una carga adecuada de antioxidantes, pudiendo ser estos aislados o sintetizados en laboratorios, aunque este tratamiento alternativo es controversial porque existen estudios contradictorios sobre el efecto protector de estas sustancias.^{28,38}

Una dieta rica en antioxidantes puede prevenir y disminuir el deterioro funcional ocasionado por el estrés oxidativo. Además, parece ser que la mejor terapia antioxidante sería mejorar los estilos de vida, aumentar la actividad física y sobre todo incluir en la dieta alimentos con alto aporte de sustancias antioxidantes.^{10,28,38}

2.2.6. Alimentos funcionales

La tendencia de consumo de la población en cuanto alimentación, ha evolucionado de solo saciar el hambre hacia el consumo de alimentos que además de contener nutrientes ofrezcan una característica

beneficiosa sobre algunos procesos fisiológicos y reduzcan el riesgo de padecer alguna enfermedad.^{5,39}

El concepto de alimento funcional nació en Japón hace más de 30 años, como medida para el control de los gastos en salud pública; denominados como alimentos para uso específico de salud FOSHU (Foods For Specific Health Uses) “alimentos con efectos positivos sobre la salud, el desempeño físico y mental del consumidor en adición a su valor nutricional, como resultado de sus ingredientes (prebióticos, probióticos, antioxidantes, ácidos grasos omega 3, fitoestrógenos entre otros) o porque se le ha removido componentes con efecto perjudicial para la salud (alérgenos, sustancias irritantes)”. Además, es importante mencionar que Japón es el único país que cuenta con una legislación específica para la comercialización y rotulado de este tipo de alimentos.^{40,41}

Actualmente la definición más utilizada para estos alimentos es la del ILSI (International Life Science Institute), que los denomina como aquellos “alimentos que posean efectos beneficiosos para la salud sobre una o más funciones del organismo, más allá de sus propiedades nutricionales habituales, de modo que pueda contribuir a mejorar el estado general de salud o a reducir el riesgo de padecer alguna enfermedad, o ambas cosas”, se puede añadir que puede ser un alimento natural o procesado, que contenga compuestos bioactivos que afecten funciones biológicas de forma positiva y específica, promoviendo efectos fisiológicos y psicológicos beneficiosos, además de contar con respaldo científico.⁴¹⁻⁴³

2.2.6.1. Criterios para determinar la funcionalidad de un alimento

Un alimento funcional puede ser un alimento natural, un alimento al que se le aumente la concentración de un componente hasta concentraciones que se espera produzcan efectos deseados, un alimento al que se le ha añadido algún componente que aporte funcionalidad, en el que se ha eliminado un componente que pueda afectar la salud o cuando se ha producido cualquier combinación de las anteriores posibilidades. Para que un alimento pueda ser considerado con el término de funcional debe cumplir con una serie de características (tabla nº 04).^{42,44}

Tabla nº 04: **Características para denominar a un alimento como funcional.**

CARACTERÍSTICAS DE UN ALIMENTO FUNCIONAL

Deben de presentarse como alimento no como medicamento.

Los efectos beneficiosos deben de tener una base científica.

Las sustancias funcionales deben poder identificarse y cuantificarse a través de métodos analíticos.

Deben contener uno o más componentes, que independiente del valor nutricional, demuestren ser beneficiosos para la salud o prevenir el riesgo de desarrollar alguna enfermedad.

El valor nutricional no debe verse afectado por estas sustancias.

Deben de poder formar parte de una dieta normal.

No deben ser nocivos si se ingieren en una cantidad superior a la indicada.

Fuente: autoría propia – 2017.

2.2.6.2. Alimentos funcionales y fitonutrientes

Los alimentos funcionales pueden ser de origen animal o vegetal, que al ser incluidos en la dieta aportan una serie de compuestos bioactivos con propiedades funcionales; tales como macronutrientes (fibra, ácidos grasos omega 3, etc.), micronutrientes (vitaminas o minerales), o no nutriente (antioxidantes), etc.^{45,46}

Los alimentos de origen vegetal son fuente de diversas investigaciones, principalmente por la concentración de componentes bioactivos de interés terapéutico denominados fitonutrientes -poseen actividad biológica en las células, así como también intervienen en mecanismos fisiológicos con efectos benéficos para la salud-, tales como polifenoles, isoprenoides, ácidos grasos esenciales como el omega 3 y 6 (3 y 6), terpenos, -glucanos, carotenoides y tocoferoles, por nombrar solo algunos.^{47,48}

2.2.7. Cianobacterias

Las cianobacterias son organismos procariotas, consideradas como una de las formas de vida más primitivas y que han tenido un papel importante en la evolución de la vida en la tierra. La palabra cianobacteria deriva del prefijo griego “cyano” que significa azul, comúnmente son llamadas algas verdeazuladas por la coloración que presentan.^{13,49}

Las cianobacterias agrupan a una gran variedad de microorganismos que se clasifican dentro del reino monera, comparten características con el resto de bacterias al poseer pared celular tipo procariota y

ausencia de membrana nuclear y orgánulos; pero también con las plantas al realizar fotosíntesis oxigénica y con otros organismos de mayor orden en el reino animal por la capacidad de almacenar azúcares complejos similares al glucógeno en su pared celular, además de lípidos y proteínas como fuente de reserva.^{14,49}

Estos son seres fotótrofos y autótrofos, que no tienen requerimientos nutricionales muy altos, tienen capacidad de utilizar el CO₂ como fuente de carbono, aunque carecen del fotosistema II; algunas utilizan agua como fuente de electrones para la fotosíntesis, además que no obtienen ATP por oxidación de compuestos orgánicos, sino por fosforilación en la fotosíntesis.^{49,50}

Se diferencia de muchas bacterias al tener la capacidad de realizar diferenciación celular, generando células especializadas como los heterocistos, que le dan la capacidad de fijar nitrógeno por la enzima nitrogenada que solo se activa en medio anaeróbico, utilizan nitrato y amonio como fuente de nitrógeno, además algunas pueden fijar nitrógeno molecular; contribuyendo así al ciclo del nitrógeno, así como también al ciclo del oxígeno y carbono.^{14,50}

2.2.7.1. Clasificación taxonómica

Estos seres pertenecen al reino monera, pero comparados con otros seres procariontes, las cianobacterias pueden alcanzar grandes diámetros, con morfología compleja y de gran diversidad, se encuentran especies unicelulares y filamentosas, ramificados o no; además que pueden formar colonias con diferentes grados de complejidad.⁵¹

La clasificación taxonómica se basa en la combinación de características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas. Se han registrado cerca de 1000 especies de este tipo de microorganismo, destacando entre estos los géneros nostocales y oscillatoriales como el *N. commune* (cushuro) y la *S. platensis* (spirulina) respectivamente.^{49,51}

2.2.7.2. Factores atmosféricos

Se ha determinado que las cianobacteria son una especie primitiva, lo que ha permitido que desarrollen mecanismo de adaptabilidad y puedan desarrollar colonias en todo tipo de ecosistemas. Su variedad morfológica, estructural y fisiológica permite que se adapten a una amplia gama de parámetros ambientales, además de que las necesidades nutricionales para su desarrollo son muy bajas y pueden adaptarse rápidamente a distintas intensidades de luz y factores ambientales.^{51,52}

Estos seres procariotas son seres ubicuos, ampliamente distribuidos en todas las latitudes, desde ambientes terrestre y acuáticos continentales y profundidades marinas; además toleran ambientes extremos hallándose en manantiales de aguas termales, tundras heladas, en cuevas, desiertos y lagos salados. También se han encontrado colonias en sitios altamente contaminados como agua residual, desagües, basura, etc. Además, para asegurar su supervivencia en condiciones extremas establecen relaciones simbióticas con otros organismos, como ejemplo con hongos formando líquenes en suelos hostiles y pobres en nutrientes.^{52,53}

2.2.7.3. Aporte nutricional

Se tiene registro de que muchas civilizaciones antiguas incluyeron a las cianobacterias como parte de su dieta y además le otorgaron propiedades curativas, por mencionar algunas tenemos la tribu Chad en el África, China en Asia y Azteca e Inca en América; siendo China el país con mayor consumo, producción y cantidad de estudios realizados en estos seres procariotas.^{51,53}

Se considera como un alimento de alto valor nutritivo, de fácil digestibilidad al no poseer celulosa en su pared celular, como las algas eucariotas, lo cual favorece su aprovechamiento por el organismo. También se ha determinado que la mayoría posee un alto contenido proteico (32-70%), aportando la mayoría de aminoácidos esenciales.^{49,54}

En cuanto al contenido lipídico es bajo, encontrándose ácidos grasos con cadenas de 12 a 22 carbonos, pudiendo ser tanto saturados como mono o poliinsaturados, en la mayoría de las especies el contenido de ácidos grasos poliinsaturados (3 y 6) representan entre el 25-60 % de total de lípidos.^{51,55}

Son ricos en carbohidratos llegando hasta un 50%, esto puede ser porque sintetizan carbohidratos como la trehalosa y sacarosa -implicada en el transporte del esqueleto carbonado al heterocisto para la fijación de nitrógeno-, además porque tienen la capacidad de almacenar un tipo de glucógeno similar al animal y también por los polisacáridos contenidos en la pared celular.^{13,56}

Aunque se debe tener en consideración que el valor nutricional como el de compuestos bioactivos dependerá de la especie, del espacio de crecimiento y de factores ambientales como altitud, temperatura, exposición solar, pH, entre otros. Así como es importante también conocer que existen especies comestibles y otras potencialmente tóxicas que pueden generar efectos negativos en humanos y animales.^{8,57}

2.2.7.4. Interés farmacológico e industrial.

Se consideran como el grupo de seres procariotas más conspicuo en la búsqueda de compuestos bioactivos, puesto que producen una gran variedad de metabolitos secundarios que por sus características estructurales y actividad biológica son de interés para la industria farmacológica y alimentaria.^{14,57}

Diversos estudios han determinado que son una buena fuente de antioxidantes, esto puede deberse que para asegurar su supervivencia han desarrollado diversos mecanismos protectores para afrontar situaciones de estrés. Además, son una buena fuente de compuestos fenólicos, así como también de pigmentos fotosintéticos como α -tocoferol, ficocianina, ficoeritrina, carotenoides, ácido ascórbico, además de glutatión reducido, superóxido dismutasa, catalasa y peroxidasa. Compuestos que han demostrado tener mayor capacidad antioxidante al ser comparadas con antioxidantes artificiales como el butilhidroxitolueno (BHT), siendo de interés para la industria de alimentos.^{23,49,57}

Entre otros metabolitos secundarios de gran interés que se han podido identificar, se puede mencionar diferentes tipos de

péptidos, alcaloides, coenzimas; como las cianobactinas pequeños péptidos cíclicos utilizados para la elaboración de medicamentos antipalúdicos y antitumorales; y se considera que aún existen muchos metabolitos por ser aislados.^{14,57}

Muchos de estos metabolitos secundarios cuentan con interés farmacoterapéutico, que en diversos ensayos han evidenciado efectos antiinflamatorios, antimicrobianos, antivirales, antifúngicos, antitumorales, inmunomoduladores; así como también la capacidad de inhibir enzimas y un efecto protector contra la radiación ultravioleta. También se ha observado su eficacia en tratamientos de algunos tipos de alergias, anemias, hepatotoxicidad, hiperglicemia, en infecciones por VIH, herpes simplex, citomegalovirus humanos, virus de gripe.^{15,51,57}

Actualmente existe un creciente interés sobre estos seres procariotas para la producción de biocombustible (bioetanol) al no tener requerimientos nutricionales altos para su desarrollo y una alta tasa de proliferación y considerando que su capacidad de convertir la energía solar en energía química, es más eficiente que en otros organismos vivos.^{49,57}

2.2.7.5. Principales cianobacterias

Como se mencionó previamente las cianobacterias se han utilizado como fuente de alimento y parte de la medicina desde tiempos remotos por diferentes culturas; actualmente son fuente de diversas investigaciones, siendo las cianobacterias filamentosas las más estudiadas, destacando dentro de este grupo la *S. platensis* (spirulina), como fuentes de nutrientes y compuestos bioactivos.^{55,57}

La *S. platensis* (spirulina), es una cianobacteria de morfología unicelular, filamentosa en espiral, a lo que debe su nombre, perteneciente a la familia oscillatoraceae. Suelen proliferar en lagunas alcalinas de Asia, África, América del sur y México, donde se ha tecnificado su producción.^{58,59}

Desde los años 70 se le considera como un complemento alimenticio, por su valor nutricional y con varias propiedades benéficas para la salud. Además, se ha evidenciado una mejora en el estado nutricional de los pobladores en zonas rurales que la incluyeron en su alimentación.^{8,60}

Se considera como un “alimento completo”, principalmente por su contenido proteico (65-71%), contiene todos los aminoácidos esenciales, aunque es deficiente en metionina, cisteína y lisina, pero en menor medida que muchas proteínas vegetales. Además, es rica en vitaminas, especialmente las del complejo B, aporta toda la vitamina B₁₂ requerida en un día, el 70% de B₁ (tiamina) el 50% de B₂ (riboflavina) y el 12% de B₃ (niacina); además de ácidos grasos, minerales y antioxidantes como - caroteno, clorofila, ficocianina y un alto contenido de vitamina E.^{16,58-60}

Estas cianobacterias destacan por su capacidad hipolipemiente y su potencial antioxidante, a las que se le ha atribuido efecto terapéutico en el tratamiento de algunos tipos de cáncer, alergias, enfermedades virales y problemas cardiovasculares entre otros.^{8,60}

La *S. platensis* (spirulina) es reconocida por su poder hipolipemiente, debido a que contiene ácido gamma linolénico,

ácido graso polinsaturado con propiedades terapéuticas; utilizado para tratar enfermedades de la piel, enfermedades vasculares, Parkinson y esclerosis múltiple.⁶⁰

2.2.8. *N. commune* (cushuro)

Las cianobacterias del género Nostoc, erróneamente denominadas como algas verde-azuladas por la coloración que presentan, son procariontes heterocísticos fijadores de nitrógeno atmosférico. Que han sido utilizado como complemento alimenticio y medicinal por diversas culturas a nivel mundial, tanto en Asia (China y Japón), África (Chad), y América (México, Bolivia, Ecuador y Perú) por miles de años.^{23,61}

Estos microorganismos son seres ubicuos, cosmopolitas que forman colonias tanto microscópicas como macroscópicas en diversas zonas terrestres y bentónicas, desde mares y lagos a desiertos áridos y árticos. Se adaptan a climas extremos como temperaturas bajo cero y atmosferas carentes de oxígeno, prosperando activamente aun en alturas sobre 3000m a 5000 m.s.n.m.^{16,58,61}

Dentro del género Nostoc podemos encontrar diferentes especies algunas de las cuales se desarrollan en zonas de gran altura de Perú, Bolivia y Ecuador; y que han sido utilizados por los pobladores de estas zonas desde tiempos precolombinos; fue incluida en la dieta de los guerreros incas para el fortalecimiento de huesos y dientes.^{51,61}

Esta cianobacteria es llamada folclóricamente cushuro (voz quechua que significa cespino) o nostoc o murmunta o llullucha; es una de las cinco especies de Nostoc que se consumen en la zona sierra del Perú, sobretudo en la región puna. Comúnmente crecen de forma silvestre y se recolectan en las orillas de lagos y lagunas o en zonas cercanas

a estas; su actividad extractiva ampliamente distribuida en ámbitos rurales de las regiones de Ancash, Cuzco, Puno, Junín, Amazonas, Lima, La Libertad y Tumbes. Representa una fuente alimenticia de fácil acceso, de muy bajo costo y crecimiento sencillo que complementa la alimentación de los pobladores en zonas alto andinas.^{18,52,61}

2.2.8.1. Características morfológicas

En su estructura morfológica, presentan filamentos no ramificados torcidos, formando tricomas sencillos; además de presentar células vegetativas con algunos heterocistos presentes en el medio de estos filamentos; también posee filamentos cortos y móviles denominados hormogonios. Además, se ha identificado que, en situaciones de limitación de nutrientes, pueden desarrollar estructuras similares a las esporas denominados acinetos.^{19,61}

El *N. commune* (cushuro) suele encontrarse flotando libremente en las superficies menos profundas de lagos y lagunas a gran altura; suelen formar colonias esféricas, con parecido a uvas, perlas o cuentas de rosario, de aspecto translucido, y gelatinoso.^{54,61}

La forma esférica que presentan se debe a capacidad de formar una vaina constituidos por polisacáridos que forman capas mucilaginosas que contienen a los filamentos enrollados formando tricomas embebidos en una matriz gelatinosa. El rango del tamaño de las colonias va desde mm a cm; con un diámetro que varía de 10 mm a 25mm, habiéndose descrito algunas de hasta 2,6 kg en peso húmedo (Figura nº 05).^{20,61}

En relaciona al rango de color, se han podido observar colonias desde verde, amarilla-verde, marrón, verde oscuro a negro y raramente rojo; esta característica está determinada por los pigmentos que presenta, principalmente por la concentración de -clorofila (verde), ficocianina (azul) y ficoeritrina (rojo) y que al combinarse dan origen a estas diversas tonalidades; aunque existe una especie verde-gris que contienen neurotóxicas. Se ha determinado que el grosor de la capa gelatinosa y su color contribuyen a su apariencia.^{14,51,61}



Variación de color, tamaño y forma del *N. commune* (cushuro).
Fuente: autoría propia – 2017.

Figura nº 05: **Característica morfológicas del *N. commune* (cushuro).**

Suele encontrarse en abundancia durante los periodos de lluvia (diciembre a abril), siendo la mejor época para la recolección los meses de febrero a abril. Pudiéndose también encontrar en épocas más secas en forma de “costras ennegrecidas” y que al rehidratarse recuperan su apariencia globular y su tonalidad.^{20,61}

2.2.8.2. Clasificación taxonómica

El *N. commune* (cushuro) pertenece al reino monera que por sus características se ha clasificado de la siguiente manera (Tabla nº 05).⁶²

Tabla nº 05: **Clasificación taxonómica del *N. commune* (cushuro).**

REINO	MONERA.
DIVISIÓN	Cyanobacteria
CLASE	Cyanophyceae.
SUBCLASE	Nostocophycideae.
ORDEN	Nostocales.
FAMILIA	Nostocaceae.
GÉNERO	Nostoc
ESPECIE	Nostoc commune vaucher (<i>N. commune</i>)

Fuente: Kulasooriya S. A. Cyanobacteria: Pioners of planet earth. Ceylon Journal of Science - 2011

2.2.8.3. Aporte nutricional

Investigaciones han determinado que el *N. commune* (cushuro) es alimento con propiedades nutritivas. La calidad nutricional se basa en su contenido proteico, así como de ácidos grasos, vitaminas y minerales. En un ensayo se encontró que 100g de producto desecado contiene 25,4 g de proteínas, 62,4g de glúcidos, 0,8g de lípidos, 6,30g de agua, 5,10 de cenizas, 258 mg de fosforo, 1,076 mg de calcio 19,6 mg de hierro y 10ug de vit. A. Esto se asemeja a otros dos estudios donde se determina que su aporte de proteínas es de 23-30% y de lípidos de 2%.

Tales valores son semejantes a los establecidos en las tablas peruanas de composición de los alimentos (Tabla nº 06).^{16,49,62}

Tabla nº 06: **Aporte nutricional del *N. commune* (cushuro)*.**

NUTRIENTE	VALOR
Energía (Kcal)	242
Agua (g)	15.1
Proteínas (g)	29.0
Grasa (g)	0.5
Carbohidratos (g)	46.9
Calcio (mg)	147
Fósforo (mg)	64
Hierro (mg)	83.60
Tiamina (mg)	0.20
Riboflavina (mg)	0.41

* Aporte nutricional del alimento deshidratado
Fuente: Tablas peruanas de composición de alimentos 2008 – CENAN.

Así también es interesante que a pesar que el contenido lipídico es bajo, aproximadamente el 50% de los lípidos contenidos corresponde a ácidos grasos polinsaturados, teniendo una alta concentración de ácido pentadecanoico, ácido mirístico, palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico y linoleico, así como también se han encontrado ácidos grasos que no se encuentran en algas marinas y en otros seres procariotas.^{50,56,62}

2.2.8.4. Propiedades benéficas para la salud

Se ha demostrado que el *N. commune* (cushuro) posee un alto aporte nutricional, pero además cuenta con un potencial de interés farmacológico, terapéutico y para la industria de alimentos. Además de haber sido utilizado como “hierba medicinal” para tratamiento de diferentes dolencias desde hace cientos de años, se le atribuyó efectos terapéuticos en el tratamiento de inflamaciones, ceguera nocturna, ansiedad, fatiga crónica, mineralización ósea.^{53,60,62}

A través de diferentes estudios se ha podido determinar que el Nostoc es buena fuente de compuestos bioactivos -metabolitos secundarios que los protegen contra factores agresivos-beneficiosos para la salud y de interés farmacológico. Entre estos efectos se puede incluir actividad antiviral, antifúngica, antibacteriana, antitumoral e hipolipemiente.^{23,62}

En un estudio en ratas que llevaron una alimentación rica en colesterol, se observó que logró reducir el colesterol y triglicéridos plasmáticos (en un 20%); esto se atribuye a la presencia de antioxidantes, que inhiben la expresión de genes relacionados al metabolismo del colesterol, también se determinó que contribuyó a la pérdida de peso en estos animales.^{55,62}

La presencia de pigmentos como la -clorofila, ficobiliproteínas como la ficocianina y la ficoeritrina, compuestos fenólicos como el 4-hidroxibenzaldehído y 3,4-dihidroxibenzaldehído; además de otros compuestos con carácter antioxidante tales como

vitaminas y minerales las hace interesante para la industria de alimentos y farmacológica.^{58,61,62}

Si bien es cierto son numerosos los benéficos que se les ha atribuido, aún no están claros los mecanismos detrás de estos efectos biológicos; por lo que se considera importante su estudio en detalle para lograr identificarlos.^{61,62}

2.2.9. Capacidad antioxidante

La actividad antioxidante es esencial para la vida y permite contrarrestar los efectos deletéreos del ambiente fuertemente oxidante en el que vivimos. Se puede decir que la capacidad antioxidante de un alimento es el resultado del grado interacción de sus componentes antioxidantes en relación a la exposición a radicales libres.⁶³

2.2.9.1. Métodos de determinación de la capacidad antioxidante

Los métodos de determinación de la capacidad antioxidante total se basan en comprobar cómo un agente oxidante es inhibido o reducido en presencia de un antioxidante. Siendo esta inhibición proporcional a la capacidad antioxidante de la muestra.^{9,63}

Varios de los ensayos actuales para medir la capacidad antioxidante total son variantes del ensayo tradicional; la mayoría de estos emplean radicales que actúan como oxidantes iniciadores, disueltos en solventes orgánicos polares a temperatura ambiente. Los métodos más utilizados son el 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) y el 2,2'-azino-di-[3-

etilbenzotiazolin sulfonato] (ABTS). Donde la actividad secuestradora de átomos de hidrógeno o electrones de los radicales de los reactivos de DPPH y ABTS, sirve como indicador del potencial de capacidad antioxidante de un compuesto.^{14,63}

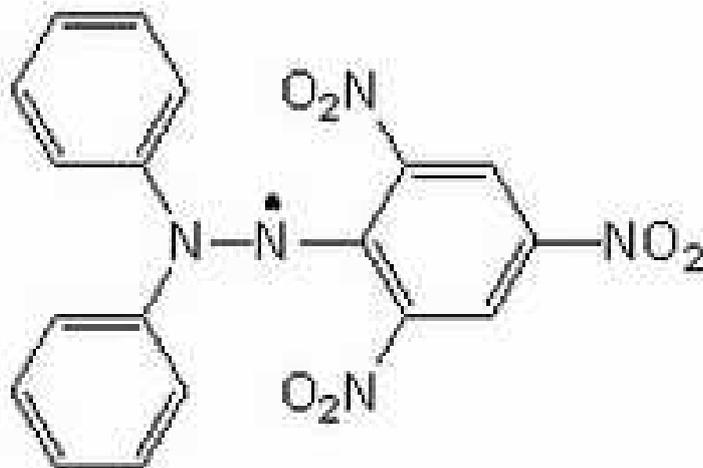
Además, existen métodos para determinar antioxidantes individuales o un grupo específico de estos, se puede mencionar algunos como el método de Folin Ciocalteu para determinar compuestos fenólicos totales y el método espectrofotométrico para determinar ácido ascórbico. Además, hay que tener en consideración que la sumatoria de mediciones individuales de antioxidantes no da certeza de la capacidad antioxidante total de una muestra, debido que estos pueden interactuar entre si pudiendo potenciar o inhibir su acción.^{18,63}

2.2.9.2. Determinación de la actividad antioxidante por el método 2,2-difenil.1-picrilhydracilo (DPPH)

El método de DPPH planteado por Brand-Williams se basa en la neutralización del radical 2,2-difenil.1-picrilhydracil (\cdot DPPH), que es un radical estable y en el que se mide su capacidad de secuestro de electrones o átomos de hidrogeno en una muestra, para volverse una molécula diamagnética estable (Gráfico nº 06).⁶¹⁻⁶³

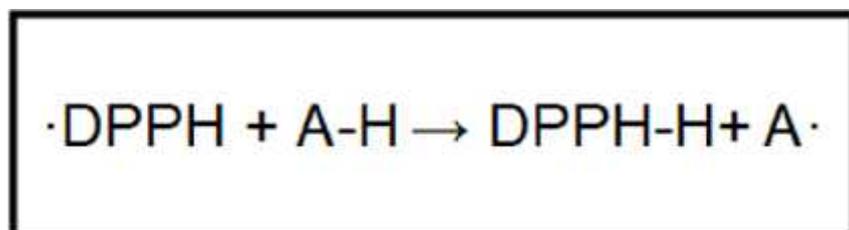
El reactivo DPPH exhibe una tonalidad de color morado oscuro, decolorándose hacia amarillo al reaccionar con una sustancia antioxidante; la reacción química que explica la variación de color es una reacción REDOX, donde se da la transferencia de un átomo de hidrogeno desde el antioxidante (oxida) al radical

·DPPH (reduce) originando el cambio de color al disminuir la concentración del radical libre, mientras mayor sea la actividad antioxidante mayor será la pérdida de color (Figura nº 07). Además, la solución del reactivo tiene a una absorbancia máxima de 517 nm, el valor de la absorbancia es reducida en contacto con antioxidantes. Este cambio de absorbancias determina la actividad secuestradora del radical, la cual se calcula usando el C.I.₅₀ mediante el porcentaje de reducción del DPPH (Figura nº 08).^{20,61-63}



Fuente: Merckmillipore.com -2017.

Figura nº 06: **Estructura química del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH)**



·DPPH = radical DPPH; A-H = antioxidante; DPPH-H = DPPH reducido; A· = antioxidante oxidado.

Fuente: Autoría propia - 2017.

Figura nº 07: **Reacción ·DPPH - antioxidante**

$$\%RED-DPPH = \frac{[(A_0 - A_1) \times 100]}{A_0}$$

%RED-DPPH: porcentaje de reducción del DPPH; A0 = absorbancia del estándar; A1 = absorbancia de la muestra.

Fuente: Efecto del procesamiento sobre la capacidad antioxidante de la ciruela criolla (Prunus domestica)" por Yolmar Valero, Jhoana Colina, Emilio Ineichen - 2012

Figura n° 08: Fórmula para determinar el porcentaje de inhibición del DPPH.

La capacidad inhibitoria media corresponde a la concentración de antioxidantes necesarios para inhibir el 50% de las moléculas del ·DPPH en un periodo de tiempo definido entre 15-30 minutos, así un menor valor de C.I.₅₀ indica una mayor capacidad antioxidante, porque requiere menos cantidad de muestra para capturar un 50% de radicales ·DPPH.^{21,63}

2.2.10. Efecto de la temperatura sobre los componentes bioactivos de los alimentos.

La mayoría de alimentos que consumimos, son sometidos a diversos procesos térmicos ya sea para alargar su tiempo de vida o para hacerlos más comestibles. La gastronomía aplica diversos métodos de cocción, donde los alimentos son sometidos a temperaturas altas (algunos superan los 100°C) por periodos de tiempos variables.^{9,64}

Además, se ha determinado que el tratamiento térmico, produce alteración en los componentes de los alimentos, alterando sus propiedades físicas y químicas, como también sus propiedades nutricionales y organolépticas. Los métodos de cocción producen una reducción significativa de nutrientes; afectando el valor nutricional al alterar proteínas, lípidos y vitaminas principalmente, pero además se

ha observado cambios significativos en la concentración y disponibilidad de compuestos bioactivos.^{9,65}

El exponer los alimentos a altas temperaturas es uno de los factores principales del cambio en el contenido de antioxidantes naturales, pudiendo generar un aumento o disminución de los mismo. Se ha evidenciado que existe pérdida de compuestos termolábiles (vitamina C y carotenoides); pero también existen compuesto que mantienen su biodisponibilidad, estos compuestos termoestables son algunos flavonoides y polifenoles.^{64,65}

Por lo que se debe de considerar que contenido de compuestos antioxidantes en los alimentos dependerá del tipo de procesamiento térmico, pero también de la estructura química, potencial antioxidante, ubicación en la matriz y posibles interacciones con otros componentes.⁶⁵

2.3. Definición de Términos Básicos

-) **Ad libitum;** es una expresión del latín que significa literalmente «a placer, a voluntad».
-) **Ubicuitario;** que está o puede estar presente en varios lugares al mismo tiempo.
-) **Difusible;** capaces de fluir o difundir en todas las direcciones y a través de membranas animales.
-) **Ácidos fenólicos;** compuestos orgánicos que contienen un anillo fenólico y una función orgánica de ácido carboxílico, con potencial antioxidante.

-) **Flavonoides;** son compuestos polifenólicos que comúnmente presenta un grupo cetona, sintetizados a partir de una molécula de fenilalanina y tres de malonil-CoA, con potencial antioxidante.
-) **Taninos;** compuestos fenólicos hidrosolubles no nitrogenados, con propiedades antioxidantes.
-) **Fotótrofo;** organismo capaz de sintetizar macromoléculas, a partir de intermediarios sencillos, empleando la energía luminosa.
-) **Autótrofo;** organismos que tienen la capacidad de elaborar su propio alimento a partir de sustancias inorgánicas tales como los elementos no vivos del planeta (luz, agua, etc.).
-) **Ficobiliproteínas;** proteína presente en la cara externa de la membrana de los tilacoides de cianobacterias, que se encuentra unida a un pigmento, la ficobilina, e interviene en la captación de luz durante la fotosíntesis.
-) **Absorbancia;** se define como la relación (logarítmica) entre la intensidad de la luz que incide sobre una muestra y la intensidad de esa misma luz que es transmitida a través de esa muestra.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 Tipo de Investigación

Analítico: Porque se presentan relación de variables para explicar una relación causa-efecto.

Longitudinal: Porque se capta la información en dos tiempos o momentos distintos.

Prospectivo: Porque la captación de la información presenta secuencia cronológica después de iniciada la investigación.

3.1.1. Nivel de Investigación

Explicativo: Porque busca explicar cuál es el efecto del tratamiento térmico sobre el nivel de capacidad antioxidante del *N. commune* (cushuro).

3.1.2. Diseño

Experimental: Porque se presenta mediante la manipulación de las variables, en condiciones controladas.

3.1.3. Método

Deductivo: porque se toman premisas generales para obtener resultados particulares.

3.2 Población y Muestra de la Investigación

3.2.1. Población

Colonias de cianobacterias de la especie *N. commune* obtenidas en la ciudad de Huaraz departamento de Ancash.

3.2.2. Muestra

Extracto acuoso de *N. commune* (cushuro).

3.3 Variables e Indicadores

3.3.1. Variable Independiente: se consideró como variable independiente a la temperatura que se espera influya sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) (Tabla nº 07).

Tabla nº 07: **Variable independiente, dimensión e indicadores de la investigación.**

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Temperatura	Temperatura ambiente	25 °C
	Temperatura de ebullición	≥100°C por 10 minutos
		≥100°C por 15 minutos

Fuente: autoría propia – 2017.

3.3.2. Variable Dependiente: se consideró como variable dependiente la capacidad antioxidante del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) (Tabla nº 08).

Tabla nº 08: **Variable dependiente, dimensión e indicadores de la investigación.**

VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES
Capacidad antioxidante	Coeficiente de inhibición media (C.I. ₅₀)	>C.I. ₅₀ = Baja capacidad antioxidante <C.I. ₅₀ = Alta capacidad antioxidante

Fuente: autoría propia – 2017.

3.4 Técnicas, procedimientos e Instrumentos de Recolección de Datos

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en los laboratorios de la Escuela Profesional de Nutrición Humana de la Facultad De Medicina Humana y Ciencias de la Salud de la Universidad Alas Peruanas.

3.4.1. Técnicas

a. **Determinación de la capacidad antioxidante mediante el método del 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH).**

El radical ·DPPH fue diluido en metanol para su utilización, la solución presentó una tonalidad violeta que a medida que fue reducida por los antioxidantes contenidos en el extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) se evidenció una pérdida de color, reacción fundamentada en la figura nº 07.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

- a. Ficha de recolección de información: se elaboró un cuadro de doble entrada para registrar los valores de absorbancias de las muestras de los extractos acuosos de *N. commune* (cushuro) (Anexo nº 02).

3.4.3. Procedimientos

- a. **Obtención de la materia prima**

La muestra de *N. commune* (cushuro), fue recolectada en la ciudad de Huaraz departamento de Ancash, en el mes de julio del presente año.

- b. **Selección y lavado de la muestra de *N. commune* (cushuro)**

Se seleccionaron las unidades de *N. commune* (cushuro) de apariencia globular. Luego se procedió a realizar el lavado con abundante agua potable a chorro para la remoción de residuos (polvo, piedras, etc.) y finalmente se realizó un enjuague con abundante agua destilada, se dejó secar al aire libre (Figura nº 09).

- c. **Elaboración del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) a temperatura ambiente**

Se procedió a pesar la muestra, la que fue llevada a la licuadora con agua destilada para su homogenización. Se procedió a filtrar la solución, luego se trasvasó el filtrado en dos tubos de ensayo (1 y 2), los que fueron llevados a la centrifuga para lograr la separación de la fracción a utilizar

(sobrenadante) de los solutos (precipitado). El tubo 1 (A) se mantuvo a temperatura ambiente (Figura nº 10).

d. **Elaboración del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) sometido a temperatura de ebullición.**

Separo el sobrenadante del precipitado del tubo 2, el cual se sometió a ebullición, a los 10 minutos de empezar a hervir con ayuda de una pinza metálica se separó una porción del filtrado del tubo 2 (E1) y el filtrado restante se regresó a ebullición hasta completar 15 minutos (E2) después de lo cual fue retirado de ebullición (Figura nº 11).



Fuente: Mg. Quiroz K.- 2017.

Figura nº 09: **Flujograma para la obtención de la muestra de *N. commune* (cushuro).**

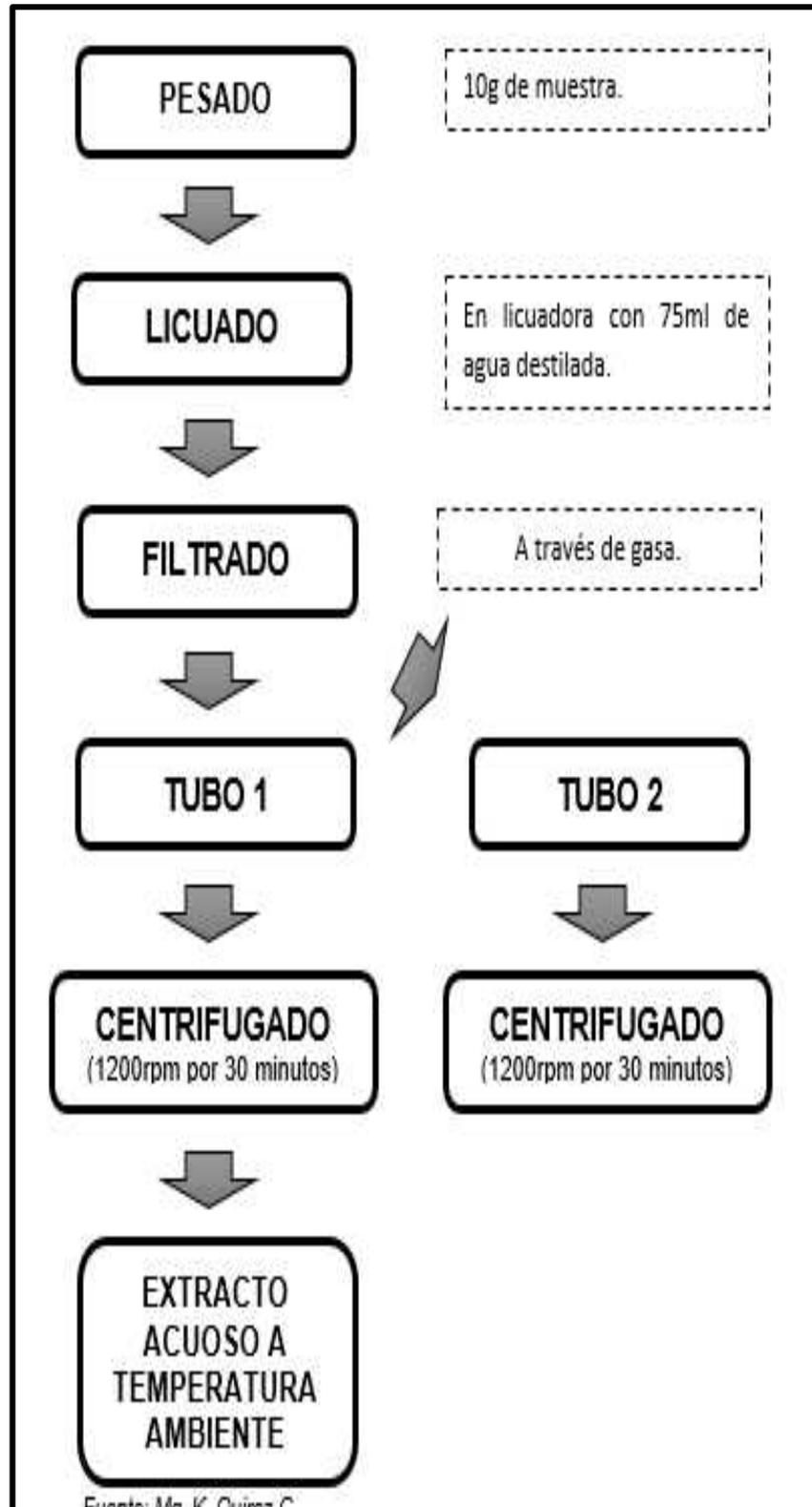
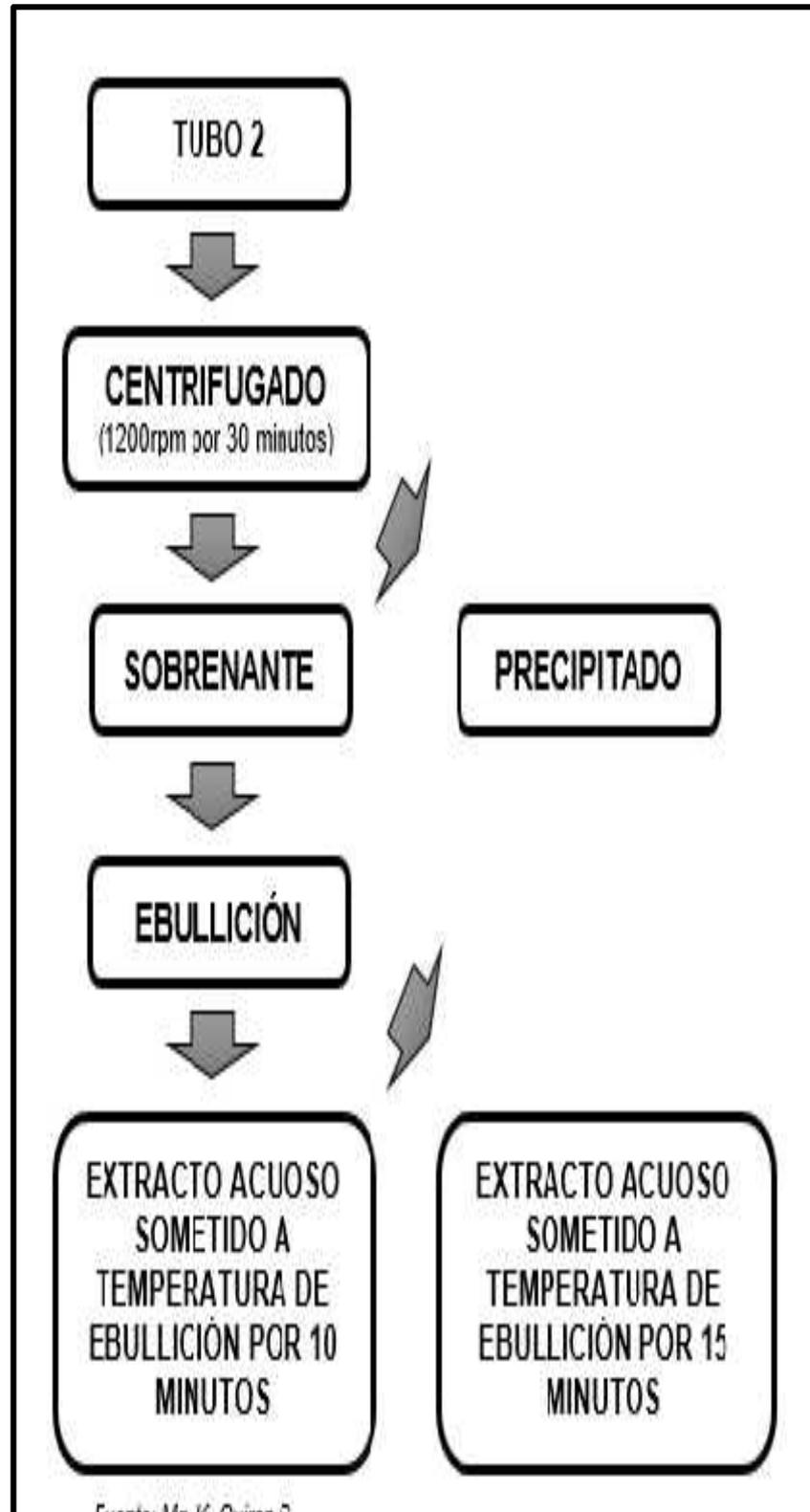


Figura nº 10: **Flujograma para la elaboración del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) a temperatura ambiente.**



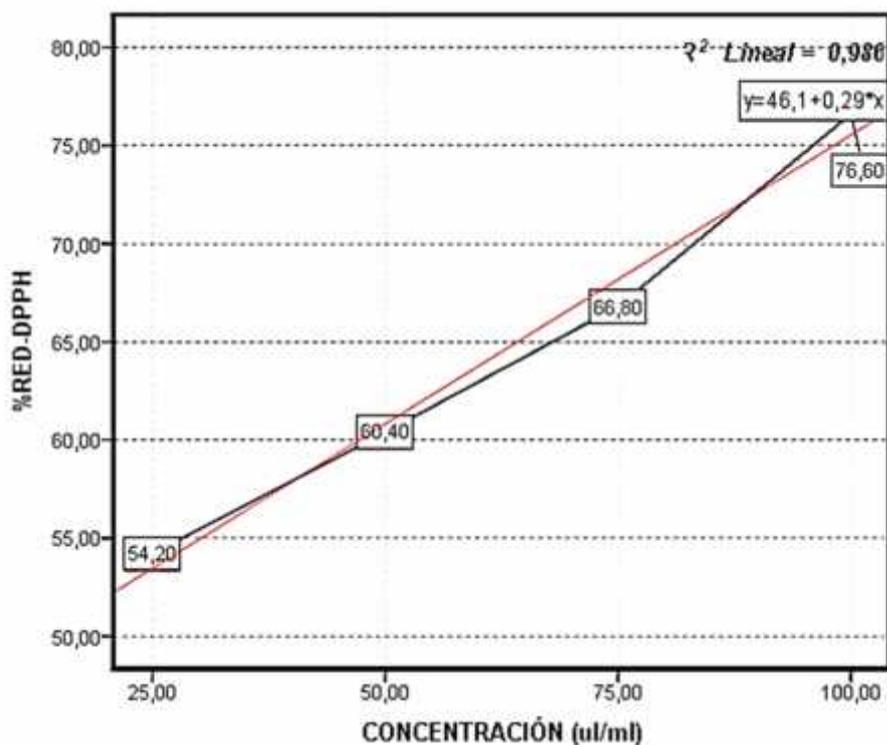
Fuente: Mg. Quiroz K. – 2017.

Figura nº 11: **Flujograma para la elaboración del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) sometido a temperatura de ebullición en dos tiempos.**

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados

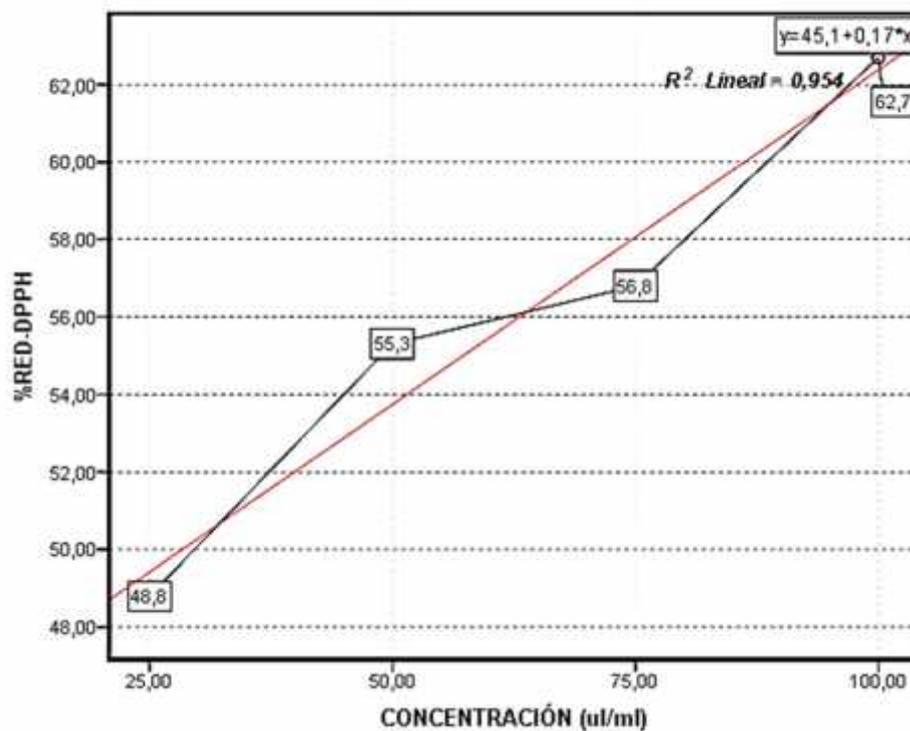
A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos de la determinación de la capacidad antioxidante de los extractos acuosos de *N. commune* (cushuro) sometidos a diferentes temperaturas, el que se realizó mediante análisis descriptivos e inferenciales. Los datos obtenidos fueron analizados con el software IBM – SPSS v.23, aplicando el análisis estadístico de correlación de Pearson.



Fuente: Autoría propia - 2017.

Gráfico nº 01: Porcentaje de reducción del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) sometido a temperatura ambiente mediante el método DPPH.

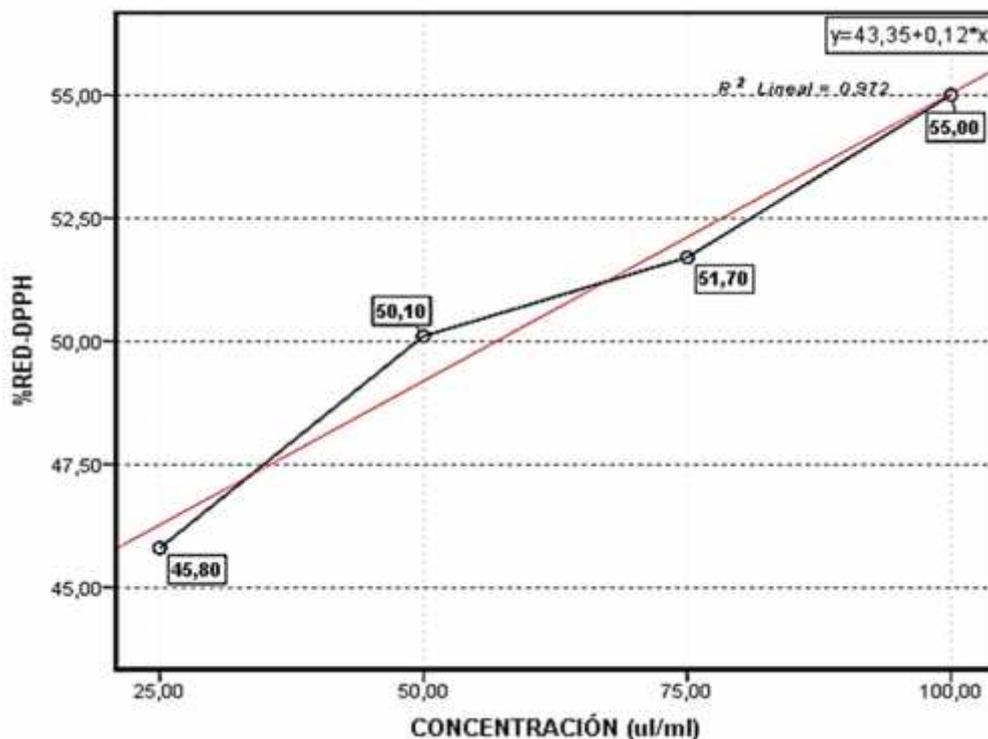
Al evaluar la capacidad antioxidante según el método DPPH para el extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) a temperatura ambiente en diferentes concentraciones se obtuvieron los porcentajes de reducción del DPPH (Anexo nº 03). En el gráfico nº 01, se observa una relación directa entre la concentración del extracto acuoso y el % red-DPPH, al ser analizados estadísticamente se calculó una concentración media de 62,5% \pm 28,8 y un porcentaje de reducción de DPPH medio de 64,5% \pm 8.56, se aplicó la prueba de Pearson obteniendo un valor $r= 0,933$ que nos indica que existe una relación fuerte entre las variables y un valor de significancia de $p=0.000$ (Anexo nº 03), por lo que se deduce que a mayor concentración del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) mayor será el porcentaje de reducción del DPPH.



Fuente: Autoría propia - 2017.

Gráfico nº 02: Porcentaje de reducción del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) sometido a temperatura de ebullición por 10 minutos mediante el método de DPPH.

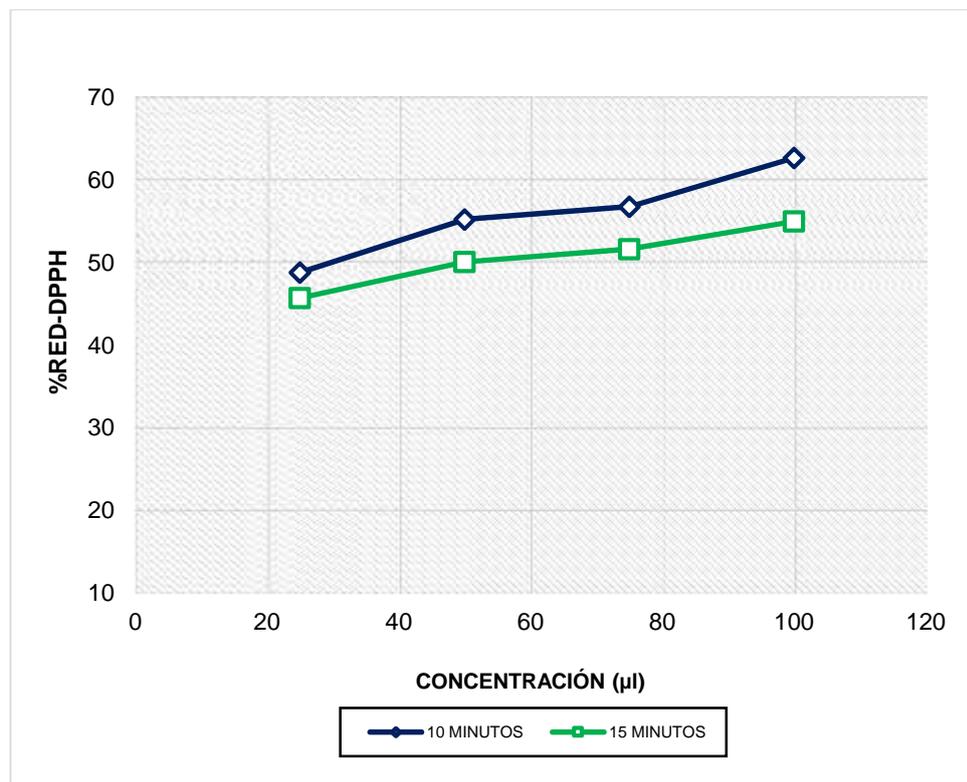
Al evaluar la capacidad antioxidante según el método DPPH para el extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) a temperatura ambiente en diferentes concentraciones se obtuvieron los porcentajes de reducción del DPPH (Anexo nº 04). En el gráfico nº 02, se observa una relación directa entre la concentración del extracto acuoso y el % red-DPPH, al ser analizados estadísticamente se calculó una concentración media de 62,5% \pm 28,8 y un porcentaje de reducción de DPPH medio de 55.9% \pm 5.11, se aplicó la prueba de Pearson obteniendo un valor $r= 0,977$ que nos indica que existe una relación fuerte entre las variables y un valor de significancia de $p=0.000$ (Anexo nº 05), por lo que se mantiene la relación directa de que a mayor concentración del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) mayor será el porcentaje de reducción del DPPH.



Fuente: Autoría propia - 2017.

Gráfico nº 03: Porcentaje de reducción del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) sometido a temperatura de ebullición por 15 minutos mediante el método de DPPH.

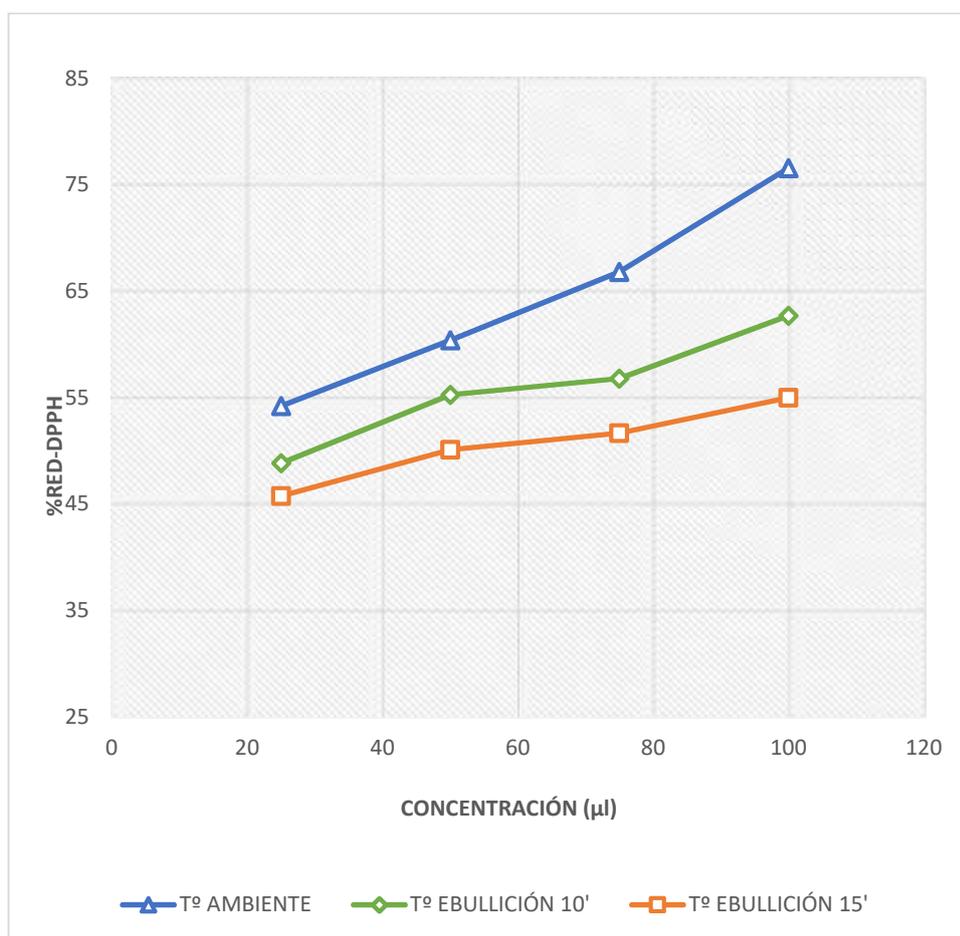
Al evaluar la capacidad antioxidante según el método DPPH para el extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) a temperatura ambiente en diferentes concentraciones se obtuvieron diferentes porcentajes de reducción del DPPH (Anexo nº 06). En el gráfico nº 03, se observa una relación directa entre la concentración del extracto acuoso y el % red-DPPH, al ser analizados estadísticamente se calculó un porcentaje de reducción de DPPH medio de 50,65% \pm 3,42. Se aplicó la prueba de Pearson obteniendo un valor $r=0,986$ que nos indica que existe una relación fuerte entre las variables y un valor de significancia $p=0.000$ (Anexo nº 07), por lo que se mantiene la relación directa de que a mayor concentración del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) mayor será el porcentaje de reducción del DPPH.



Fuente: Autoría propia - 2017.

Gráfico nº 04: Porcentaje de reducción de los extractos acuosos del *N. commune* (cushuro) sometido a temperatura de ebullición por 10 y 15 minutos mediante el método de DPPH.

Se calcularon las diferencias entre los valores de reducción de DPPH (Anexo nº 08) donde se logró apreciar el efecto del tiempo de exposición a temperatura de ebullición sobre la capacidad antioxidante, En el gráfico nº 04 se observa que el porcentaje de reducción del DPPH disminuye a mayor tiempo de exposición a temperatura de ebullición, siendo la mayor variación entre la muestra sometida a ebullición por 10 minutos (E1X₄) y por 15 minutos (E2X₄) con una diferencia de 7,7%. De igual forma se mantiene la relación directa entre el porcentaje de reducción del DPPH y la concentración de las muestras.

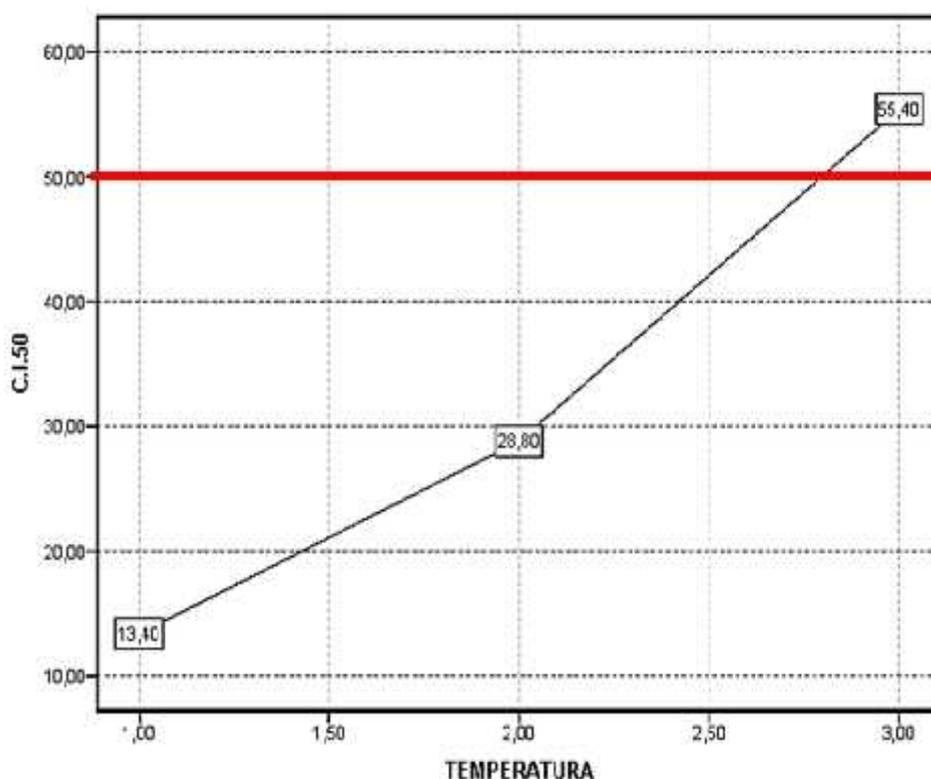


Fuente: Autoría propia – 2017.

Gráfico nº 05: Porcentaje de reducción del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) a diferentes concentraciones mediante el método del DPPH.

En relación a los valores de reducción del DPPH de los extractos acuosos de *N. commune* (cushuro) a temperatura ambiente (A), el E.A. sometido a temperatura de ebullición por 10 minutos (E1) y el E.A. sometido a temperatura de ebullición por 15 minutos (E2), en el gráfico n° 05 se observa la relación directa de mayor concentración mayor % de reducción de DPPH para las tres muestras, y que a mayor temperatura y tiempo de exposición el porcentaje de reducción del DPPH disminuye.

Para la determinación del C.I.₅₀ para cada una de las muestras (A, E1 y E2) se hizo uso del software Excel 2016. El C.I.₅₀ nos indica la menor cantidad de muestra que se necesita para neutralizar el 50% del DPPH (Tabla n° 08).



1= Temperatura ambiente, 2= Temperatura de ebullición por 10 minutos; 3= Temperatura de ebullición por 15 minutos.

Fuente: autoría propia – 2017.

Gráfico n° 06: **Coeficiente de inhibición medio (C.I.₅₀) de las muestras de los extractos acuosos de *N. commune* (cushuro).**

Los valores C.I.₅₀ de las muestras fueron calculadas utilizando las rectas de ajuste de las gráficas (Anexo nº 09). En el gráfico nº 06 se observa que la muestra a temperatura ambiente posee una buena capacidad antioxidante C.I.₅₀ =13,4 mg/ml, evidenciando que necesita menor concentración de la muestra para inhibir el efecto radicalario del DPPH; la muestra a temperatura de ebullición por 10 minutos (E1) obtuvo un C.I.₅₀ =28.8 mg/ml evidenciándose un aumento en relación a la muestra A, lo que indica que la capacidad antioxidante se ve reducida así mismo para la muestra a temperatura de ebullición por 15 minutos (E2) el valor C.I.₅₀ = 55,4 mg/ml (Anexo nº 10). Al ser analizados estadísticamente se calculó un C.I.₅₀ medio de 32,53% ±18,11. Se aplicó la prueba de Pearson obteniendo un valor $r= 0,988$ que nos indica que existe una relación fuerte entre las variables y un valor de significancia de $p=0.000$ (Anexo nº 11), por lo que se deduce la relación directa que a mayor temperatura mayor será el coeficiente de inhibición medio (C.I.₅₀) del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro), lo que nos indica que el tiempo de ebullición afecta negativamente la capacidad antioxidante del *N. commune* (cushuro).

DISCUSIÓN

Existen diversos métodos para la determinación de la capacidad antioxidante se escogió el método del DPPH, por ser un método sencillo, de fácil replicación y alta sensibilidad para reaccionar con los compuestos antioxidantes contenidos en la muestra; el método está basado en la variación del color de la solución de morado intenso a amarillo pálido, que varía de acuerdo a la reducción del radical DPPH.¹⁸

Muchos de los estudios revisados trabajan con extractos elaborados con solventes orgánicos (metanol, etanol, etc.), se eligió trabajar con un extracto acuoso para reducir posibles interacciones entre los solventes y los compuestos antioxidantes, puesto que el agua posee nula interacción con los componentes lipofílicos contenidos en los alimentos.¹⁸

En esta investigación se determinó la relación entre la concentración del extracto y el porcentaje de reducción del DPPH, siendo el radical DPPH reducido en mayor proporción a medida que la concentración iba aumentando; resultado similar a otras investigaciones como se evidencia en el estudio realizado por Doroteo et al. sobre los **“Compuestos fenólicos y actividad antioxidante in vitro de seis plantas peruanas”**²², donde se evaluó la capacidad antioxidante de seis plantas peruanas (uña de gato, maíz morado, yacón, maca y aguaymanto) mediante el método de DPPH encontrándose que a concentraciones mayores de 2mg/dl mayor era la capacidad antioxidante sobre todo de los extractos hidroalcohólicos de uña de gato y ratania. Así también resultado semejantes se encontraron en el estudio realizado por Ramos et al. **“Evaluación de la capacidad antioxidante de plantas medicinales peruanas nativas e introducidas”**⁶⁶, donde se aprecia que todo los extractos evaluados a una concentración entre 100 – 200 µl presentaron un mayor porcentaje de reducción del DPPH, esto es similar a lo obtenido en nuestra investigación,

que los mayores valores de reducción de DPPH se obtuvieron a la concentración a mayor concentración (100µl/ml.) para cada una de las muestras analizadas.

El *N. commune* (cushuro) es llamado alga de lago, puesto que es donde suele encontrarse, pero por su clasificación taxonómica es una cianobacteria que viene siendo estudiada por sus características y sus cualidades nutricionales y benéficas para la salud. Así como lo describe Chávez en su investigación **“Composición química y actividad antioxidante in vitro del extracto acuoso de Nostoc sphaericum (Cushuro), laguna Cushurococha – Junín.”**¹⁸, donde concluye que el aporte de proteínas es del 30% relativamente similares a los establecidos en las tablas peruanas de composición de los alimentos del CENAN, además que mediante el método de ABTS se determinó la capacidad antioxidante obteniendo un valor C.I.₅₀ entre 10 - 15 mg/ml, así también un porcentaje de inhibición de 52% a una concentración de 150µl/ml; resultado semejante a obtenido en nuestra investigación que fue de un C.I.₅₀ = 13 mg/ml y porcentaje de reducción de 62.7% a una concentración de 100µl/ml a temperatura ambiente.

Como se ha determinado la temperatura es un factor que origina alteraciones en la composición de los alimentos, tanto en el aspecto nutricional como en el contenido de sustancias bioactivas. En el estudio sobre el efecto del procesamiento sobre la **“Capacidad antioxidante de la ciruela criolla (*P. domestica*)”**²¹, realizado por Valero et al. en el 2012, se evaluó la capacidad antioxidante de dos muestras de ciruela criolla una a temperatura ambiente y otra sometida a procesamiento de escaldado (100°C por 4 minutos), donde se concluyó que la capacidad antioxidante de la muestra escaldada no se afectó. En esta investigación se determinó que existe una relación directa entre la temperatura y tiempo de exposición sobre la capacidad antioxidante expresada como C.I.₅₀. Con un C.I.₅₀= 13.4mg/ml a temperatura ambiente, un C.I.₅₀= 28.8mg/ml a temperatura de

ebullición por 10 minutos y finalmente con un C.I.₅₀= 55,4mg/ml en temperatura de ebullición por 15 minutos, observándose la influencia negativa de la temperatura de ebullición y el tiempo de exposición sobre la capacidad antioxidante del *N. commune* (cushuro).

Esta investigación aporta información nueva que puede ser tomada como base para investigaciones futuras. Hay que considerar que los resultados pueden variar de acuerdo al origen, procesamiento, tipo de extracto, entre otros factores y que es necesario profundizar en la investigación de los componentes antioxidantes de manera individual, para fomentar el consumo de *N. commune* (cushuro) en la población.

CONCLUSIONES

1. La temperatura de ebullición afecta la capacidad antioxidante del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) sin embargo.
2. El extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) a temperatura ambiente posee una alta capacidad antioxidante con un valor C.I.₅₀ de 13,4mg/ml.
3. El extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) sometido a temperatura de ebullición por un lapso de 10 minutos posee una buena capacidad antioxidante con un valor C.I.₅₀ de 28,8mg/ml, siendo menor a 50.
4. El extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) sometido a temperatura de ebullición por un lapso de 15 minutos ve reducida su capacidad antioxidante con un valor C.I.₅₀ de 55,4mg/ml, siendo mayor a 50.

RECOMENDACIONES

1. Estudiar la capacidad antioxidante de diferentes variedades de Nostoc.
2. Trabajar con otros solventes orgánicos (metanol, etanol, etc.) para la para la elaboración del extracto.
3. Realizar otras evaluaciones del efecto de la temperatura, trabajando con temperaturas menores a ebullición.
4. Estudiar el efecto de otros tipos de procesamiento (refrigeración, congelamiento, desecado, etc.) sobre la capacidad antioxidante del *N. commune* (cushuro).
5. Analizar el contenido de antioxidantes en forma individual (vitamina C, -caroteno, taninos, flavonoide, etc) en el *N. commune* (cushuro) a temperatura ambiente.
6. Analizar la variación del contenido de antioxidantes de forma individual en el *N. commune* (cushuro) a temperatura de ebullición.
7. Se recomienda el consumo de *N. commune* (cushuro) en preparaciones frías y expuesto a un tiempo de ebullición no mayor de 10 minutos.
8. Se espera que este estudio sirva de base para futuras investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Organización Mundial de la Salud.** Informe sobre la situación mundial de las enfermedades no transmisibles, Organización Mundial de la Salud, **2014**.
2. **Instituto Nacional de Estadísticas e Informática.** Perú: Enfermedades no transmisibles y transmisibles 2013. INEI; **2013**.
3. **Ministerio de Salud.** Informe de gestión del Ministerio de Salud: agosto 2011 - junio 2012. Lima. MINSA; **2012**.
4. **Maldonado O., Jiménez E.N., Guapillo M.R., Ceballos G.M., Méndez E.** Radicales libres y su papel en las enfermedades crónicas. Rev. Med.UV. **2010**; 10(2): 32 – 39.
5. **Corte-Sánchez A., León J.R., Jiménez F.J., Díaz Ramírez M., Villanueva A., Guzmán C.A.** Alimentos funcionales, alfalfa y fitoestrógenos. Revista Mutis. **2016**; 6(1): 28 – 40.
6. **Valderrábano L.E., Guzmán C.R., Huerta R. E., Lagunas J.G., Garza R.** Alimentos funcionales en pediatría. **2014**; 23(3): 47 – 64.
7. **Kulasooriya S.A.** Cyanobacteria: Pioners of planet earth. Ceylon Journal of Science. **2011**; 40(2): 71 – 88.
8. **Rasmussen H.E., Blobaun K.R., Park Y., Ehlers S.J., Fan L., Lee J.** Lipid extract of Nostoc Commune var. Sphaeroides Kützing, a blue-green alga. Inhibits the activation of sterol regulatory element binding proteins in HepG2 cells. The journal of nutrition. **2008**; 138(3): 476 – 81.
9. **Hernández G.J.** Efectos del procesamiento sobre la actividad antioxidante del Cajanus Cajan. [Tesis de Grado]. Caracas – Venezuela. **2005**.

10. **Ramos W., Venegas D., Honorio H., Pesantes J., Arrasco J., Yagui M.** Enfermedades no transmisibles: Efecto de las grandes transiciones y los determinantes sociales, Rev. Perú Epidemiol. **2014**; 18(1): 1 – 10.
11. **Macinko J., Dourado I., Guanais F.C.** Enfermedades Crónicas, atención primaria y desempeño de los sistemas de salud: Diagnóstico, herramientas e intervenciones. BID; **2011**. Documentos de debate: 189.
12. **Elejalde J.** Estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos antioxidantes. An. Med. Interna **2001**; 18: 326-335.
13. Delgado L., Betanzos G., Sumaya M.T. Importancia de los antioxidantes dietarios en la disminución del estrés oxidativo. Investigación y Ciencia. **2010**; 18(50): 10 – 15.
14. **Ponce E.** Nostoc: un alimento diferente y su presencia en la precordillera de Arica **2014**. IDESIA Chile); 32(2): 115 – 118.
15. **Jyoti C., Wethroe K., Harshitha B.C.** Evaluation of the antioxidant and microbial properties of Nostoc Linckia isolated from Kukkarahalli lake, Mysore. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology. **2011**; 5(4): 240 – 248.
16. **Cepoi L., Rudi L., Miscu V., Cojocari A., Chiriac T., Sadovnic D.** Antioxidant activity of ethanol extracts from Spirulina and Nostoc; Buletinul ASM. **2010**; 311(2): 169 – 175.
17. **Kunshan G., Changpeng Y.** Culture of the terrestrial cyanobacterium, Nostoc Flagelliforme (cyanophyceae), under aquatic conditions. J. Phycol. **2003**; 39: 617 – 625.
18. **Chávez L.P.** Composición química y actividad antioxidante in vitro del extracto acuoso de Nostoc sphaericum (Cushuro), laguna Cushurococha – Junín. [Tesis de Grado]. Lima – Perú; **2014**.

19. **Yi D., Zujun Y.** Evaluation of morphological variation and biomass growth of *Nostoc Commune* under laboratory conditions. *Journal of Environmental Biology*. **2014**; 35; 485 – 489.
20. **Cruzado M., Pastor M., Castro N., Cedron J.C.** Determinación de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de extractos acuosos de alcachofa. *Rev.Soc. Quim. Perú*. **2013**; 79(1); 57 – 63.
21. **Valero Y., Colina J., Ineichin E.** Efecto del procesamiento sobre la capacidad antioxidante de la ciruela criolla (*Prunus Domestica*). *ALAN*. **2012**; 62(4): 363 – 371.
22. **Doroteo V., Díaz C., Terry C., Rojas R.** Compuestos fenólicos y actividad antioxidante invitro de seis platas peruanas. *Rev. Soc. Quim. Perú*. **2013**; 79(1): 13 – 20.
23. **Ninomiya M., Satoh H., Yamaguchi Y., Takenaka H., Koketsu M.** Antioxidative activity and chemical constituents of edible terrestrial alga *Nostoc Commune* Vauch; *Biosci. Biotechnol. Biochem*. **2011**; 75(11): 2175 – 2177.
24. **Ministerio de Salud.** Análisis de la situación de salud del Perú. Lima: Ministerio de Salud; **2010**.
25. **Organización Mundial de la Salud;** Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas; Informe de una Consulta Mixta de Expertos OMS/FAO, Ginebra: OMS; **2003**. Serie de Informes Técnicos: 916.
26. **Mayor O.R.** Estrés Oxidativo y Sistema de Defensa Antioxidante. *Rev. Inst. Med. Trop*. **2010**; 5(2): 23 – 29.
27. **Venereo J.** Daño Oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Rev. Cubana Med. Milit*. **2002**; 31(2): 126 – 133.
28. **Núñez A.J.** Terapia antioxidante, estrés oxidativo y productos antioxidantes: retos y oportunidades. *Revista Cubana de Salud Pública* **2011**; 37: 644 – 660.

29. **Benítez D.E.** Vitaminas y oxidorreductasas antioxidantes: defensa ante el estrés oxidativo. *Rev. Cubana Invest. Biomed.* [en línea]. **2006**. [fecha de acceso 15 agosto 216]. 25(2). URL disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002006000200010&lng=es&nrm=iso
30. **López A., Fernando C., Lazarova Z., Bañuelos R., Sanchez S.H.** Antioxidantes, un paradigma en el tratamiento de enfermedades. *Rev. ANACEM.* **2012**; 6(1): 48 – 53.
31. **Barrionuevo T.** Antioxidante y envejecimiento biológico en adultos mayores de Catamarca. [Tesis Doctoral]. Córdoba – Argentina. Universidad Nacional de Córdoba. **2012**.
32. **Cruz J., Licea M.E., Hernández P., Abraham E.A., Yanes M.** Estrés oxidativo y diabetes mellitus. *Rev. Mex. Patol. Clin.* **2011**; 58(1): 4 – 15.
33. **Montero M.** Los radicales libres y las defensas antioxidantes. Revisión. *Anales de la facultad de medicina UNMSM.* **2016**; 57(4): 278 – 281.
34. **Sánchez V., Méndez N.** Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad. *Rev. Invest. Med. Sur Mex.* **2013**; 20(3): 161 – 168.
35. **García B.E., Saldaña A., Saldaña L.** El estrés oxidativo y los antioxidantes en la prevención del cáncer. *Rev. Habanera de Ciencias Médicas.* **2012**; 12(2): 187 – 196.
36. **Romero A.J., Amores L.** El envejecimiento oxidativo inflamatorio: una nueva teoría con implicaciones prácticas. *Medisu.* 2016; 14(5): 1 – 8.
37. **Arnao I., Seminario J., Cisneros R., Trabucco J.** Potencial Antioxidante de 10 Accesiones de Yacón, *Smallanthus Sonchifollus* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, Procedentes de Cajamarca – Perú. *An. Fac. Med.* **2011**; 72(4): 239 – 243.

38. **Lozada S.M., García L.** Estrés oxidativo y antioxidantes: cómo mantener el equilibrio. *Rev. Asoc. Colomb. Dermatol.* **2009**; 17(3): 172-179.
39. **Cruzado M., Cedrón J.C.** Nutraceuticos, alimentos funcionales y su producción. *Rev. Quim. PUCP.* **2012**; 26 (1,2): 33 – 36.
40. **Olagnero G., Abad A., Bendersky S., Genevois C., Montonati M., Granzella L.** Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. *DIAETA (B. Aires).* **2007**; 25(121): 20 – 30.
41. **Valenzuela A., Sanhueza J., Nieto S.** Natural Antioxidants in Functional Foods: From Food Safety to Health Benefits. *Revistas Científicas del CSIC* **2003**; 54(3): 295 – 303.
42. **Valenzuela A., Valenzuela R., Sanhueza J., Morales G.** Alimentos funcionales, nutraceuticos y foshu: ¿vamos hacia un nuevo concepto de alimentación? *Rev. Chil. Nutr.* **2014**; 41(2): 198 – 204.
43. **Castañeda C., Ramos LL.E., Ibáñez V.L.** Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas. *Revista Horizonte Médico.* **2008**; 8(1): 56 – 72.
44. **Rivera G., Bocanegra V., Monge A.** Plantas tradicionales como fuente de alimentos funcionales: Una revisión. *CyTA – Journal of Food.* **2010**; 8(2); 159 – 167.
45. **Gonzales L.G., Perea J.M., Ortega R.M.** Los alimentos funcionales en el contexto de la dieta mediterránea. *Mediterráneo Económico.* **2015**; 27: 139 – 160.
46. **Mata J.C.** Análisis de las tendencias actuales de alimentos funcionales (heath and wellness) y la disponibilidad de los mismos en los principales supermercados de la ciudad de cuenca. [Tesis de Grado]. Cuenca – Ecuador. **2013**.
47. **Camuerga E.** Alimentos funcionales: un largo camino desde el siglo V (AC) al siglo XXI. *Actualización en nutrición.* **2009**; 10(2): 107 – 114.

48. **Neyra L.** Alimentos funcionales. *Biotempo*. **2007**; 7: 46 – 54.
49. **Peleato M.** Las cianobacterias: cooperación versus competencia. [Tesis Doctoral]. Zaragoza – España; **2011**.
50. **Dembitsky V.M., Renzaka T.** Metabolites produced by nitrogen-fixing Nostoc species. *Folia Microbiol.* **2005**; 50 (5): 363 – 391.
51. **Rosales N.L.** Evaluación de la Actividad Biológica de Extractos de la Cianobacteria Nostoc LAUN 0015 en Condiciones de Laboratorio. [Tesis doctoral]. Maracaibo – Venezuela; **2007**.
52. **Jurado B., Fuertes C.M, Thomas G.E., Ramos E., Arroyo J.L., Cardenas L, Cáceres R., Inocente M.A., Alvarado B., Rivera B.M., Ramírez M.A., Ostos H.** Estudio fisicoquímico, microbiológico y toxicológico de los polisacáridos del Nostoc Commune y Nostoc Sphaericum. *Rev. Per. Quím. Ing. Quím.* **2014**; 17(1); 15 – 22.
53. **Núñez J., Mendoza A.** Fatty acids composition and nutritional effect in rats of Cushuro (Nostoc Sphaericum Vaucher). *Pharmacologyonline*. **2006**; 3: 676 – 682.
54. **Wright D., Prickett T., Helm R., Potts M.** Form species Nostoc Commune (cianobacteria). *International journal of systematic and evolutionary microbiology*. **2001**; 51; 1839 – 1852.
55. **Alves de Oliveira C.** Caracterização da produção de pigmentos e da atividade antioxidante de Nostoc spp. sobre diferentes intensidades luminosas. [Tesis doctoral]. Minas Gerais – Brasil, **2012**.
56. **Carhuapoma D.V., Valencia N., Mayhua P., Sánchez A. V.** Niveles de harina de algas Nostoc Commune en el incremento de peso vivo en cuyes (*Cavia porcellus*) destetados. **2015**; 9(2): 1 – 6.
57. **Vacek J., Hrback J., Kopecky J., Vostalova.** Cytotoxicity and Pro-Apoptotic Activity of 2,2'-Bis[4,5-bis(4-hydroxybenzyl)-2-(4-hydroxyphenyl)cyclopent-4-en-1,3-dione], a Phenolic Cyclopentenedione Isolated from the Cyanobacterium

- Strain *Nostoc* sp. str. Lukešová 27/97. *Molecules*. **2011**; 16(5), 4254 – 4263.
- 58. Hernández M., Wall A., Juarez M.A.** Spirulina y su efecto hipolipemiante y antioxidante en humanos; una revisión sistemática. *Nutr. Hosp.* **2015**; 32(2): 494 – 500.
 - 59. Ramírez L., Olvera R.** Uso tradicional y actual de Spirulina sp. (*Arthrospira* sp.). *INCI*. **2006**; 31(9): 657 – 663.
 - 60. Torres P.V., Juárez M.A.** Comportamiento antioxidante y caracterización de un extracto polar de Spirulina Maxima. Ponencia en el 2do Congreso de Química Médica. México.
 - 61. Li-Lian J., Gui-You C., Xiang Z.** Antioxidant activities of phycobiliproteins isolated from wild *Nostoc Commune*. *Advances in Biomedical Engineering*. **2011**; 3(5): 34 – 44.
 - 62. Fan Lu C., Qiang C., Zheng H.W., Chang, Yang W.** Colonies of *Nostoc Commune*, methods for cultivating edible *Nostoc Commune* and edible *Nostoc Commune* formulations and their use for promoting health. U.S. Patent 05-03314.**2007**.
 - 63. Quintanar M.A., Calderón J.V.** La capacidad antioxidante total. *Bases y aplicaciones*. *REB*. **2009**; 28(3): 89 – 101.
 - 64. Lazcano A.R.** Efecto de los métodos de cocinado en la calidad nutricional, contenido de metabolitos secundarios y capacidad antioxidante de las hojas de *Amaranthus Hypochondriacus* L. variedad revancha. [Tesis Magistral]. Querétaro – México. **2009**.
 - 65. Loubet A.L.** Efecto de diferentes métodos de cocción sobre el contenido y capacidad antioxidantes de la flor de calabaza (*Cucurbita Pepo* L.). [Tesis Magistral]. Querétaro – México. 2010.
 - 66. Ramos E., Castañeda B., Ibáñez L.A.** Evaluación de la capacidad antioxidante de plantas medicinales peruanas nativas e introducidas. *Rev. Acad. Perú Salud*.**2008**; 15(1): 42 – 46.

Anexo nº 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA: “Efecto de la temperatura sobre la capacidad antioxidante del *N. commune* (cushuro).”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	MÉTODO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	VARIABLES	POBLACIÓN Y MUESTRA
GENERAL	GENERAL	GENERAL	TIPO	MÉTODO	INDEPENDIENTE	POBLACIÓN
¿Cuál es el efecto de la temperatura de ebullición sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso del <i>N. commune</i> (cushuro)?	Determinar cuál es el efecto de la temperatura de ebullición sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso del <i>N. commune</i> (cushuro).	La temperatura de ebullición modifica la capacidad de extracto acuoso del <i>N. commune</i> (cushuro).	Analítico Longitudinal Prospectivo	Deductivo	Temperatura DIMENSIONES T° ambiente T° de ebullición INDICADORES 25°C 100°C por 10' 100°C por 15'	<i>N. commune</i> (cushuro)
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	ESPECIFICAS	NIVEL	DISEÑO	DEPENDIENTE	MUESTRA
<p>P.E.1. ¿Cuál es la capacidad antioxidante del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro) a temperatura ambiente?</p> <p>P.E.2. ¿Cuál es el efecto de la temperatura de ebullición por 10 minutos sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro)?</p> <p>P.E.3. ¿Cuál es el efecto de la temperatura de ebullición por 15 minutos sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro)?</p>	<p>O.E.1. Determinar cuál es la capacidad antioxidante del extracto acuoso de cushuro <i>N. commune</i> (cushuro) a temperatura ambiente.</p> <p>O.E.2. Determinar cuál es el efecto de la temperatura de ebullición por 10 minutos sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro).</p> <p>O.E.3. Determinar cuál es el efecto de la temperatura de ebullición por 15 minutos sobre la capacidad antioxidante del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro).</p>	<p>H.E.1 El extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro) a temperatura ambiente posee una alta capacidad antioxidante.</p> <p>H.E.2 La capacidad antioxidante del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro) se modifica al ser sometido a temperatura de ebullición por 10 minutos.</p> <p>H.E.3 La capacidad antioxidante del extracto acuoso de <i>N. commune</i> (cushuro) se modifica al ser sometido a temperatura de ebullición por 15 minutos.</p>	Explicativo	Experimental	Capacidad antioxidante DIMENSIÓN C.I.50 INDICADORES > C.I. 50 < C.I. 50	Extractos acuosos de una muestra a temperatura ambiente y otra sometida a temperatura de ebullición de <i>N. commune</i> (cushuro).

Anexo nº 02: **Ficha de recolección de datos**

**DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE MEDIANTE EL
METODO DE DPPH**

MUESTRA: _____

TRATAMIENTO: _____

MUESTRA	FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:
	ABS*	ABS	ABS	ABS
M1				
M2				
M3				
M4				

*ABS: absorbancia

Anexo n° 03: **Porcentaje de reducción del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) en distintas concentraciones sometido a temperatura ambiente mediante el método DPPH.**

CONCENTRACIÓN (μl)	% RED-DPPH
25	54.2
50	60.4
75	66.8
100	76.6

%RED-DPPH: porcentaje de reducción del DPPH.
Fuente: Autoría propia – 2017.

Anexo n° 04: **Resultados de la prueba de correlación de Pearson para el extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) a temperatura ambiente.**

	Media	Desviación estándar	N
Concentración (ul/ml)	62,5000	28,86751	16
% Reducción del DPPH	64,5000	8,55726	16

Fuente: Autoría propia – 2017.

Correlaciones

	Concentración (ul/ml)	% Reducción del DPPH
Correlación de Pearson	1	,993**
Sig. (bilateral)		,000
Concentración (ul/ml) N	16	16
Correlación de Pearson	,993**	1
Sig. (bilateral)	,000	
% Reducción del DPPH N	16	16

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).
Fuente: Autoría propia – 2017.

Anexo nº 05: **Porcentaje de reducción del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) en distintas concentraciones sometido a temperatura de ebullición por 10 minutos mediante el método DPPH.**

CONCENTRACIÓN (μl)	% RED-DPPH
25	48.8
50	55.3
75	56.8
100	62.7

Fuente: Autoría propia – 2017.

Anexo nº 06: **Resultados de la prueba de correlación de Pearson para el extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) sometido a temperatura de ebullición por 10 minutos.**

	Media	Desviación estándar	N
% Reducción del DPPH	55,900	5,1074	16
Concentración (ul/ml)	62,500	28,8675	16

Fuente: Autoría propia – 2017.

Correlaciones

	% Reducción del DPPH	Concentración (ul/ml)
Correlación de Pearson	1	,977**
% Reducción del DPPH Sig. (bilateral)		,000
N	16	16
Correlación de Pearson	,977**	1
Concentración (ul/ml) Sig. (bilateral)	,000	
N	16	16

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

Fuente: Autoría propia – 2017.

Anexo nº 07: **Porcentaje de reducción del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) en distintas concentraciones sometido a temperatura de ebullición por 15 minutos mediante el método de DPPH.**

CONCENTRACIÓN (μl)	% RED-DPPH
25	45.8
50	50.1
75	51.7
100	55.0

Fuente: Autoría propia – 2017.

Anexo nº 08: **Resultados de la prueba de correlación de Pearson para el extracto acuoso de *N. commune* (cushuro) sometido a temperatura de ebullición por 15 minutos.**

	Media	Desviación estándar	N
Concentración (ul/ml)	62,5000	28,86751	16
% Reducción del DPPH	50,6500	3,41955	16

Fuente: Autoría propia – 2017.

Correlaciones

		Concentración (ul/ml)	% Reducción del DPPH
Concentración (ul/ml)	Correlación de Pearson	1	,986**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	16	16
% Reducción del DPPH	Correlación de Pearson	,986**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	16	16

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

Fuente: Autoría propia – 2017.

Anexo n° 09: **Porcentaje de reducción de los extractos acuoso de *N. commune* (cushuro) sometidos a temperatura de ebullición por 10 y 15 minutos mediante el método de DPPH.**

CONCENTRACIÓN (μl)	% RED-DPPH E1	% RED-DPPH E2	VARIACION % RED-DPPH
25	48.8	45.8	3%
50	55.3	50.1	5.3%
75	56.8	51.7	5.1%
100	62.7	55.0	7.7%

%RED-DPPH B: porcentaje de reducción del DPPH de la muestra a temperatura de ebullición por 10 minutos; %RED-DPPH C: porcentaje de reducción del DPPH de la muestra a temperatura de ebullición por 15 minutos.
Fuente: Autoría propia – 2017.

Anexo n° 010: **Coeficiente de inhibición medio (C.I.₅₀) de las muestras de los extractos acuosos de *N. commune* (cushuro).**

MUESTRA	C.I.₅₀ (mg/ml)
A	13.4
E1	28.8
E2	55,4

A: extracto acuoso a temperatura ambiente, B extracto acuoso a temperatura de ebullición por 10 minutos; C: extracto acuoso a temperatura de ebullición por 15 minutos.
Fuente: Autoría propia – 2017.

Anexo n° 011: **Resultados de la prueba de correlación de Pearson para el C.I.₅₀ del extracto acuoso de *N. commune* (cushuro).**

	Media	Desviación estándar	N
C.I. ₅₀	32,5333	18,11987	12
Temperatura	2,0000	,85280	12

Fuente: Autoría propia – 2017.

Correlaciones

		C.I.50	Temperatura
C.I.50	Correlación de Pearson	1	,988**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	12	12
Temperatura	Correlación de Pearson	,988**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	12	12

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).
 Fuente: Autoría propia – 2017.

Anexo nº 012: **Lista de abreviaturas.**

N. commune.: Nostoc commune vaucher.

3: Ácido graso omega 3.

6: Ácido graso omega 6.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

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

N. sphaericum: Nostoc sphaericum.

N. linckia: Nostoc linckia.

S. platensis: Spirulina platensis.

Ac.: Ácido.

Ac. Gálico: ácido gálico.

Eq A.G./g: Equivalente de ácido gálico por gramo.

mg A.G./g: Miligramo de ácido gálico por gramo.

mEqg A.G./ml: Miliequivalente gramo de ácido gálico por mililitro.

µg/mL: Microgramo por mililitro.

mg/g: Miligramo por gramo.

mg/ml: Miligramo por mililitro.

µg/g: Microgramo por gramo.

nm: Nanómetro.

ABTS: 2,2-azinobis-[3 etilbenzotiazolin-6-sulfónico]

TEAC: Capacidad antioxidante como equivalente de TROLOX

TRAP: Potencial antioxidante total

I.C.₅₀: Concentración inhibitoria máxima media.

ENT: Enfermedades no transmisibles.

MINSA: Ministerio de Salud.

REDOX: Oxido-reducción.

pUFA: Ácido graso poliinsaturado.

ADN: Acido desoxirribonucleico.

ARN: Ácido ribonucleico.

Vit.: Vitamina.