



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

## **“ESTUDIO DE LA RADIOACTIVIDAD Y EL PODER ANTIOXIDANTE DE TUBÉRCULOS ANDINOS”.**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar el grado académico de:

**BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA**

**AUTORAS: DANIELA MICHELLE AGUAGALLO COELLO**

**KATHERINE JOHANNA VEGA SOGSO**

**DIRECTOR: DR. CARLOS PILAMUNGA CAPUS PhD.**

Riobamba – Ecuador

2021

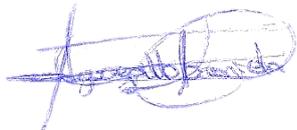
© 2021, Daniela Michelle Aguagallo Coello & Katherine Johanna Vega Sogso

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica el documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotras, Daniela Michelle Aguagallo Coello y Katherine Johanna Vega Sogso declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autoras, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 13 de julio del 2021



**Daniela Michelle Aguagallo Coello**

**060579186-2**



**Katherine Johanna Vega Sogso**

**180472086-8**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular: Tipo Trabajo Experimental, “**ESTUDIO DE LA RADIOACTIVIDAD Y EL PODER ANTIOXIDANTE DE TUBÉRCULOS ANDINOS**”, realizado por las señoritas: **DANIELA MICHELLE AGUAGALLO COELLO Y KATHERINE JOHANNA VEGA SOGSO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dra. Jheny del Carmen Orbe Ordoñez PhD. <b>PRESIDENTA DEL TRIBUNAL</b>	 JHENY DEL CARMEN ORBE ORDONEZ <small>Firmado digitalmente por JHENY DEL CARMEN ORBE ORDONEZ Fecha: 2021.08.04 19:03:05 -05'00'</small>	2021-07-13
Dr. Carlos Pilamunga Capus PhD. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 CARLOS PILAMUNGA CAPUS <small>Firmado digitalmente por CARLOS PILAMUNGA CAPUS Fecha: 2021.08.04 13:34:24 -05'00'</small>	2021-07-13
Dr. Fabián Ernesto Arias Arias PhD. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 FABIÁN ERNESTO	2021-07-13

## **DEDICATORIA**

A mis padres Ernesto y Susana que fueron pilares fundamentales en mi proceso de aprendizaje.  
A mis hermanos Nancy, Alexandra, Christian, Margarita y Belén por el apoyo incondicional durante toda mi vida estudiantil.

*Daniela*

Dedico de manera especial a mis padres Rodrigo y Angélica, por el apoyo incondicional, por estar a mi lado guiándome, dándome ánimos y amor en todas las etapas de mi vida. Le dedico cada uno de mis triunfos que he conseguido a lo largo de mi vida. A mis hermanos Carlos y Maribel, por ser un gran ejemplo de superación de igual manera por su apoyo, siendo mis mejores amigos y en los que he podido confiar.

*Katherine*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirnos desempeñar nuestra carrera profesional.

A los docentes de la Facultad de Ciencias por el apoyo y conocimientos brindados durante el transcurso de nuestra carrera estudiantil y en el desarrollo de este trabajo de titulación.

A los técnicos docentes de los laboratorios de la Facultad de Ciencias por la ayuda brindada en la parte experimental de la investigación.

Al PhD. Carlos Pilamunga y a la Dra. Jheny Orbe por el apoyo para el desarrollo de este estudio como tutores y por la amable apertura para su ejecución.

A nuestras familias por ser el sustento más grande en toda nuestra vida estudiantil.

*Daniela & Katherine*

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....	3
1.1. Tubérculos andinos .....	3
1.1.1. <i>Mashua</i> .....	3
1.1.2. <i>Melloco</i> .....	4
1.1.3. <i>Oca</i> .....	5
1.1.4. <i>Zanahoria Blanca</i> .....	6
1.1.5. <i>Zonas de cultivo de tubérculos</i> .....	8
1.2. Muestreo Estratificado-Aleatorio.....	9
1.3. Capacidad Antioxidante .....	10
1.3.1. <i>Radicales libres</i> .....	9
1.4. Antioxidantes .....	11
1.4.1. <i>Vitamina C</i> .....	12
1.4.2. <i>Métodos de análisis para vitamina C</i> .....	13
1.4.2.1. <i>Método iodimétrico para vitamina C</i> .....	13
1.4.2.2. <i>Determinación por HPLC</i> .....	13
1.4.3. <i>Vitamina E</i> .....	14
1.4.4. <i>Cuantificación de vitamina E</i> .....	15
1.5. Polifenoles .....	15
1.5.1. <i>Método Folin-Ciocalteu para fenoles totales</i> .....	16
1.6. Flavonoides .....	17
1.7. Suelo .....	18
1.8. Radioactividad.....	19
1.8.1. <i>Tipos de Radioactividad</i> .....	19
1.8.2. <i>Radionucleidos</i> .....	20

1.8.3.	<i>Radón</i> .....	21
1.8.4.	<i>Electret passive environmental radón/radiación monitors (E-PERM)/ Método Electret ion chamber en aire usado para la medición de Rn 222</i> .....	21
1.8.4.1.	<i>Factor de calibración</i> .....	21
1.9.	<b>Plomo</b> .....	22
1.9.1.	<i>Contaminación de plomo en el suelo</i> .....	24
1.9.2.	<i>Concentración de plomo</i> .....	25
1.9.3.	<i>Espectrofotometría UV/Visible</i> .....	25
1.9.4.	<i>Espectrofotometría de absorción atómica (EAA)</i> .....	25

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	27
2.1.	<b>Lugar de la investigación</b> .....	27
2.2.	<b>Diseño de la Investigación</b> .....	27
2.3.	<b>Población de estudio</b> .....	27
2.4.	<b>Tamaño de la Muestra</b> .....	27
2.5.	<b>Equipos, Materiales y Reactivos</b> .....	28
2.5.1.	<i>Toma de la muestra.</i> .....	28
2.5.2.	<i>Determinación de plomo.</i> .....	28
2.5.3.	<i>Determinación de la tasa de exhalación de radón.</i> .....	28
2.5.4.	<i>Tamizaje fitoquímico</i> .....	29
2.5.5.	<i>Determinación de Fenoles</i> .....	30
2.5.6.	<i>Determinación de la capacidad antioxidante</i> .....	30
2.5.6.1.	<i>Determinación de Vitamina C por Yodometría.</i> .....	30
2.5.6.2.	<i>Determinación de vitamina C por HPLC.</i> .....	30
2.5.6.3.	<i>Determinación de Vitamina E.</i> .....	30
2.6.	<b>Recolección de los tubérculos.</b> .....	32
2.7.	<b>Selección de los tubérculos para analizar.</b> .....	32
2.7.1.	<i>Criterios de inclusión.</i> .....	32
2.7.2.	<i>Criterios de exclusión.</i> .....	32
2.8.	<b>Determinación de Humedad y sólidos totales</b> .....	32
2.8.1.	<i>Humedad</i> .....	32
2.8.2.	<i>Cenizas</i> .....	33
2.9.	<b>Determinación de la tasa de exhalación de radón.</b> .....	33
2.9.1.	<i>Preparación de la materia prima</i> .....	33
2.9.2.	<i>Cuantificación de la tasa de exhalación de radón superficial y másica</i> .....	33

2.10.	Determinación de plomo .....	35
2.11.	Tamizaje o screening fitoquímico.....	37
2.12.	Determinación de compuestos fenólicos.....	40
2.13.	Determinación de la capacidad antioxidante.....	42
2.13.1.	<i>Determinación de Vitamina C por yodometría.</i> .....	42
2.13.2.	<i>Determinación de vitamina C por HPLC.</i> .....	42

### CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	46
3.1.	Humedad total .....	46
3.2.	Cenizas totales .....	47
3.3.	Tasa de exhalación superficial y másica del radón .....	48
3.4.	Concentración de plomo .....	50
3.5.	Tamizaje fitoquímico .....	52
3.6.	Fenoles.....	54
3.7.	Capacidad antioxidante .....	55
3.7.1.	<i>Vitamina C por yodometría.</i> .....	55
3.7.2.	<i>Vitamina C por HPLC.</i> .....	56
3.7.3.	<i>Vitamina E</i> .....	59
3.7.4.	<i>Valores de las determinaciones de cada tubérculo</i> .....	60
3.8.	Comparación de las tasas medias de exhalación superficial y másica de radón y la capacidad antioxidante de los tubérculos .....	61

CONCLUSIONES	.....	63
--------------	-------	----

RECOMENDACIONES	.....	60
-----------------	-------	----

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Taxonomía de la mashua.....	3
<b>Tabla 2-1:</b> Composición nutricional de <i>Tropaeolum tuberosum</i> .....	4
<b>Tabla 3-1:</b> Taxonomía del melloco. ....	4
<b>Tabla 4-1:</b> Composición nutricional de <i>Ullucus tuberosus</i> Loz.....	5
<b>Tabla 5-1:</b> Taxonomía de la oca. . ....	5
<b>Tabla 6-1.</b> Composición nutricional de <i>Oxalis tuberosa</i> . . ....	6
<b>Tabla 7-1:</b> Taxonomía de la zanahoria blanca. . ....	6
<b>Tabla 8-1:</b> Composición nutricional <i>Arracacia xanthorrhiza</i> . ....	7
<b>Tabla 9-1:</b> Radicales reactivos del oxígeno en el cuerpo humano. ....	9
<b>Tabla 10-1:</b> Clasificación de los Antioxidantes. . ....	10
<b>Tabla 11-1:</b> Clasificación de Fenoles. . ....	14
<b>Tabla 12-1:</b> Niveles máximos de radionucleidos permitidos en alimentos. ....	19
<b>Tabla 13-1:</b> Serie de desintegración del Uranio.....	20
<b>Tabla 14-1:</b> Semivida del plomo en el organismo. ....	22
<b>Tabla 15-1:</b> Niveles máximos y niveles de referencia para el plomo en los alimentos. ....	22
<b>Tabla 1-2:</b> Materiales utilizados en la toma de muestra.....	26
<b>Tabla 2-2:</b> Materiales, reactivos y equipos para el establecimiento de plomo.....	26
<b>Tabla 3-2:</b> Materiales y equipos para el establecimiento de la tasa de exhalación de radón.....	26
<b>Tabla 4-2:</b> Materiales y equipos para el tamizaje fitoquímico.....	27
<b>Tabla 5-2:</b> Materiales y equipos para el establecimiento de fenoles.....	27
<b>Tabla 6-2:</b> Materiales y equipos para la determinación de vitamina C por yodometría.....	28
<b>Tabla 7-2:</b> Materiales, reactivos y equipos para la determinación de vitamina C por HPLC.....	28
<b>Tabla 8-2:</b> Materiales, reactivos y equipos para el establecimiento de vitamina E.....	29
<b>Tabla 9-2:</b> Tamizaje fitoquímico de las muestras.....	36
<b>Tabla 10-2:</b> Datos de la curva de calibración de ácido gálico.....	38
<b>Tabla 11-2:</b> Condiciones del HPLC para determinar vitaminas.....	41
<b>Tabla 1-3:</b> Porcentaje de humedad de cada muestra de tubérculos.....	42
<b>Tabla 2-3:</b> Porcentaje de cenizas totales de cada muestra de tubérculos.....	43
<b>Tabla 3-3.</b> Valores de exhalación de radon en las muestras.....	44
<b>Tabla 4-3.</b> Valores de concentración de plomo en las muestras .....	47
<b>Tabla 5-3.</b> Valores de la concentración de plomo en tierra.....	47
<b>Tabla 6-3.</b> Resultados del tamizaje fitoquímico de tubérculos.....	48
<b>Tabla 7-3.</b> Concentración de fenoles totales en cada tubérculo.....	50
<b>Tabla 8-3.</b> Concentración de vitamina C en cada tubérculo.....	52
<b>Tabla 9-3.</b> Concentración de vitamina C por HPLC en cada tubérculo.....	53

<b>Tabla 10-3.</b> Concentacion de vitamina E por HPLC en cada tubérculo.....	55
<b>Tabla 11-3.</b> Valores de las determinaciones para cada tubérculo.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Mashua. ....	4
<b>Figura 2-1:</b>	Mellico .....5	5
<b>Figura 3-1:</b>	Oca. ....6	6
<b>Figura 4-1:</b>	Planta de zanahoria blanca. ....8	8
<b>Figura 5-1:</b>	Estructura de la vitamina C y su radical. ....12	12
<b>Figura 6-1:</b>	Reacción de oxidación del ácido ascórbico. ....13	13
<b>Figura 7-1:</b>	Estructura general de HPLC. ....14	14
<b>Figura 8-1:</b>	Estructura de la vitamina E.....15	15
<b>Figura 9-1:</b>	Estructura química de un compuesto fenólico (Flavonoide) .....15	15
<b>Figura 10-1:</b>	Reacción del reactivo Folin Ciocalteu con fenoles (ácido gálico). ....17	17
<b>Figura 11-1:</b>	Principales fuentes y clasificación de flavonoides.....17	17
<b>Figura 12-1:</b>	Complejos metálicos formados con $AlCl_3$ y su ácido-labilidad. ....19	19
<b>Figura 13-1:</b>	Composición del suelo. ....15	15
<b>Figura 14-1:</b>	Estructura del equipo E-PERM CHAMBER.....22	22
<b>Figura 15-1:</b>	Proceso de absorción atómica.....26	26
<b>Figura 1-2:</b>	Proceso de determinación de plomo en las muestras de análisis.....33	33
<b>Figura 2-2:</b>	Elaboración de la curva de calibración para plomo.....34	34
<b>Figura 3-2:</b>	Preparación de la muestra para tamizaje.....34	34
<b>Figura 4-2:</b>	Ensayos cualitativos para determinación de metabolitos .....35	35
<b>Figura 5-2:</b>	Preparación de la muestra vegetal para determinar fenoles.....37	37
<b>Figura 6-2:</b>	Determinación de fenoles.....38	38

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Lugar de la toma de muestra
- Anexo B:** Muestras recogidas
- Anexo C:** Equipo para medición de radón
- Anexo D:** Tamizaje fitoquímico-Mashua
- Anexo E:** Tamizaje fitoquímico-Melloco
- Anexo F:** Tamizaje fitoquímico-Oca
- Anexo G:** Tamizaje fitoquímico-Zanahoria blanca
- Anexo H:** Patrones para la curva de calibración de ácido gálico
- Anexo I:** Equipos
- Anexo J:** Patrones para los diferentes ensayos

## RESUMEN

El trabajo experimental tuvo por objetivo estudiar la radioactividad y el poder antioxidante de tubérculos andinos como mashua (*Tropaeolum tuberosum*), melloco (*Ullucus tuberosus* Loz), oca (*Oxalis tuberosa*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*). Cada parámetro se cuantificó con múltiples métodos analíticos. Para compuestos fenólicos se empleó espectrofotometría UV visible y para vitaminas se empleó cromatografía líquida de alta eficacia. En la cuantificación de plomo se utilizó espectrofotometría de absorción atómica y finalmente para la tasa de exhalación de radón se empleó la técnica Electret Ion Chamber. A partir de estas cuantificaciones se obtuvo como resultado que la oca posee la tasa de exhalación superficial de radón mayor y un valor bajo de vitaminas. También se evidenció que la mashua contiene la mayor concentración de compuestos fenólicos por lo que se la consideró como la muestra con mayor poder antioxidante, y la zanahoria la de menor poder antioxidante. Se concluye que no existe una correlación definida entre la exhalación superficial de radón, el contenido de vitaminas y la concentración de compuestos fenólicos de los tubérculos, debido a que el tubérculo con la mayor capacidad antioxidante no presentó una alta radiactividad expresada en términos de la tasa media de exhalación superficial de radón. Respecto a la tierra de la comunidad San Juan y el barrio Santa Cruz, donde se cultivan los tubérculos, presentaron la misma tasa de exhalación superficial de radón, pero menor que todos los tubérculos. A partir de estos datos se recomienda continuar analizando muestras similares para establecer comparaciones futuras, que sirvan para el análisis de los alimentos que se consumen en la zona andina del Ecuador.

**Palabras clave:** <TUBÉRCULOS ANDINOS>, <ANTIOXIDANTES>, <RADIOACTIVIDAD>, <MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*)>, <OCA (*Oxalis tuberosa*)>, <MELLOCO (*Ullucus tuberosus* Loz)>, <ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*)>, <SUELO>.

LEONARDO  
FABIO  
MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente por  
LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Nombre de reconocimiento (DN):  
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL  
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE  
CERTIFICACION DE INFORMACION-  
ECIBCE, I=QUITO,  
serialNumber=0000621485,  
cn=LEONARDO FABIO MEDINA  
NUSTE  
Fecha: 2021.09.07 14:53:25 -05'00'



1476-DBRA-UTP-2021

## SUMMARY

The aim of the experimental work was to study the radioactivity and antioxidant power of Andean tubers such as mashua (*Tropaeolum tuberosum*), melloco (*Ullucus tuberosus* Loz), oca (*Oxalis tuberosa*) and white carrot (*Arracacia xanthorrhiza*). Each parameter was quantified with multiple analytical methods. UV-Visible spectrophotometry was used for phenolic compounds and high-efficiency liquid chromatography was used for vitamins. Atomic absorption spectrophotometry was used in the quantification of lead and finally the Electret Ion Chamber technique was used for the radon exhalation rate. From these quantifications it was obtained as a result that the oca has the highest radon surface exhalation rate and a low value of vitamins. It was also evidenced that mashua contains the highest concentration of phenolic compounds, which is why it was considered the sample with the highest antioxidant power, and carrot the one with the lowest antioxidant power. It is concluded that there is no defined correlation among the surface exhalation of radon, the content of vitamins and the concentration of phenolic compounds in the tubers, because the tuber with the highest antioxidant capacity did not present a high radioactivity expressed in terms of the average rate of surface radon exhalation. Regarding the land of San Juan community and the Santa Cruz neighborhood, where the tubers are grown, they presented the same surface radon exhalation rate, but lower than all the tubers. Based on these data, it is recommended to continue analyzing similar samples to establish future comparisons, which can be used for the analysis of the foods consumed in the Andean zone of Ecuador.

**Keywords:** <ANDEAN TUBERS>, <ANTIOXIDANTS>, <RADIOACTIVITY>, <MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*)>, <OCA (*Oxalis tuberosa*)>, <MELLOCO (*Ullucus tuberosus* Loz)>, <WHITE CARROT (*Arracacia xanthorrhiza*)>, <SOIL>.

## INTRODUCCIÓN

La Organización mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA), aseguran que la exposición a radón es actualmente la primera causa de cáncer pulmonar en las personas no fumadoras y el segundo factor de riesgo en las denominadas personas fumadoras (Ruano, Fernández y Barros, 2017, p. 475).

Al radón se lo relaciona también con el cáncer del tracto genitourinario, pues, al inhalar el este compuesto o sus productos de degradación, ingresa radiación ionizante al organismo; de aquí un porcentaje se absorbe por la sangre y los riñones al realizar su función de filtrado se exponen a los productos de degradación (Alarcón, Ruano y Barros, 2019, p. 15).

Los alimentos consumidos poseen radón al estar en contacto con el suelo; es así que, para Rodriguez Eugenio y McLaughlin (2018, p. 6), la composición del suelo de una región puede representar un riesgo para el medio ambiente y la salud humana, ya que los diversos materiales parentales del suelo generan metales pesados y elementos radionucleidos, que son absorbidos por las plantas, que luego sirven de alimento para el ser humano.

Debido a que los tubérculos andinos forman parte de la dieta de la población originaria y que son considerados como alimentos de alta calidad nutricional en el Ecuador y otros países, actualmente, la producción de raíces y tubérculos andinos se encuentra concentrada en la región andina de Ecuador, siendo esta zona exclusiva que cuenta con las condiciones adecuadas para este tipo de productos en términos de lluvia y suelo, sin embargo, si estos tipos de alimentos se cultivan en el suelo contaminado, siendo estos debido a la presencia de elementos radiactivos en el aire o en el suelo los cuales se pueden transportar a las plantas ya sea por la absorción del suelo o a través de las raíces y llegar a los brotes (Najy et al, 2016, p. 448).

Por esta razón la presente investigación se enfocó en el estudio de la radiactividad y el poder antioxidante de tubérculos Andinos. Pues es importante saber resaltar las propiedades nutricionales de los tubérculos, para evitar daños en la salud, aprovechando que, en muchas zonas andinas estos se consumen a diario. Una de estas propiedades es su capacidad antioxidante, muy importante hoy en día. Así Mejía et al.(2018), manifiesta que cada vez existe mayor evidencia que muestra como los radicales libres se involucran en la patogénesis de varias enfermedades, entre las que puede nombrar al cáncer, enfermedades óseas, diabetes Mellitus, Alzheimer, Kwashiork, también en procesos de inflamación y envejecimiento celular.

El estudio se centró en la evaluación del riesgo para la salud mediante la estimación del valor de radón y la capacidad antioxidante presente en los tubérculos, para conocer si el consumo de estos alimentos es seguro y que brinde propiedades benéficas para la salud. Además forma parte del proyecto de investigación: “Evaluación de elementos radiactivos de la serie de Uranio 238 en el ambiente en pacientes con cáncer”, del Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC) de la Facultad Ciencias.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Estudiar la radioactividad y el poder antioxidante de tubérculos andinos.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la capacidad antioxidante de la oca (*Oxalis tuberosa*), melloco (*Ullucus tuberosus* Loz), mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*).
- Determinar la presencia de radón-222 de la oca (*Oxalis tuberosa*), melloco (*Ullucus tuberosus* Loz), mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*).
- Evaluar el efecto de radiactividad en el contenido de antioxidante de la oca (*Oxalis tuberosa*), melloco (*Ullucus tuberosus* Loz), mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*).

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Tubérculos Andinos

El Ecuador es un país que se caracteriza por su mega diversidad, en cuanto a la variedad de especies que presenta en su superficie terrestre (Radice et al., 2017, p. 56).

Según Bonete et al., (2016, p. 39) los tubérculos se presentan como tallos engrosados debido a la necesidad que requieren ciertas plantas para almacenar sustancias de reserva, que tienden a ser formadas principalmente de almidón.

Siendo la sierra centro del Ecuador o conocida como la región andina la zona que cuenta con las condiciones idóneas para el cultivo de un gran número de tubérculos que son principales fuentes de alimentos entre los cuales se puede mencionar mashua, melloco, oca, zanahoria blanca entre otros que aporta gran cantidad de nutrientes en la alimentación diaria de varias poblaciones rurales (Bonete et al., 2016, p. 40).

Sin embargo, en la actualidad su utilización ha disminuido, debido a que una gran variedad de especies se encuentra en lugares de gran altitud por ende no se han explorado en cuanto a su parte química y el punto de visto biológico (Heil et al., 2017, p. 538).

##### 1.1.1. Mashua

**Tabla 1-1:** Taxonomía de la mashua.

Características Taxonómicas	
<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Sub clase</b>	Rosidae
<b>Orden</b>	Geaniales
<b>Familia</b>	Tropaeolaceae
<b>Género</b>	<i>Tropaeolum</i>
<b>Especie</b>	<i>Tropaeolum tuberosum</i>

2.

**Fuente:** (Bonete et al., 2016)

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

**Figura 1-1: Mashua.**



**Fuente:** (Morillo, Morillo y Leguizamo, 2016).

La mashua presenta nombres comunes en otros países como: isaño, añu, cubio y papa amarga. En la actualidad este tipo de planta herbácea perenne se cultiva en altitudes que va de los 3700 a 4000 msm, en pequeñas parcelas de terreno asociada con otros cultivos como es el caso de la oca y las papas (Bonete et al., 2016, p. 41).

Para Campos et al. (2018, p. 322) entre los tubérculos andinos la mashua obtiene el cuarto lugar en importancia en lo que respecta a la región andina después de la papa, la oca y el olluco.

Este tubérculo muestra un mayor rendimiento, crece con facilidad debido a que no se utiliza pesticidas y fertilizantes ya que resiste a las enfermedades y plagas (Bonete et al., 2016, p. 41).

Además, a los tubérculos se le atribuyen propiedades bactericidas, nematocidas, fungicidas, insecticidas y repelentes de insectos, esto se debe al contenido de principios activos que presenta (isotiocianatos) (Santillán et al., 2016, p. 31).

Además, se dice que este tubérculo posee propiedades antioxidantes comparable con el arándano y otras bayas debido a que presenta alto contenido de flavonoides y polifenoles (Mejía et al., 2018, p. 450).

**Tabla 2-1:** Composición nutricional de *Tropaeolum tuberosum*.

<i>Elemento nutricional</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
<i>Carbohidratos</i>	<i>41,35</i>
<i>Almidón</i>	<i>6,9 -15,7</i>
<i>Proteína</i>	<i>0,1 - 1,0</i>
<i>Grasa</i>	<i>4,8 -8,6</i>
<i>Fibra</i>	<i>69,7 - 85,8</i>

**Fuente:** (Campos et al., 2018).

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

### 1.1.2. Melloco

**Tabla 3-1:** Taxonomía del melloco.

Características Taxonómicas	
<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Caryophyllales
<b>Familia</b>	<i>Basellaceae</i>
<b>Género</b>	<i>Ullucus</i>
<b>Especie</b>	<i>Ullucus tuberosus</i>

**Fuente:** (Collantes y Córdor, 2020, p. 106)

**Figura 2-1:** Melloco



**Fuente:** Guabug-San Juan.

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

El melloco presenta en otros países diversos nombres tales como: olluco, ulluku, chigua, ruba, papa lisa, ulluma y ulluca. Este tipo de tubérculo se distribuye en la región andina al igual que el tubérculo de la oca, se desarrolla comúnmente en altitudes de 2800-3800msnm (Campos et al., 2018, p. 321).

Según Santillán, Pagán, et al. (2016, p. 31) el melloco ocupa el segundo lugar en tubérculos en importancia luego de la papa. Existe una gran variedad que se caracterizan por presentar diversos colores, tamaños y formas.

Este tipo de tubérculos puede adecuarse a lugares templados y altos, frías y húmedas además de tolerar parcialmente a heladas y sequías (Naranjo et al., 2018, p. 33).

El melloco se ha identificado betalainas en forma acida de betaxantinas y betacianinas, adicionalmente posee aminoácidos esenciales, minerales y vitaminas; contiene pigmentos que son utilizados en la industria alimentaria o textil (Mejía et al., 2018, p. 450).

**Tabla 4-1:** Composición nutricional de *Ullucus tuberosus* Loz.

<i>Elemento nutricional</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
<i>Proteínas</i>	<i>4,4-15,7</i>
<i>Carbohidratos</i>	<i>73,5-81,1</i>
<i>Grasa</i>	<i>0,1-1,4</i>
<i>Fibra cruda</i>	<i>3,6-5,0</i>

**Fuente:** (Santillán et al., 2016, p. 31).

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

### 1.1.3. Oca

**Tabla 5-1:** Taxonomía de la oca

<b>Características Taxonómicas</b>	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Dicotyledonae
Orden	Geraniales
Familia	Oxalidaceae
Género	Oxalis
Especie	<i>Oxalis tuberosa</i>

**Fuente:** (Morillo, Morillo y Leguizamo, 2016, p. 45).

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020

**Figura 3-1:** Oca.



**Fuente:**(Campos et al., 2018).

Para (Campos et al., 2018, p. 320) la oca toma varios nombres en otros países tales como: oqa, apilla, uncha, ibia y cuiba. Este tipo de tubérculo nativo se lo ha domesticado en la región andina en altitudes que comprende los 2800 y 3000 msnm.

Los tubérculos tienen una variedad de forma de ovoide a cilíndrica y claviforme y el color que presenta en la superficie varía de blanco a crema, amarillo, naranja, rosa y violeta (Campos et al., 2018).

El consumo de la oca tradicionalmente se lo realiza de diversas formas como son: hervidas, cocidas al horno, fritas, encurtidas o directamente recolectadas. Al exponerle al sol este tubérculo consigue tonalidades más amarillas, esto se debe a la síntesis de los carotenoides y adicionalmente se logra obtener que el tubérculo se endulce (Santillán et al., 2016, p. 32).

**Tabla 6-1.** Composición nutricional de *Oxalis tuberosa*.

<i>Elemento nutricional</i>	<i>Cantidad (mg)</i>
<i>Carbohidratos</i>	<i>13300</i>
<i>Calcio</i>	<i>22</i>
<i>Hierro</i>	<i>1,6</i>
<i>Fosforo</i>	<i>36</i>
<i>Vitamina A</i>	<i>0,13</i>
<i>Vitamina B1</i>	<i>0,13</i>
<i>Vitamina B2</i>	<i>33</i>
<i>Vitamina B3</i>	<i>0,43</i>
<i>Vitamina C</i>	<i>30,40</i>

**Fuente:** Adaptado de Santillán, Moreno, et al. (2016, p. 32), Bernabé y Cancho (2017, p. 14).

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

#### **1.1.4. Zanahoria Blanca**

**Tabla 7-1:** Taxonomía de la zanahoria blanca.

<b>Características Taxonómicas</b>	
<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Angiospermae
<b>Clase</b>	Dicotyledoneae
<b>Familia</b>	Apiaceae (Umbelliferae)
<b>Género</b>	Arracacia
<b>Especie</b>	<i>Arracacia xanthorrhiza</i>

**Fuente:** (Quilapanta et al., 2018).

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020

**Figura 4-1:** Planta de zanahoria blanca.



**Fuente:** Santa Cruz-Riobamba.

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

Según Londoño et al. (2018, p. 1190) la zanahoria blanca presenta el nombre común arracacha, además de otros nombres que son zanahoria peruana, peruana Chirivia, etc.

En general la arracha usualmente se consume en sopas, pan y patatas fritas en los países de América del Sur, por otra parte, es fuente de almidón y brinda carbohidratos para el ser humano (Londoño-Restrepo et al., 2018, p. 1190).

Es una planta que se puede distinguir claramente el tallo de su raíz ramificada, de hoja bipinnadas, con pinnas ovadas-lanceoladas acuminadas, presenta un margen doblemente aserrado, redondeadas en la base, además de las hojas más basales contiene peciolos y vainas cortas, sus flores pueden ser desde purpura a verdosas, adicionalmente de otras características (Quilapanta et al., 2018, p. 281).

**Tabla 8-1:** Composición nutricional *Arracacia xanthorrhiza*.

<i>Elemento nutricional</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
<i>Proteína</i>	<i>10,07</i>
<i>Carbohidratos</i>	<i>58,3</i>
<i>Grasas</i>	<i>10,07</i>
<i>Fibras</i>	<i>8,53</i>

**Fuente:** (Quilapanta et al., 2018).

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

### **2.1.1. Zonas de cultivo de tubérculos**

- **Mashua**

La mashua no se conoce con exactitud el lugar de la región andina en la cual se originó y se propago esta planta. Este tipo de tubérculo se cultiva desde el país de Colombia hasta el norte de

Argentina, sin embargo, en Perú y Bolivia se lo siembra en mayor cantidad (Bonete et al., 2016, p. 41).

- ***Mellico***

Para Naranjo et al. (2018, p. 32) el mellico es una planta endémica que ha sido domesticado en las montañas de los Andes de los países como Perú, Bolivia, Ecuador y comprende el norte de Argentina.

Además, soporta una amplia gama de condiciones del suelo, que, por lo general crece en suelos arcillosos fértiles, con adecuaciones de drenados, ricos en materia orgánica y un pH alrededor de 5,5 y 6,5 (Naranjo et al., 2018, p. 33).

- ***Oca***

La oca es una especie que ya se cultivaba en el Ecuador prehispanico Santillán, Pagán, et al. (2016). Este tubérculo se cultiva especialmente en las tierras altas de Ecuador, Perú y Bolivia, aunque también se halla en algunas partes de Chile, Argentina, Colombia y Venezuela, además se introdujo en el país de Nueva Zelanda hace más de un siglo (Campos et al., 2018).

- ***Zanahoria blanca***

La zanahoria blanca es una planta nativa de América del Sur, ha sido domesticada en Sudamérica y por ende su domesticación es la que antecede al de la papa (Quilapanta et al., 2018).

Por lo general se cultiva principalmente en los países de Brasil, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia (Londoño et al., 2018).

A nivel del Ecuador según Paredes (2016, p. 7) solo se han generado datos de producción hasta 1995, así tenemos para el mellico aproximadamente 2407 tubérculos al año, la oca 2357 y la zanahoria blanca solamente 1507 tubérculos, en el caso de la mashua no existen datos cuantitativos, ya que según expertos este dato de producción va decreciendo considerablemente con los años.

## **2.2. Muestreo Estratificado-Aleatorio**

Según González, Escoto y Chávez, (2017, p. 17) el muestreo es el paso inicial para realizar un análisis químico, que al igual que el mismo análisis es una fuente de error de gran importancia. También Argimon y Jimenez, (2019, p. 181) señala que existen varios tipos de muestreos, entre ellos el Método estratificado, que consiste en dividir el lugar o material que se va a muestrear en varias porciones iguales, dependiendo de la extensión, y luego se aplica un método al azar para cada sector.

Entre las ventajas de muestreo Aleatorio estratificado (Parra Velasco y Vázquez Martínez. María, 2017, p. 7) , resaltan que permite obtener estimaciones con mayor precisión y además el investigador se asegura de que todos los estratos sean muestreados representativamente. Sin embargo, una desventaja es que en ocasiones es difícil formar estratos iguales de la población.

Para Otzen y Manterola (2017) el muestreo Aleatorio garantiza que todos los elementos de la población tengan la misma posibilidad de ser muestreados, y así se asegura que el muestreo no tenga ningún tipo de inclinación a las preferencias del investigador.

### **2.3. Capacidad Antioxidante**

Se puede definir a la capacidad antioxidante como la calidad del alimento o la biodisponibilidad de compuestos antioxidantes presentes en el mismo, que protegen al organismo de las reacciones de oxidación que se generan a partir de los radicales libres (Benítez Estrada et al., 2020, p. 2).

El estrés oxidativo es un desbalance en comparación a lo considerado normal, pues se da un aumento de las moléculas oxidantes y una disminución de los antioxidantes (Arias Velandia y Rueda, 2016, p. 5).

Es decir que cuando se llega a un estado de estrés oxidativo las defensas antioxidantes son incapaces de revertir el daño generado por los radicales libres.

#### ***2.3.1. Radicales libres***

Para Colbert (2017) los radicales libres, son productos normales del metabolismo de la célula, sin embargo estos átomos inestables, al ser altamente reactivos atacan a los enlaces de las proteínas de los tejidos, a fosfolípidos poliinsaturados que se encuentran en las membranas celulares, a carbohidratos y a los ácidos nucleicos pertenecientes a la célula. Después de que estas moléculas actúan se genera una reacción en cadena que en ocasiones produce la muerte celular.

A un radical libre se lo conoce como cualquier especie química que posee uno o más electrones no apareados (Benítez Estrada et al., 2020).

Según Navarro, Periago y García (2017) las reacciones que realiza el organismo para obtener energía generan moléculas reactivas de oxígeno, que pueden provocar enfermedades degenerativas, al dañar biomoléculas importantes y consecuentemente produce alteración en el estado redox normal y un aumento del estrés oxidativo.

Las reacciones que realiza el organismo para obtener energía generan moléculas reactivas de oxígeno, que pueden provocar enfermedades degenerativas, al dañar biomoléculas importantes como lípidos, hidratos de carbono, proteínas e incluso el ADN, y consecuentemente produce alteración en el estado redox normal y un aumento del estrés oxidativo (Navarro González, Periago y García Alonso, 2017, p. 184).

Para Arias y Rueda (2016), los radicales libres del oxígeno son el principal mecanismo de toxicidad de este elemento, por lo que si aumenta su presión parcial se produce al daño celular y tisular, siendo así la toxicidad del oxígeno considerada como un fenómeno continuo.

**Tabla 9-1:** Radicales reactivos del oxígeno en el cuerpo humano.

<b>Radicales reactivos del oxígeno</b>
Hidroperoxilo (H-O-O <sup>·</sup> )
Alcoxilo (RO <sup>·</sup> )
Peroxilo (R-O-O <sup>·</sup> )
Hidroxilo ( <sup>·</sup> OH)
Superóxido (O <sub>2</sub> <sup>·-</sup> )

**Fuente:** (Aguilar et al., 2018).

**Elaborado por:** Aguinaldo Daniela, Vega Katherine, 2020.

#### 2.4. Antioxidantes

Para Aguilar et al. (2018) los antioxidantes son las moléculas que aunque estén presentes en pequeñas cantidades tienen la capacidad de revertir o inhibir las reacciones de oxidación que se generan debido a los radicales libres.

Los antioxidantes que se encuentran en los alimentos, actúan en la prevención del daño oxidativo que se genera en un estado de estrés oxidativo y a la par previenen ciertas enfermedades crónicas (Navarro González, Periago y García Alonso, 2017).

**Tabla 10-1:** Clasificación de los Antioxidantes.

<b>Antioxidantes enzimáticos</b>	<b>Antioxidantes no enzimáticos</b>
Superóxido dismutasa (SOD)- elimina radical superóxido.	Vitamina E
Catalasa (CAT) - elimina peróxido de hidrogeno y peróxidos orgánicos.	Vitamina C
Glutation peroxidasa (GPx)	Carotenoides y Fenoles.

**Fuente:** Adaptado de Aguilar et al. (2018) y Fung (2017).

**Elaborado por:** Aguinaldo Daniela, Vega Katherine, 2020.

Según Fung (2017) se identifica entre antioxidantes endógenos entre lo que se encuentran los antioxidantes enzimáticos SOD, CAT y GPx, además PON (paraoxanasa) y GST (glutación S-transferasa), que disminuyen el estrés oxidativo al metabolizar las especies reactivas y a la vez sus subproductos.

Los antioxidantes exógenos en los que están las vitaminas C y E en conjunto con los carotenoides que son aquellos que previenen o disminuyen el estrés oxidativo (Fung Boix, 2017).

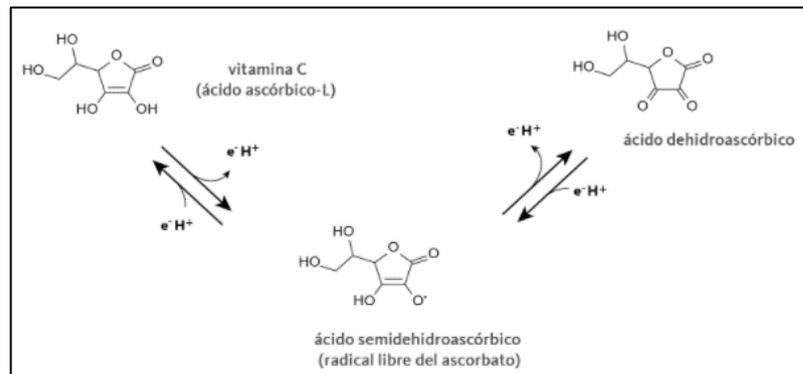
### 1.4.1. Vitamina C

Para De la Fuente et al. (2018) el ácido ascórbico comúnmente conocido como vitamina C, es uno de los antioxidantes de naturaleza hidrosoluble que se encuentra en el líquido extracelular y en la célula, específicamente en el compartimento citosólico, cuya principal función es la homeostasis inmunológica.

Es ácido ascórbico-L es un donante de electrones, puede donar hasta dos electrones de manera secuencial a los radicales libres reactivos, sin embargo, la pérdida de un electrón hace que se oxide la vitamina C y se forme el radical libre del ascorbato, que es menos reactivo en comparación con los demás radicales (Then Shimazaki, 2019, p. 2).

Esta vitamina se encuentra en grandes cantidades en los leucocitos, pero disminuye rápidamente en situaciones de estrés y en presencia de infecciones como consecuencia del trabajo defensivo, por lo que, si la concentración total del ácido ascórbico disminuye, se altera negativamente la función de las células inmunitarias (De la Fuente et al., 2018).

**Figura 5-1:** Estructura de la vitamina C y su radical.



**Fuente:** (Then Shimazaki, 2019).

La vitamina C se utiliza para tratar varias enfermedades como escorbuto (causado por la deficiencia de esta vitamina), resfriado común, trastornos hemorrágicos, anemia, infertilidad, etc. Se dice también que es capaz de prevenir problemas visuales como cataratas y glaucoma (Fang, 2017, p. 5).

En lo que se refiere a los alimentos, la vitamina C se considera como un compuesto inestable a que se oxida e hidroliza con facilidad, de igual manera se descompone en la conservación y procesamiento de alimentos; así también se puede decir que las altas temperaturas y los cationes metálicos llegan a degradar esta vitamina (Fang, 2017).

La ingesta diaria establecida por la FAO es de 100mg de vitamina C en personas adultas para que se alcance el nivel de saturación celular, siendo el valor diario recomendado VDR común 60mg, este valor es posible consumirse en los zumos de frutas y vegetales pero que tengan mínimo

procesamiento debido a la fácil degradación de la vitamina en condiciones aerobias y anaerobias. Sin embargo, se establece que se debe consumir una mayor cantidad en estados de estrés o enfermedad (Bastías y Cepero, 2016).

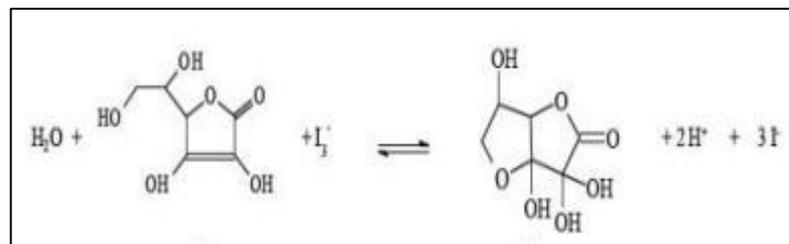
#### 1.4.2. Métodos de análisis para vitamina C

##### 1.4.2.1. Método yodométrico para vitamina C

Según Fang (2017) para la determinación de la vitamina C existen diferentes métodos entre los que podemos nombrar los enzimáticos, químicos, electroquímicos, espectroscópicos (espectrofotométricos y fluorimétricos), además de los métodos cromatográficos en lo que se utiliza cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) utilizando diferentes detectores.

El fundamento de la determinación yodométrica se basa en la oxidación del ácido ascórbico con triyoduro, en la presencia de almidón. El almidón al unirse con el yodo genera un complejo azulado, que al actuar con el ácido ascórbico disminuye la intensidad de su color (Fang, 2017).

**Figura 6-1:** Reacción de oxidación del ácido ascórbico.



Fuente: (Fang, 2017).

Los iones polinucleares I<sub>3</sub><sup>-</sup> forman un complejo con la amilosa del almidón de color negro azulado, este complejo yodo-amilosa si reacciona con la vitamina C se decolora, como resultado de la oxidación de la vitamina por parte de la disolución de yodo, generando el ácido dehidroascórbico junto a iones yoduro (Fang, 2017).

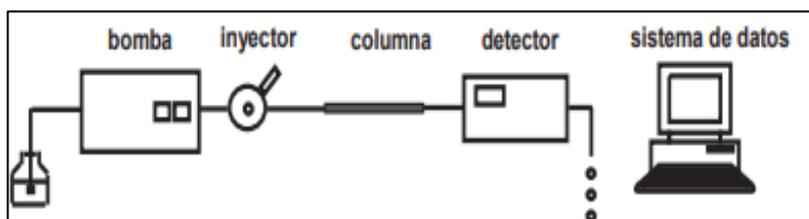
##### 1.4.2.2. Determinación por HPLC

La cromatografía líquida de alta resolución conocida como HPLC por sus siglas en inglés es una técnica analítica útil en la separación de analitos de cualquier origen para su posterior identificación, cuantificación y purificación, es por esta razón que se la considera como una de las técnicas más confiables para purificar sustancias y a la cual se le puede utilizar en varios campos (Ortiz, 2017, p. 2).

Hoy en día la HPLC proporciona importante información cualitativa y cuantitativa de diferentes analitos de una mejor manera y completa. Para esto se debe cumplir con reglas operativas como que la fase móvil sea de naturaleza polar y la estacionaria sea apolar, para que la fase móvil no disuelva la estacionaria; otro punto es que los analitos deben ser solubles en la fase móvil y de igual polaridad y finalmente los analitos deben separarse al ser arrastrados en la fase móvil por la fase estacionaria (García De Marina y Yusá, 2016, p. 10).

Esta técnica cromatográfica es muy utilizada para la determinación de vitamina C por su capacidad de analizar moléculas de alto y bajo peso molecular y que además mantiene las condiciones adecuadas para evitar la degradación del analito que se está estudiando. En general este método consiste en analizar la totalidad de vitamina C concentrada en la muestra utilizando ácido ortofosfórico que convierte el ácido deshidroascórbico en ácido L-ascórbico, siendo estas dos moléculas que juntas forman la vitamina C (Balseca, 2019, p. 11).

**Figura 7-1:** Estructura general de HPLC.



**Fuente:** (García De Marina y Yusá, 2016, p. 11).

### 1.4.3. Vitamina E

La vitamina E es un nutriente fundamental para el ser humano, sin embargo, a comparación con la mayoría de nutrientes esta no posee un papel específico en las funciones metabólicas (Olmedilla et al., 2018, p. 28).

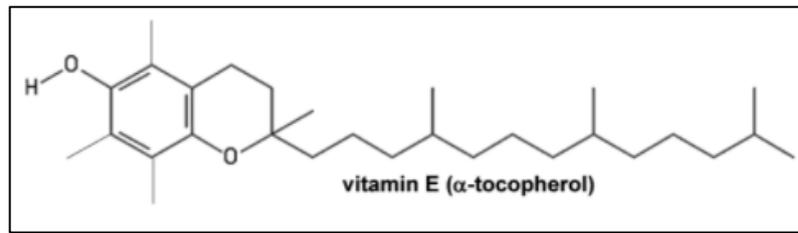
Lee y Han (2018, p. 2) aseguran que la vitamina E es un potente antioxidante liposoluble que se encarga de proteger a los ácidos grasos de tipo poliinsaturados de su oxidación, además regula la producción de los radicales reactivos de oxígeno y nitrógeno.

Este antioxidante neutraliza los radicales libres mediante la donación del hidrógeno de su anillo de cromanol. Posee 8 isoformas de origen natural como son  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tocoferol y  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tocotrienol, siendo el  $\alpha$ -tocoferol la forma dominante. Sin embargo se dice que los tocotrienoles tienen propiedades antiinflamatorias y antioxidantes mayores a las del  $\alpha$ -tocoferol (Peh et al., 2016, p. 153).

El grupo hidroxilo que presenta el cromanol puede donar un átomo de hidrogeno y reducir radicales libres y la cadena saturada lipofílica le permite el paso a las membranas biológicas. La vitamina E en forma sintética es preparada a partir de la unión de la trimetilhidroquinona con el isofitol, siendo esta una mezcla de lo ocho estereoisómeros de  $\alpha$ -tocoferol, y se puede localizar

en los alimentos que han ido enriquecidos y en los complementos alimenticios (Olmedilla et al., 2018).

**Figura 8-1:** Estructura de la vitamina E.



Fuente: (Niki, 2019, p. 92)

#### 1.4.4. Cuantificación de vitamina E

La determinación de la vitamina E por HPLC se genera con una longitud de onda baja que se encuentre dentro del rango ultra/violeta, también se necesita mantener la temperatura ambiente tanto del detector como de la fase móvil, ya que un exceso de calor podría generar la degradación de la vitamina e interferir en la obtención de picos y áreas. De igual manera se controlan la fase madre y los puntos estándar para que los resultados sean confiables (Balseca, 2019).

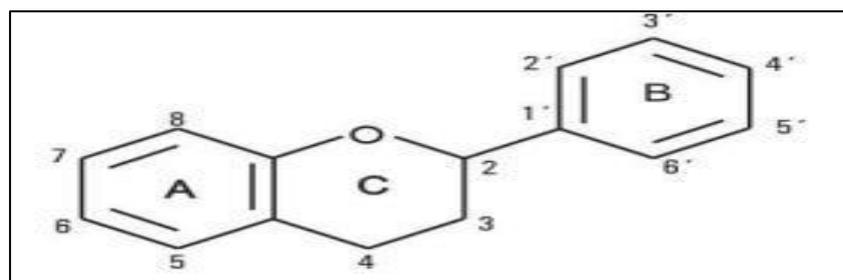
#### 2.5. Polifenoles

Los compuestos fenólicos de origen natural son potentes inhibidores de la peroxidación lipídica, eliminando los radicales libres peróxilo (Arias Velandia y Rueda, 2016).

Para Valencia et al. (2016) los compuestos fenólicos son los antioxidantes que más abundan en verduras, frutas y ciertas bebidas que se derivan de plantas. El contenido de estos compuestos depende de varios factores externos como ambientales, genotipo, especie, madurez, suelo incluso del almacenamiento.

Son sustancias aromáticas orgánicas, pues en su estructura se encuentran anillos aromáticos de benceno sustituidos por lo menos por un grupo hidroxilo. Se constituyen como metabolitos secundarios de las plantas, encontrándose en todas las partes que las conforman (Almonacid, 2016).

**Figura 9-1:** Estructura química de un compuesto fenólico (Flavonoide).



Fuente: (Ayuda Durán, 2018).

La ingesta de los polifenoles es un gramo en promedio, que es diez veces más que la de la vitamina C y cien veces mayor a la ingesta de vitamina E (Valencia et al., 2016).

**Tabla 11-1:** Clasificación de Fenoles.

Flavonoides	No flavonoides
Antocianos	Fenoles no carboxílicos
Flavonas	Ácidos fenoles
Flavononas	Ácido cinámico
Flavonoles	Ácido gálico
Taninos condensados	Ácido vinílico
Dihidroflavonas	Ácido <i>p</i> -hidroxibenzoico
Antocianidinas	Estilbenos, lignanos e hidroxicinamatos

Fuente: Adaptado de Valencia et al. (2016) y Almonacid (2016).

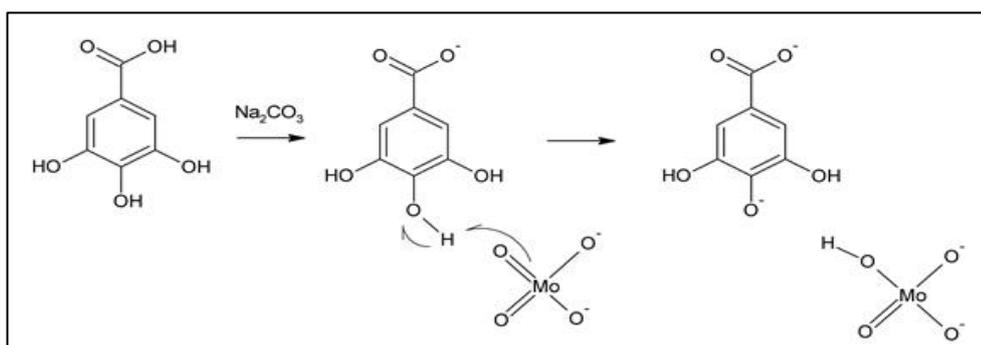
Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

### 2.5.1. Método Folin-Ciocalteu para fenoles totales

Para la cuantificación de compuestos polifenólicos se utiliza generalmente el método de reactivo Folin Ciocalteu, que está formado principalmente por ácidos como el fosfomolibdico y fosfotúngstico que producen una coloración amarilla y generan iones de molibdato y tungsteno. Este método puede llegar a ser inespecífico ya que el reactivo puede actuar con otros componentes de los extractos vegetales como azúcares reductores, ácido ascórbico y aminoácidos (Muñoz et al., 2017, p. 24).

Los iones molibdato que se encuentran en mayor cantidad funcionan como agentes reductores. La reacción del reactivo Folin Ciocalteu se genera de mejor manera en un medio básico por lo que es necesario neutralizar el ácido para producir un ion fenolato que será el que reduce al reactivo por reacción de óxido-reducción que da como resultado una coloración azul que se mide a una longitud de onda de 765nm (Muñoz et al., 2017).

**Figura 10-1:** Reacción del reactivo Folin Ciocalteu con fenoles (ácido gálico).



Fuente: (Muñoz et al., 2017).

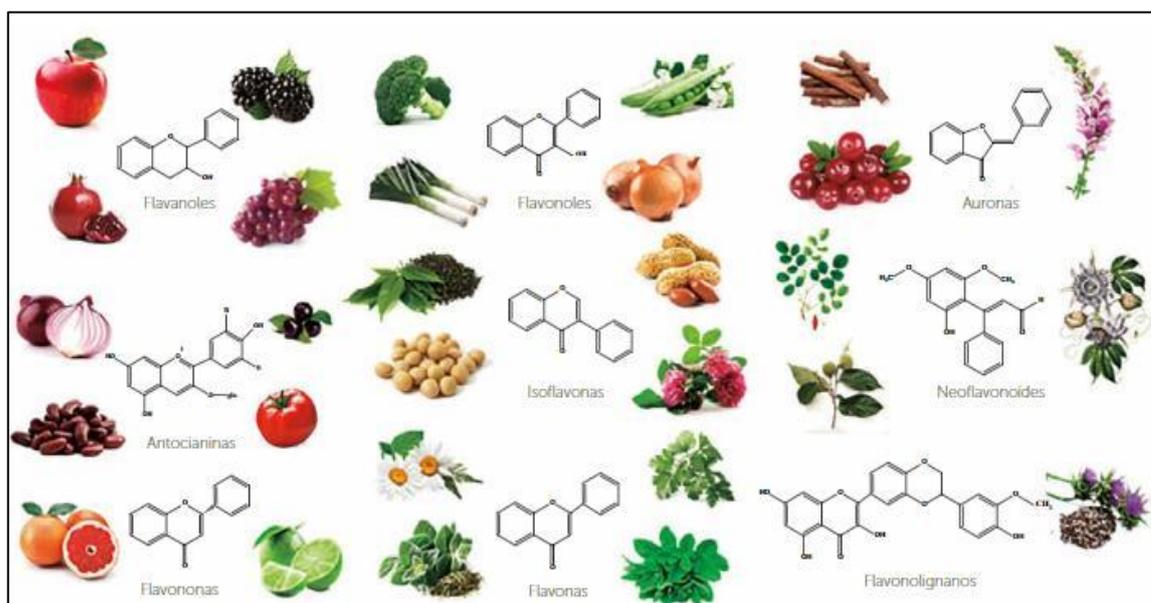
## 2.6. Flavonoides

Gómez et al. (2018, p. 48) define a los flavonoides como compuestos con origen natural formado por anillos aromáticos, se localizan en plantas y poseen varias actividades biológicas como antiinflamatorias, antimicrobianos, antioxidantes, etc.

Representan los colores amarillos, rojos, y azules de plantas y frutas principalmente. Poseen bajo peso molecular, en conjunto constan de 15 carbonos distribuidos en tres grupos de 6, 3 y 6 carbonos respectivamente, es decir dos anillos aromáticos que se unen mediante 3 carbonos que en ciertos casos forman un anillo, su clasificación se basa en los sustituyentes que posea la estructura base (Pérez, 2016, p. 27).

Para Ortega et al. (2018, p. 122) los flavonoides son los encargados de dar el sabor dulce a los cítricos, bebidas como cerveza y vino, esto debido a que son capaces de formar complejos con azúcares como la unión de carotenoides glicosídico y flavonas; además se los puede utilizar como colorantes de forma natural.

**Figura 11-1:** Principales fuentes y clasificación de flavonoides.

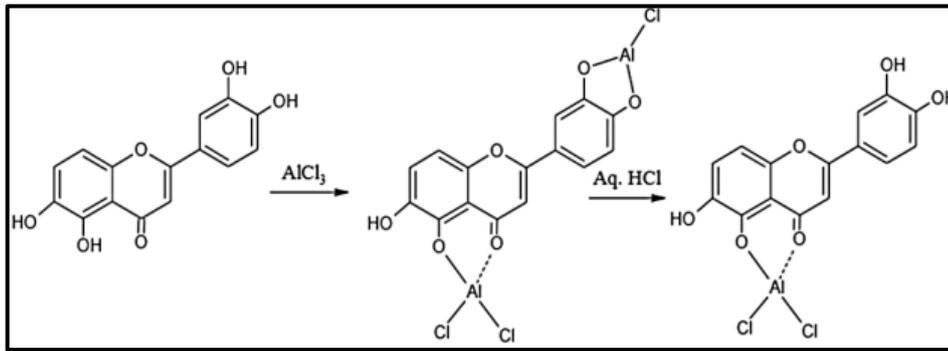


Fuente: (Ortega et al., 2018).

Su capacidad antioxidante, se debe a la presencia de los grupos hidroxilo en su estructura, ya que estos actúan capturando radicales libres o también suelen formar complejos con metales, y de esta forma se evitan daños de tipo oxidativo en el organismo (Ortega et al., 2018).

Es por estas razones que Pérez (2016, p. 27) asume que estos compuestos son importantes en lo que es prevención de ciertos procesos fisiopatológicos, inclusive cáncer generado por el estrés oxidativo generado.

**Figura 12-1:** Complejos metálicos formados con  $\text{AlCl}_3$  y su acido- labilidad.



Fuente: (Yumisaca, 2018).

## 2.7. Suelo

La FAO define al suelo como un organismo vivo debido a que alberga una gran diversidad de organismos que interactúan entre sí y que cumplen varias funciones que colaboran con la naturaleza (Mora Delgado, Silva Parra y Escobar, 2019, p. 15).

La FAO define al suelo como un organismo vivo debido a que alberga una gran diversidad de organismos que interactúan entre sí y que cumplen varias funciones que colaboran con la naturaleza (Mora Delgado, Silva Parra y Escobar, 2019, p. 15).

Para Burbano (2016, p. 118) el suelo es un recurso no renovable que cumple funciones ecosistémicas o ambientales, pues participa en procesos biogeoquímicos de los principales elementos de la vida como nitrógeno, carbono, etc.

Lo que más se conoce del suelo es que sirve de hogar para la producción de alimentos o materias primas de los mismos. Es así que la tercera parte de la superficie terrestre está dedicada a la agricultura, ya que se busca brindar a la población creciente alimentos inocuos y nutritivos (Burbano-Orjuela, 2016).

La Real Academia de la lengua propuso la siguiente definición para suelo relacionada con la agricultura: “*Conjunto de materias orgánicas e inorgánicas de la superficie terrestre, capaz de sostener la vida*” (Aguilar Alínquer, 2018, p. 15).

**Figura 13-1:** Composición del suelo.



Fuente:(Aguilar Alínquer, 2018).

En el suelo existen también metales pesados provenientes de las actividades industriales, pesticidas o tráfico, entre los más comunes están Mn, Cu, Pb, Ni y Zn, cuyo grado de contaminación dependen de las condiciones del suelo, como pH y cambio iónico. Así en pH ácido los cationes son móviles y pueden llegar a cadenas tróficas, mientras que en pH básico quedan inmovilizados (Barrio, 2017).

## **2.8. Radioactividad**

Según Vásquez, Cardozo y Leadina (2019) la radiactividad es un fenómeno físico que se caracteriza por estudiar los procesos de desintegración espontánea de los núcleos atómicos a través de la emisión de diferentes partículas subatómicas.

Marie Sklodowska-Curie fue quien, a fines del año 1903, la radiactividad ha estado siempre presente en la naturaleza. Además, que en la actualidad se puede encontrar como una fuente de energía más poderosa hasta hoy en día conocido. Sin embargo, en el año de 1898 el matrimonio Marie y Pierre Curie determinaron otros elementos radiactivos tales como el torio o conocido como Thorium, polonio y radio (Vásquez, Cardozo y Leadina, 2019).

La radiactividad demostró que la materia y la energía permiten transformarse de una en otra, esto es gracias a las diferentes investigaciones científicas que lograron desafiar abiertamente a las creencias y poder cultivar las bases para el desarrollo de la ciencia que más tarde llegaría en el siglo XX (Vásquez, Cardozo y Leadina, 2019, p. 55).

### **2.8.1. Tipos de Radioactividad**

Para López (2020, p. 34) menciona que el tipo de radiación que produce en un átomo radiactivo, este al desintegrarse puede generar tres tipos distintos de partículas siendo estas alfa, beta y gamma.

- Radiación alfa ( $\alpha$ ): esta partícula emitida corresponde a un núcleo de helio cargado positivamente, la radiación alfa puede correr unos 4cm de distancia en el aire y ser detenida por una hoja de papel (López, 2020, p. 34).
- Radiación beta ( $\beta$ ): dentro de esta existe dos tipos de partículas una negativa que emite, un protón y un antineutrino y una partícula positiva que emite un neutrón, un positrón y un neutrino (Mejía, Ghislain y Morales, 2016, p. 412).

La radiación beta puede correr una distancia de unos cuantos metros en el aire y puede ser detenida con una placa de madera o vidrio (López, 2020, p. 34).

- Radiación gamma ( $\gamma$ ): esta es similar a los rayos X, siendo un tipo de radiación electromagnética que lleva un exceso de energía de un núcleo inestable, con un potente poder penetrante, que recorre cientos de metros en el aire y para interrumpirla es necesario grandes espesores de plomo o de cemento (López, 2020, p. 34).

### 2.8.2. Radionucleidos

La radiación de origen terrestre, su presencia se debe a los radionucleidos naturales: principalmente potasio 40K, rubidio y los radionucleidos en las cadenas de desintegración del torio ( $^{232}\text{Th}$ ) y uranio ( $^{238}\text{U}$ ), siendo estos dos últimos la cabeza de series radiactivas naturales y la principal fuente de radiación ionizante que se encuentra en la tierra constituyendo alrededor del 83% de la dosis efectiva total que recibe en la población mundial (Shayeb y Baloch, 2020, p. 1282). La serie del torio consta de un conjunto de radioisótopos que se relaciona genéticamente, el cual presenta un número de masa que es divisible por 4 (serie 4N). A diferencia del origen del torio que es un emisor alfa; el nucleído terminal de esa serie es el Pb 208 (Leiva, 2017, p. 246).

**Tabla 12-1:** Niveles máximos de radionucleidos permitidos en alimentos.

<b>Nombre del producto básico/producto</b>	<b>Nivel de referencia (NR) (Bq/kg)</b>	<b>Radionucleidos representativos</b>	<b>Notas/observaciones</b>
Alimentos para lactantes	1	Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241	El NR se aplica a los alimentos para lactantes
Alimentos para lactantes	100	Sr-90, Ru-106, I-129, I-131, U-235	El NR se aplica a los alimentos para lactantes
Alimentos para lactantes	1000	S-35(*), Co-60, Sr-89, Ru-103, Cs-134, Cs-137, Ce-144, Ir-192	El NR se aplica a los alimentos para lactantes
Alimentos para lactantes	1000	H-3(*), C-14, Tc-99	El NR se aplica a los alimentos para lactantes
Otros alimentos distintos de los alimentos para lactantes	10	Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241	
Otros alimentos distintos de los alimentos para lactantes	100	Sr-90, Ru-106, I-129, I-131, U-235	

Fuente: (OMS, 2015, p. 53).

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

### **2.8.3. Radón**

Para Alarcón, Ruano y Barros (2019), el radón es un gas inodoro, incoloro, insípido y radiactivo, más pesado que el aire, soluble en agua y en líquidos orgánicos. Existen varios isótopos de este elemento, de los que el Rn<sup>222</sup> es el más abundante en la naturaleza, representa más del 80% de todo el radón. El radón-222 tiene un periodo de semidesintegración de 3,8 días, y sus descendientes el polonio 214 y el polonio 218 tienen una vida media muy corta y emiten en su desintegración partículas alfa, que son carcinógenas.

Garrido (2019) asegura que el radón es altamente radioactivo, al igual que el torio. Este gas se emite a partir del uranio, que se encuentra en las rocas y el suelo, es por ellos que la vía principal del radón es desde el suelo.

Los elementos radionucleidos presentes en el medio ambiente pasan a las plantas por dos medios, el primero es mediante las raíces, ya que las plantas absorben los nutrientes y minerales, pero a la par absorben también radón, acumulándose en las partes comestibles y así pasa a dieta humana. El segundo es una absorción de manera directa por parte de las partes aéreas de las plantas (Najy Hady, Abid Abojassim y Baqer Mohammed, 2016).

La exposición humana a las altas concentraciones de alfa radiación, en especial de radón por un tiempo prolongado, genera daños en el tracto respiratorio y cáncer de pulmón (Hashim et al., 2019).

### **2.8.4. Electret passive environmental radón/radiación monitors (E-PERM)/ Método Electret ion chamber en aire usado para la medición de Radón 222**

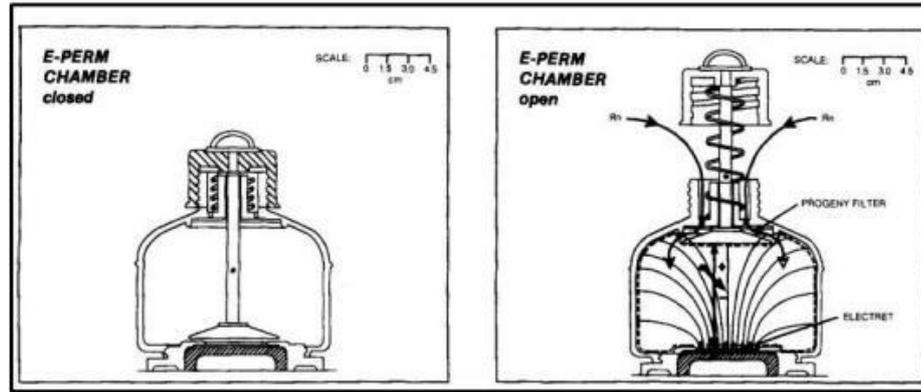
Al método Electret ion Chamber (EIC) Magallanes (2019) lo describe como un método que sirve para determinar las concentraciones indoor y outdoor de radón, comúnmente se lo ha utilizado en lugares como Europa, Canadá, Estados Unidos, entre otros.

Con esta metodología se realizan mediciones integradas y no es necesario baterías para su funcionamiento (Kotrappa et al., 1990).

En si su estructura se compone de:

- Una cámara de ionización de plástico denominado conductor, con filtro en la entrada.
- Un *electret* cargado
- Un lector de voltaje (Kotrappa et al., 1990).

**Figura 14-1:** Estructura del equipo E-PERM CHAMBER.



Fuente: (Kotrappa et al., 1990).

El principio de su funcionamiento consiste en al tener una cámara de ionización de plástico conductor, que encierra el *electret* en el cual el radón entra por difusión, aquí los iones negativos que se producen en el interior de la cámara se recolectan en la superficie del *electret*, lo que hace que disminuya su carga inicial, esta variación de carga se conoce como caída de voltaje y se mide con el lector de electret, para luego determinar la cantidad de radón. (Magallanes Montero, 2019).

Según Rad Elec Inc. (2007) citado por Magallanes (2019), la mínima y máxima concentración de radón que mide este sistema es de 6-1300 Bq/m<sup>3</sup> en el periodo corto de siete días.

#### 2.8.4.1. Factor de calibración

Los factores de calibración de E-PERMS a plazo y largo plazo, respectivamente, se expresa en unidades de V por Bq m<sup>-3</sup>d. Se calculan con las siguientes ecuaciones, dependiendo si es a largo plazo (large time) o a corto plazo (short time), estos valores podrán expresarse en pCi L<sup>-1</sup> d si se divide para 37 (Kotrappa et al., 1990, p. 463).

$$CF (ST) = 0.04241 + 0.0000338 \times \frac{V_i + V_f}{2} \quad CF (IT) = 0.00481 + 0.0000168 \times \frac{V_i + V_f}{2}$$

## 2.9. Plomo

El plomo es un metal pesado no esencial que tiende a bioacumularse haciendo que su concentración tanto en plantas como en animales se magnifique a lo largo de la cadena alimentaria. Por eso lo podemos encontrar en todo lo que nos rodea como aire, plantas, animales que se consumen, suelo, agua, ríos, etc (Barrio, 2017).

Para Rodríguez et al. (2016), el plomo es un metal pesado, contiene compuestos orgánicos e inorgánicos, que se liberan al aire cuando se produce la combustión del carbono y aceite.

Este metal ingresa al organismo por tres vías alternas que son la respiratoria, digestiva y la dérmica, causando efectos nocivos en la salud del hombre y en ocasiones ni siquiera se puede determinar en poco tiempo.

El Pb interacciona con otros metales pesados esenciales como Ca, Fe, Zn y Cu, modificando sus concentraciones celulares; así también inhibe la ATPasa Na/K, la síntesis del grupo hemo y la hemoglobina (Barrio, 2017).

Existe un valor establecido de plumbemia de 70  $\mu\text{g}/100\text{ml}$  hasta máximo 80  $\mu\text{g}/100\text{ml}$ , con un valor de protoporfirina zinc en sangre menor a 20  $\mu\text{g}/\text{g}$  de hemoglobina (Quispe Palpa, 2017, p. 40).

**Tabla 13-1:** Semivida del plomo en el organismo.

<b>Tipo de plomo en el organismo</b>	<b>Tiempo</b>
Plomo circulante.	25 días
Plomo en tejidos blandos.	40 días
Plomo depositado en los huesos.	30 años.

**Fuente:** (Barrio, 2017).

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

El Pb II, es considerado como la forma más común y reactiva, que se encuentra formando óxido e hidróxidos mono y polinucleares (Jimenez, 2017).

Esta inmovilizado por el suelo debido a la materia orgánica presente, sin embargo, con una disminución de pH, el plomo se hace móvil y puede ser absorbido por las plantas (Barrio, 2017).

Según Quispe (2017) en los suelos no cultivados se pueden encontrar 20mg Pb/Kg, en suelos cultivados 360mg Pb/Kg y en las zonas industrializadas existe un valor aún mayor de 10mg Pb/Kg, además en el aire de las zonas rurales puede haber 0,1 $\mu\text{g}$  Pb/m<sup>3</sup>.

**Tabla 14-1:** Niveles máximos y niveles de referencia para plomo en los alimentos.

<b>Nombre del producto.</b>	<b>Nivel máximo (NM) (mg/kg)</b>	<b>Porción del producto al que se aplica en NM</b>	<b>Notas/ observaciones</b>
Hortalizas de bulbo.	0,1	Bulbos/cebollas secas y ajos: producto sin raíces ni tierra adherida.	
Hortalizas de fruto	0,05	Producto eliminado los tallos. Maíz dulce y maíz fresco.	RM no aplicable para hongos y setas.
Legumbres	0,2	Todo el producto	
Raíces y tubérculos	0,1	Todo el producto del que se ha eliminado la parte superior, tierra adherida.	
Fruta en conserva	0,1	El NM aplicado a los productos tal como se consumen.	No se aplica a bayas o frutos pequeños en conserva.

Fuente: (OMS, 2015)

### **2.9.1. Contaminación de plomo en el suelo**

La contaminación del suelo se da por la presencia de sustancia que pueden ser químicos o que se encuentren fuera de sitio presentando una concentración más alta de lo normal (Rodríguez, McLaughlin y Pennock, 2019, p. 10).

Una importante fuente heredada de la contaminación del suelo asociada al transporte es la contaminación a causa de las gasolinas con plomo. Adicionalmente se encuentran los desechos municipales de vertederos y las aguas residuales no tratadas que son liberados al medio ambiente generando fuentes importantes de metales pesados, compuestos orgánicos poco biodegradables y otros contaminantes que ingresan al suelo (Rodríguez, McLaughlin y Pennock, 2019, p. 10).

Las actividades relacionadas al transporte dentro y que se encuentre entorno a centros urbanos constituyen una de las principales fuentes de contaminación del suelo por plomo, esto se asocia a carreteras y autopistas con especial importancia a los suelos de las zonas urbanas y periurbanas que representan una amenaza importante para la producción de alimentos debido a que da lugar a la absorción y transferencia por las raíces a los tejidos aéreos de metales pesados además del pastoreo en suelos adyacentes a las carreteras también es bastante común, la ingesta del suelo y de plantas contaminados constituye una transferencia dietética potencial de contaminantes que afectaría a la salud animal y humana (Rodríguez, McLaughlin y Pennock, 2019, p. 10).

### **2.9.2. Concentración de plomo**

El radón se desintegra en elementos sólidos radiactivos que se conocen como partículas de la familia del radón, entre las que se pueden nombrar al polonio 218, polonio 214 y plomo 214 (Pérez Escalona et al., 2018).

En general para Oriundo y Robles (2009, p. 24) la medición de la concentración de plomo en la muestra se fundamenta en que la Espectrofotometría de absorción atómica constituye la cuantificación de radiaciones absorbidas por parte de átomos no excitados presentes en una sustancia, mismos que fueron en una fuente de energía alta; es así que la radiación absorbida por los átomos en estado no excitado es proporcional a la concentración que se encuentra en la muestra.

### **2.9.3. Espectrofotometría UV/Visible**

Para Camelino et al. (2018) la espectrofotometría nos permite medir la absorbancia de diferentes elementos en una longitud de onda entre 190-700nm, es decir todo el espectro visible. Debido a que las moléculas de la solución pueden absorber la radiación incidente, de manera parcial o total, dependiendo de la estructura atómica y de las condiciones del medio como temperatura, pH, fuerza iónica, etc.

Gustav Robert Kirchhoff expreso que “cualquier materia que pueda emitir luz a una cierta longitud de onda, también absorberá luz a la misma longitud de onda” (Martínez Guijarro, 2020, p. 4).

La radiación ultravioleta o visible puede ser absorbida por moléculas orgánicas e inorgánicas, este procedimiento involucra transiciones de los electrones externos o de valencia hacia niveles más energéticos (Moreano B, 2017, p. 50).

### **2.9.4. Espectrofotometría de absorción atómica (EAA)**

Martínez (2020) cita a Beaty y Kerber (1993) al decir que al aplicarse energía con una determinada longitud de onda a un átomo en estado fundamental (configuración electrónica más estable con menor energía) este absorberá esa energía y así un electrón del átomo pasara a un orbital de mayor energía, que le da una configuración menos estable es decir un estado excitado. Es decir que la espectrofotometría de absorción atómica es la capacidad del átomo para absorber luz a cierta longitud de onda.

**Figura 15-1:** Proceso de absorción atómica.



**Fuente:** (Martínez Guijarro, 2020).

Existen tres aspectos que fundamentan la absorción atómica:

- Todos los átomos pueden absorber energía.
- La longitud de onda a la que se absorbe energía es específica para cada elemento.
- La cantidad de energía que absorbe un elemento a una longitud de onda específica, es proporcional a la concentración de ese elemento en la muestra analizada (Martínez Guijarro, 2020, p. 4).

## CAPÍTULO II

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Lugar de la investigación

El presente trabajo experimental se realizó en los laboratorios de Bromatología, Procesos Industriales, Bioquímica, Técnicas Nucleares y Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

#### 3.2. Diseño de la Investigación

El trabajo es experimental, con el método de investigación cuantitativo, de acuerdo al objetivo es aplicada. El nivel de profundización del estudio es exploratorio-explicativo, el cual presenta manipulación de variables, además el tipo de inferencia es hipotético-deductiva de acuerdo al periodo temporal corresponde al tipo transversal.

#### 3.3. Población de estudio

La población de análisis consta de cuatro tubérculos que se cultivan en la zona andina: Mashua (*Tropaeolum tuberosum*), melloco (*Ullucus tuberosus* Loz), oca (*Oxalis tuberosa*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), mismos que se recolectaron en diferentes zonas de la provincia de Chimborazo para la evaluación de su concentración de plomo, la tasa de exhalación del radón, capacidad antioxidante.

Además, se realizó la determinación de plomo y la tasa de exhalación del radón en la tierra en donde se cultiva cada uno de los tubérculos.

#### 3.4. Tamaño de la Muestra

El tamaño de la muestra consiste en 30 kg de cada tipo de tubérculo en fresco, tomados mediante un muestreo aleatorio estratificado, mismos que se dividieron en dos grupos uno de 14 kg de muestra para la determinación de la tasa de exhalación de radón, y otro grupo de 16 kg de muestra para la evaluación de su concentración de plomo, capacidad antioxidante y concentración de compuestos fenólicos para cada tubérculo.

Se analizó 4 kg de muestra de suelo del sitio de cultivo del mashua, melloco y oca, así como de la tierra de cultivo de la zanahoria blanca para determinar la tasa de exhalación del radón.

### 3.5. Equipos, Materiales y Reactivos

#### 3.5.1. Toma de la muestra

Para la toma de muestra de los tubérculos se utilizaron los siguientes materiales:

**Tabla 1-2:** Materiales utilizados en la toma de muestra.

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Fundas plásticas.	4
Sacos	4
Azadón	1

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

#### 3.5.2. Determinación de plomo

Para la determinación de plomo por duplicado se utilizaron los siguientes equipos, materiales y reactivos por cada tubérculo.

**Tabla 2-2:** Materiales, reactivos y equipos para la determinación de plomo.

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>
Vaso de precipitación 50ml	3	HNO <sub>3</sub> 5M	120ml	Espectrofotómetro de absorción atómica.	1
Tubo de ensayo de vidrio.	2	HNO <sub>3</sub> 1%	200ml		
Pipeta graduada 10ml	4			Reverbero eléctrico.	1
Papel filtro	2				
Embudo simple	1				
Probeta 100ml					

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

#### 3.5.3. Determinación de la tasa de exhalación de radón

Para la determinación de la tasa de exhalación del radón superficial y másica se utilizaron los siguientes equipos y materiales por cada tubérculo.

**Tabla 3-2:** Materiales y equipos para la determinación de la tasa de exhalación de radón.

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>
Recipientes plásticos rectangulares 7,6cm de largo, 5,2cm de ancho y 2,4cm de altura.	4	Detector (Electret Short Term)	1
Cajas Petri de vidrio de diámetro 6,8 cm.	2	Cámara de ionización de plástico de 210 ml. Acumulador de vidrio de 4 litros. Lector de voltaje superficial del Electret.	1 1 1

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

### 3.5.4. Tamizaje fitoquímico

**Tabla 4-2:** Materiales y equipos para el tamizaje fitoquímico.

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>
Tubos de ensayo	40	Etanol 70%	200ml	Reverbero eléctrico	1
Gradilla	1	Agua destilada	300ml		
Reverbero	1	Baljet A y B	4 ml		
Malla metálica	1	Cl <sub>3</sub> Fe	1 ml		
Vaso de precipitación 400ml	1	Cloroformo	4 ml		
Pipetas 10ml	3	Bontrager	4 ml		
Pipetas 5ml	5	HCl 1%	12 ml		
Vaso de precipitación 100ml	2	HCl concentrado	8 ml		
Pinzas para tubos	2	Dragendorff A y B	1 ml		
		Mayer	1 ml		
		Wagner	1 ml		
		Cinta de magnesio	4		
		Alcohol amílico	8 ml		
		Fehling A y B	4 ml		
		Carbonato de Sodio	4 ml		

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

### 3.5.5. Determinación de Fenoles

**Tabla 5-2:** Materiales y equipos para la determinación de fenoles.

Materiales	Cantidad	Reactivos	Cantidad	Equipos	Cantidad
Balones de aforo 10ml	5	Ácido gálico	0,1 mg/ml	Espectrofotómetro	1
Tubos de ensayo	6	Folin ciocalteun	20g	Reverbero eléctrico	1
Probeta 100ml	1	Carbonato de sodio	20g		
Pipeta 10ml	1	Agua destilada	30ml		
Puntas	5				
Espátula	1				
Pipeta automática 100UI	1				

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

### 3.5.6. Determinación de la capacidad antioxidante

#### 3.5.6.1. Determinación de Vitamina C por Yodometría

Para la determinación de vitamina C (ácido ascórbico) por duplicado se utilizaron los siguientes equipos, materiales y reactivos por cada tubérculo.

**Tabla 6-2:** Materiales, reactivos y equipos para la determinación de vitamina C por yodometría.

Materiales	Cantidad	Reactivos	Cantidad
Soporte universal	1	Disolución indicadora de almidón 1%.	0,5ml
Pinzas para bureta	1		
Bureta 50ml	2	Disolución de Yodo 0,1N	30 ml
Erlenmeyer 250ml	2		
Probeta 50ml	1	HCl concentrado	1 ml

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

### 3.5.6.2. Determinación de vitamina C por HPLC

**Tabla 7-2:** Materiales, reactivos y equipos para la determinación de vitamina C por HPLC

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>
Columna para HPLC	1	Ácido orto	3,64 ml	HPLC	1
Pipetas automáticas	1	fosfórico		Software	1
Viales para HPLC	4	Estándar	0,025mg	Detector UV/	1
Balón de aforo de 1000ml	1	certificado		VISIBLE	
Balón de aforo de 500ml	1	de ácido L-ascórbico		Baño María ultrasonido	1
Balón de aforo de 25ml	4	Agua grado II	500ml	sonificador	
Filtros de 0,45 µm PVDF Hydrophilic.	4			Bomba de vacío	1
Tubos Falcon	4				
Mortero y pistilo	4				

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

### 3.5.6.3. Determinación de Vitamina E

Para la determinación de vitamina E (tocoferol) por duplicado se utilizaron los siguientes equipos, materiales y reactivos por cada tubérculo.

**Tabla 8-2.** Materiales, reactivos y equipos para la determinación de vitamina E por HPLC.

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>
Matraz de aforo 100ml,25ml,10ml	1	Estándar de Vitamina E	0,025 mg	HPLC	1
Embudo de separación	1	Éter etílico	200 ml	Rotavapor	1
Balón esmerilado 250ml	1	Metanol 99,9%	800 ml	Sorbona	1
Filtros de 0,45 µm PVDF Hydrophilic.	4	Agua destilada	200ml	Baño María ultrasonido	
Tubos tapa rosca	4	Hidróxido de potasio	10ml	sonificador	
	4	Ácido cítrico	0,5mg	Bomba de vacío	1

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

### **3.6. Recolección de los tubérculos**

Las muestras de melloco, mashua y oca se tomaron de San Juan con una latitud de -1.6328810453 y longitud de -78.7827453613. Mientras que las muestras de zanahoria blanca se tomaron de dos lugares del Barrio Santa Cruz de Riobamba el primero con latitud de -1.6896279 y longitud de -78.6582218 y el segundo con latitud de -1.6886868 y longitud de -78.6581362. Se recolectaron muestras de varias partes del terreno.

### **3.7. Selección de los tubérculos para analizar**

Los tubérculos mashua, melloco, oca y zanahoria blanca fueron seleccionados tomando en cuenta los siguientes aspectos.

#### ***3.7.1. Criterios de inclusión***

- Tubérculos en buen estado.
- Material de tamaño mediano y grande.
- Productos sin hojas.
- Tubérculos que no presenten contaminación visible.

#### ***3.7.2. Criterios de exclusión***

- Tubérculos con cortes.
- Productos en estado de pudrición.
- Tubérculos muy pequeños.
- Material que presente cortes.

### **3.8. Determinación de Humedad y sólidos totales**

#### ***3.8.1. Humedad***

El contenido de humedad se basó en la determinación gravimétrica de la pérdida de masa de la muestra hasta masa constante en la estufa de aire caliente a la temperatura normalizada (Gómez et al., 2019, p. 5).

Primeramente, se taró la cápsula de porcelana, para esto se la pesó, se la puso en la estufa a 120°C durante una hora y luego se la colocó en el desecador por 15 min para pesarla. Se repitió este procedimiento hasta conseguir un peso contante de la cápsula.

Para la determinación de humedad total se pesó  $5 \pm 0,1$  g de muestra directamente en capsula de porcelana tarada. Luego se colocó en la estufa a  $103 \pm 3^\circ\text{C}$  por el lapso de 3 h, hasta peso constante. Finalmente se enfrió en el desecador hasta temperatura ambiente y se pesó en una balanza analítica. La determinación se realizó por duplicado.

El porcentaje de humedad se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad (\%)} = 100 - \left\{ \frac{(m_2 - m)}{(m_1 - m)} \times 100 \right\} \quad (1)$$

**Donde:**

**m** = masa de la capsula en g

**m<sub>1</sub>** = masa de la capsula con la muestra en g

**m<sub>2</sub>** = masa de la capsula con la muestra después del calentamiento en g

### **3.8.2. Cenizas**

El ensayo para determinar cenizas totales se procedió por un método de incineración en mufla. Se colocó  $2 \pm 0,1$  g de muestra en un crisol previamente tarado a peso constante, luego se calcinó en un reverbero en la sorbona hasta que no salga humo. Posteriormente se transfirió el crisol a la mufla e incinerar a  $550^\circ\text{C}$ , hasta obtener cenizas libres de residuo carbonoso (esto se obtuvo al cabo de 3 h) y peso constante. Se retiró el crisol de la mufla y se lo llevo al desecador a esperar que se enfríe para luego pesarlo. La determinación se realizó por duplicado.

El porcentaje de cenizas se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{Cenizas} = \frac{P_2 - P_1}{m} \times 100 \quad (2)$$

**P<sub>2</sub>** = peso del crisol con las cenizas en gramos

**P<sub>1</sub>** = peso del crisol vacío en gramos

**m** = peso de la muestra en gramos

## **3.9. Determinación de la tasa de exhalación de radón**

Para evaluar las tasas de exhalación superficial y másica de la mashua, oca, melloco y zanahoria blanca se utilizó la técnica Electret Ion Chamber, cuyo sistema de detección consiste en Electret Cámara de ionización, desarrollado, fabricado y comercializado bajo la marca E-PERM®, por la empresa Rad Elec de Estados Unidos (Magallanes, 2019).

### **3.9.1. Preparación de la materia prima**

Se deshidrataron 14kg de cada tubérculo fresco, primero se cortaron en rodajas de aproximadamente 0,5 cm de grosor para posteriormente llevarlas a un horno industrial durante

48h a 37°C, luego se molieron y tamizaron manualmente para obtener muestras de granulometría de 300µm y 6 mm, estas muestras se almacenaron en fundas plásticas etiquetándolas según el producto y granulometría.

### 3.9.2. Cuantificación de la tasa de exhalación de radón superficial y másica

El procedimiento experimental consiste en encerrar la muestra en el acumulador de vidrio, cerrarlo herméticamente y del periodo de exposición, evaluar las tasas de exhalación superficial y másica. A continuación, se detalla el proceso:

Las muestras se colocan en los recipientes plásticos, se pesaron utilizando la balanza analítica de sensibilidad de 0,1 miligramo y se colocaron el fondo del acumulador de vidrio, posteriormente se midió el voltaje inicial del Electret se insertó en la base de la cámara de ionización, se abrió la cámara modelo S, se colocó en la tapa del acumulador, quedando el sistema de detección suspendido en el aire (Ver Figura (16-1)). Trascurrido el tiempo de exposición (7 días) se realizó la lectura del voltaje final del Electret. La diferencia de voltaje de la superficie del detector es directamente proporcional a la cantidad de radón existente en la muestra (Kotrappa et al., 1990).

El cálculo de las tasas de exhalación superficial y másica se puede obtener a partir de la Ecuación (1) (A Practical E-PERM (Electret Passive Environmental Radon Monitor) System for indoor <sup>222</sup>Rn Measurement, 1990), usada para evaluar la tasa de exhalación de materiales de construcción, en esta ocasión fue adaptada para analizar la tasa de exhalación de la mashua, melloco, oca y zanahoria blanca.

$$\text{Exh}_s = \frac{C(\text{Rn}) \times V \times \lambda \text{Rn}}{K \times A} \quad (3)$$

La tasa de exhalación másica se obtiene de la Ecuación (1), reemplazando el valor del área de exhalación (A) por la masa de la muestra (M) :

$$\text{Exh}_m = \frac{C(\text{Rn}) \times V \times \lambda \text{Rn}}{K \times m} \quad (4)$$

Donde  $\text{Exh}_m$  es la tasa de exhalación másica en  $\text{Bq kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  y m la masa de la muestra en kg. Como se puede observar en las Ecuaciones (3) y (4), un parámetro necesario es la concentración de radón en aire dentro del acumulador de vidrio, este se puede evaluar usando la ecuación (5) (Kotrappa et al., 1990).

$$\text{RnC} = \frac{(V_i - V_f)}{(T)(CF)} - \text{BG} \quad (5)$$

Donde  $RnC$  es la concentración del radón en  $Bq\ m^{-3}$ ,  $V_i$  es el voltaje inicial y  $V_f$  es el voltaje final en voltios;  $T$  representa el tiempo de exposición en días,  $CF$  es el factor de calibración en  $Bq\ m^{-3}\ d$  y finalmente  $BG$  es la contribución de fondo gamma- Background, para lo cual  $0,1\ \mu Gy\ h^{-1}$  es equivalente a  $32\ Bq\ m^{-3}$  (Kotrappa et al., 1990).

Se realizó seis experimentos por cada producto, 3 por cada granulometría, para finalmente obtener las tasas medias de exhalación superficial y másica para cada producto, a través de la fórmula de la media ponderada.

### **3.10. Determinación de plomo**

La concentración de plomo se midió tanto en muestra seca, y fresca como también en el suelo.

#### ***3.10.1. Preparación de la muestra para determinación plomo por vía seca***

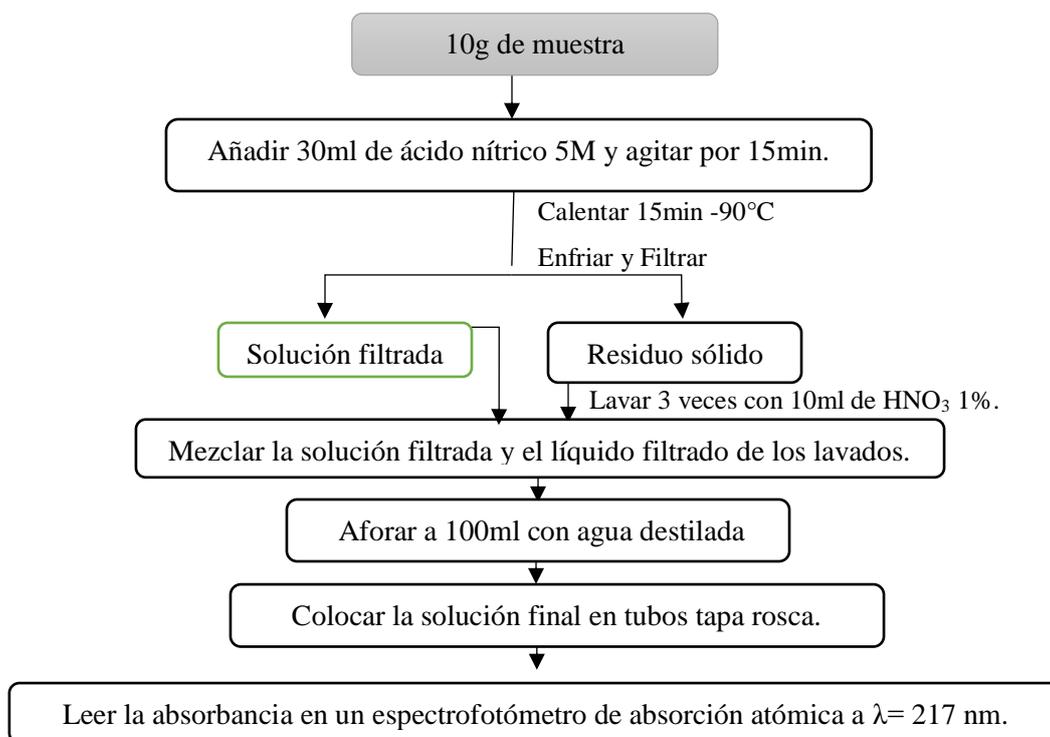
Para determinar plomo en las muestras de tubérculos se realizó un procedimiento de obtención de cenizas, partiendo de 10g de tubérculo deshidratado y colocando la mufla a  $450^{\circ}C$  para no perder el plomo presente en la muestra.

#### ***3.10.2. Determinación de plomo en la muestra seca***

Se añadió  $600\ \mu l$  de  $HNO_3$  al 65% a las cenizas previamente obtenidas y agua destilada, luego se agitó por 10min en ultrasonido para posteriormente aforar a 25 ml con agua destilada.

#### ***3.10.3. Determinación de plomo en la muestra fresca***

La metodología utilizada fue la establecida por Oriundo y Robles (2009, p. 23) con algunos cambios como se detalla en la figura 2-2.



**Figura 1-2:** Proceso de determinación de plomo en las muestras de análisis.

Fuente:(Oriundo Guarda y Robles Gomero, 2009).

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

#### 3.10.4. Preparación de la tierra para determinar plomo

Se pesaron 10g de cada una de las muestras de tierra y se colocó en un mortero, luego se las llevó a la estufa a 105°C durante dos horas. Luego se trituro con ayuda del pistilo, para finalmente tamizar a una granulometría de 2mm (U.E.EPA, 1996).

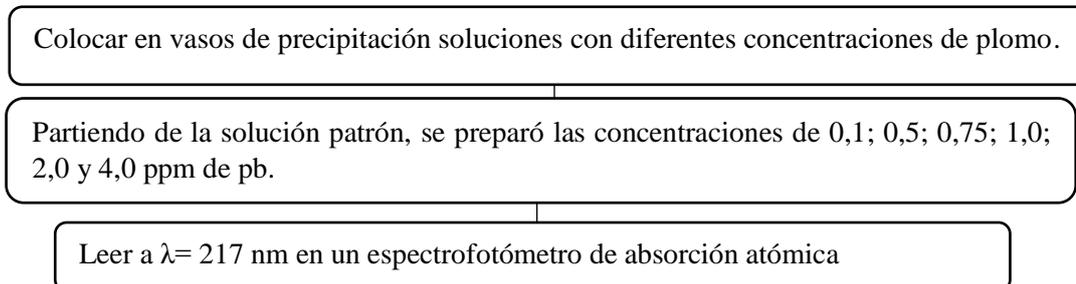
#### 3.10.5. Determinación de plomo en tierra

Se pesaron 2g de la muestra y se colocó en un Erlenmeyer de 150ml, se le añadió 10ml de HNO<sub>3</sub> 1:1 y se tapó con un vidrio reloj. Luego se calentó a 95°C y se dejó a reflujar durante 15 minutos, se añadió 5ml de HNO<sub>3</sub> concentrado y se dejó a reflujar por 30 minutos más (U.E.EPA, 1996).

Debido a que se generaron humos castaños se repitió el paso anterior. Posteriormente se dejó a hervir a no más de 100°C durante 2 horas, para luego dejar enfriar a temperatura ambiente. Se añadió al Erlenmeyer 2 ml de agua destilada y 3 ml de peróxido de hidrógeno al 30%, se tapó nuevamente con el vidrio reloj y se lo colocó en la fuente de calor, luego se añadió en alícuotas de 1ml el peróxido de hidrógeno al 30% hasta completar 10ml (U.E.EPA, 1996).

Se dejó en calor por dos horas para que se reduzca la digestión ácido-peróxido, finalmente se filtró, se aforo a 50ml con agua destilada y se leyó en un espectrofotómetro de absorción atómica a  $\lambda = 217 \text{ nm}$ . La determinación se realizó por duplicado para cada muestra (U.E.EPA, 1996).

### 3.10.6. Elaboración de la curva de calibración para las diferentes determinaciones



**Figura 2-2:** Elaboración de la curva de calibración para plomo.

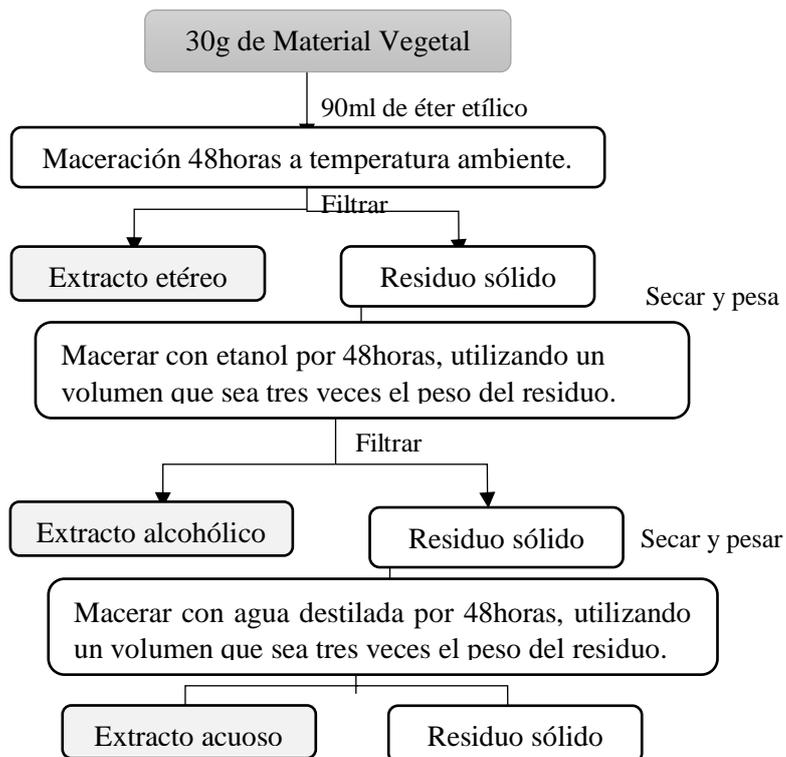
**Fuente:** (Oriundo Guarda y Robles Gomero, 2009).

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

## 3.11. Tamizaje o screening fitoquímico

### 3.11.1. Preparación de la muestra

La muestra se preparó en base a lo que establece Lema (2016, p. 39).



**Figura 3-2:** Preparación de la muestra para tamizaje.

**Fuente:** (Lema, 2016).

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.



**Tabla 9-2:** Tamizaje fitoquímico de las muestras.

<b>Ensayo</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Resultados</b>
<b>Antocianidinas</b> Secuencia C6-C3- C6 de flavonoides.	Calentar 2ml de extracto por 10min con 1ml de HCl concentrado, dejar enfriar y añadir 1ml de agua destilada junto con 2ml de alcohol amílico. Agitar y dejar en reposo para separar las fases.	Resultado positivo si aparece una coloración del rojo al marrón en la fase amfílica.
<b>Bornatrager</b> Quinonas	Si la alícuota no se encuentra en cloroformo, evaporar el solvente con baño de agua y redissolver en 1ml de cloroformo. Añadir 1ml de NaOH y 1ml de KOH o amonio al 5%. Agitar y dejar en reposo para separar las fases.	Positivo (+++) si la fase superior (alcalina) toma una coloración rosada o roja.
<b>Catequinas</b> Catequinas	Con un capilar colocar una gota del extracto sobre papel filtro, y sobre esto aplicar una solución de carbonato de sodio.	Presentar coloración verde a la luz UV.
<b>Cloruro férrico</b> Compuestos fenólicos/ taninos	Añadir 3 gotas de tricloruro férrico al 5% en solución salina fisiológica.  En el caso del extracto acuoso se añade primeramente acetato de sodio para neutralizar.	Para compuestos fenólicos (+++) color rojo-vino.
		Para taninos pirocatecolícos (+++) color verde intenso.
		Para taninos pirogalotánicos (+++) color azul.
<b>Dragendorff</b> Alcaloides	Si la alícuota del extracto está en un solvente orgánico, evaporar el solvente en un baño de agua y al residuo disolver con 1ml de HCl al 1% en agua.  Al extracto acuoso añadir 1ml de HCl concentrado. Finalmente añadir 3 gotas del reactivo.	Opalescencia(+)
		Turbidez (++)
		Precipitado (+++)
<b>Espuma</b> Saponinas	Al extracto alcohólico añadir primero agua en una cantidad de 5 veces su volumen. Agitar la muestra vigorosamente de 5-10min.	Aparición de espuma.
<b>Fehling</b> Azucres reductores	Si la alícuota del extracto no está en agua, evaporar el solvente en un baño de agua y al residuo disolver 2ml de agua destilada. Añadir 2ml de reactivo y calentar en baño de agua durante 5 -10 min.	Positivo si se da una coloración roja o hay presencia de precipitado rojo.
<b>Resinas</b> Resinas	Al extracto alcohólico añadir 10 ml de agua destilada.	Positivo si hay presencia de precipitado.

<b>Shinoda</b> Flavonoides	Si la alícuota del extracto está en alcohol, diluir con 1ml de HCl concentrado y un pedacito de cinta de magnesio. Esperar 5min, añadir 1ml de alcohol amílico, mezclar las fases y dejar en reposo.	Si el alcohol amílico se torna de color amarillo intenso, naranja o rojo se considera positivo.
<b>Liebermann-Burchard</b> Triterpenos/esteroides	Adicionar al extracto 1ml de anhídrido acético y mezclar. Añadir 3 gotas de ácido sulfúrico concentrado por las paredes.	Positivo (+++) cambio muy rápido de coloración de rosado a azul; (++) a verde visible rápido y (+) a color verde oscuro-negro al terminar la reacción. Triterpenos de color rojo, rosado o purpura. Esteroides color azul o azul verdosa.

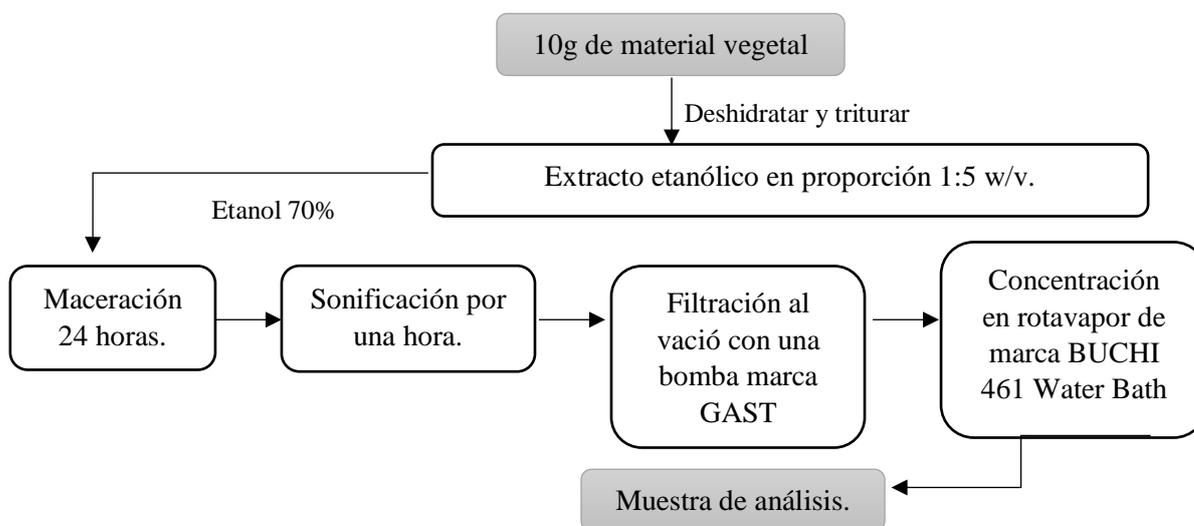
Fuente: (Pujol et al., 2020) y (Lema, 2016).

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

### 3.12. Determinación de compuestos fenólicos

#### 3.12.1. Preparación de la muestra

La muestra se preparó en base a lo que establece Lema (2016, p. 42).

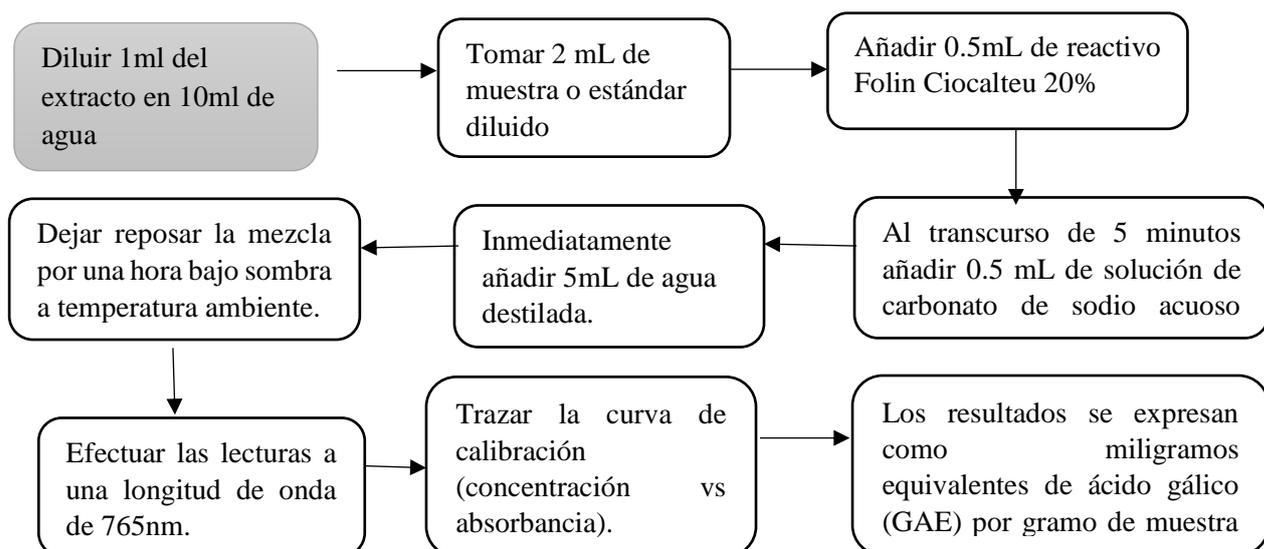


**Figura 5-2:** Preparación de la muestra vegetal para determinar fenoles.

Fuente: (Lema, 2016).

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

### 3.12.2. Cuantificación de fenoles



**Figura 6-2:** Determinación de fenoles.

**Fuente:** (Vinueza, Acosta y Abdo, 2017).

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

#### 3.12.2.1. Elaboración de la curva de calibración de ácido gálico

Se realizó la cuantificación de los fenoles totales presentes en el extracto etanólico 70%, se procedió a preparar una curva de calibración con un estándar de ácido gálico, primeramente se realizó una solución madre de ácido gálico a 1000ppm y del cual se elaboró diluciones al 20%, 40%, 60%, 80% y 100% (García, 2019, p. 59).

**Tabla 10-2.** Datos de la curva de calibración de ácido gálico.

% de dilución a partir de 1000pp	Dilución de ácido gálico (mL)	Folin-Ciocalteu (mL)	Carbonato de sodio 20% (mL)	Agua destilada (mL)
Blanco	0	0,5	0,5	5
20 %	2	0,5	0,5	5
40 %	2	0,5	0,5	5
60 %	2	0,5	0,5	5
80 %	2	0,5	0,5	5
100 %	2	0,5	0,5	5

**Fuente:** (García, 2019).

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

La concentración de fenoles totales en cada muestra se utilizó la ecuación de la recta obtenida  $0,2596x - 0,2717$ , con un coeficiente de correlación de  $R^2 = 0,9968$ , que se obtuvo en la curva de calibración con ácido gálico.

### **3.13. Determinación de la capacidad antioxidante**

La capacidad antioxidante se determinó en relación con el contenido de antioxidantes no enzimáticos que posee cada tubérculo, es decir a la concentración de vitamina C y E.

#### ***3.13.1. Determinación de Vitamina C por yodometría***

Para este procedimiento se trituraron los tubérculos hasta tener 5 gramos de cada uno, se colocó la muestra en un Erlenmeyer de 250ml y se añadió 100ml de agua destilada al igual que 1ml de HCl concentrado. Finalmente se colocó 0,25ml de almidón (1%) (Fang, 2017).

De la misma manera se llenó una bureta con 15ml de disolución de yodo 0,1N. Finalmente se tituló agitando la muestra del Erlenmeyer hasta que la coloración se torne azul. Es decir que la coloración es proporcional a la cantidad de vitamina C que contiene el tubérculo. Pues cada mililitro de la solución de yodo utilizada corresponde a 8,806mg de ácido ascórbico presente en el tubérculo analizado (Fang, 2017).

#### ***3.13.2. Determinación de vitamina C por HPLC***

##### ***3.13.2.1. Preparación de la fase móvil (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> a 0.05M) para mashua y oca***

La fase móvil se preparó a partir del ácido ortofosfórico al 63% del cual se tomaron 2.49 ml y se aforo en un balón de 1000ml con agua bidestilada, luego se filtró al vacío, para luego llevarlo al ultrasonido durante 15 min y finalmente se depositó en un recipiente etiquetado destinado para la fase móvil (Balseca, 2019).

##### ***3.13.2.2. Preparación de la fase móvil (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> a 0.04M) para melloco y zanahoria blanca***

La fase móvil se preparó a partir del ácido ortofosfórico al 63% del cual se tomaron 1.15 ml y se aforo en un balón de aforo de 500ml con agua bidestilada, luego se filtró al vacío, para luego llevarlo al ultrasonido durante 15 min y finalmente se depositó en un recipiente etiquetado destinado para la fase móvil (Balseca, 2019).

#### *3.13.2.3. Preparación de la solución madre*

Se pesó 0.025g de estándar de ácido L-Ascórbico y se aforó con fase móvil en un balón de 25ml, obteniendo una solución madre de 1000ppm, la cual se colocó en papel aluminio para evitar su degradación con la luz. Se debe tomar en cuenta que la vitamina C al ser termolábil se debe conservar en un ambiente estable sin altas modificaciones de temperatura tomando en consideración de la solución no puede usarse más de 4 horas después de ser preparada (Balseca, 2019).

#### *3.13.2.4. Preparación de los puntos de estándar*

De la solución madre de 1000ppm, se extrae 4 alícuotas de distintos volúmenes que se aforaron con fase móvil en balones de 10 ml, consiguiendo puntos de estándar de 20, 40, 60 y 80 ppm respectivamente. Posteriormente de su preparación estos fueron inyectados en el HPLC filtrados mediante micro filtros de 0,45  $\mu$ m PVDF Hydrophilic (Balseca, 2019).

#### *3.13.2.5. Preparación de la muestra*

Para la mashua y la oca se pesó 20g de cada tubérculo, posteriormente se trituro y se añadió 5ml de fase móvil para la mashua y la oca a continuación se obtiene el líquido de los tubérculos, para la mashua se tomó 5ml del líquido y se aforo con la fase móvil en un balón de 100ml, en el caso de la oca se tomó 2,5 ml del líquido y se aforo con la fase móvil en un balón de 25ml (Balseca, 2019).

Para el melloco y la zanahoria blanca se trituro 10g de muestra con 25 ml de fase móvil en un mortero, a continuación, se colocó 10ml del líquido resultante de cada uno de los tubérculos en tubos Falcon para centrifugarlos, del sobrenadante se tomó 3ml del líquido y se aforo con la fase móvil en un balón de 10ml (Balseca, 2019).

Cada volumen de aforo se eligió de acuerdo con la cantidad de vitamina C que se encuentra en cada tubérculo bibliográficamente y fueron filtrados utilizando un micro filtro de 0,45 $\mu$ m PVDF Hydrophilic.

### ***3.13.3. Determinación de Vitamina E***

Para la determinación de vitamina E por HPLC se utilizó la metodología de Martinez et al., (2016) con algunas modificaciones.

#### *3.13.3.1. Preparación de la fase móvil (metanol: agua)*

La fase móvil se preparó a partir del metanol grado HPLC al 99,9% del cual se tomaron 900ml y se aforo en un balón de 1000ml con agua destilada, luego se filtró al vacío, para luego llevarlo al ultrasonido durante 15 min y finalmente se depositó en un recipiente etiquetado para la fase móvil (Martinez et al., 2016).

#### *3.13.3.2. Saponificación de las muestras*

Se pesaron 1 g de cada muestra y se añadió 25ml de metanol grado HPLC, luego se adicionó 0,12 g de ácido cítrico y finalmente 2,5ml de hidróxido de potasio al 50%. Se dejó saponificar durante 15 min en reflujo (Martinez et al., 2016).

La extracción de los tocoferoles se realizó dos veces con 25 ml de éter etílico y finalmente se realizó dos lavados con 50ml de agua, utilizando embudos de separación (Martinez et al., 2016).

#### *3.13.3.3. Evaporación*

Para la evaporación primeramente se añadió 0,2 g de ácido cítrico en el extracto después de las lavadas, y luego se procedió a evaporar el éter utilizando un rotavapor hasta llegar a la sequedad (Martinez et al., 2016).

#### *3.13.3.4. Lectura en el HPLC.*

Se reconstituyó las muestras con 5ml de fase móvil (metanol: agua) y se colocó en tubos tapa rosca, para luego filtrar las muestras con un filtro de 0,45µm PVDF Hydrophilic para proceder a inyectar la muestra en el equipo HPLC (Martinez et al., 2016).

#### *3.13.3.5. Preparación de las disoluciones estándar*

De la solución madre de 1000 ppm, se extrae 4 alícuotas de distintos volúmenes que se aforaron con fase móvil en balones de 10ml, consiguiendo puntos de estándar de 25, 50, 70 y 150 ppm respectivamente. Posteriormente de su preparación estos fueron inyectados en el HPLC filtrados mediante filtros de 0,45 µm PVDF Hydrophilic (Martinez et al., 2016).

#### 2.13.4. Condiciones del HPLC para la determinación de vitaminas

**Tabla 11-2:** Condiciones del HPLC para determinar vitaminas.

<b>Parámetro</b>	<b>Vitamina C</b>	<b>Vitamina E</b>
<b>Flujo de inyección</b>	1ml/min	1ml/min
<b>Longitud de onda</b>	243nm	285nm
<b>Fase móvil</b>	Acido orto fosfórico 0,05 M	Metanol: agua(90:10)
<b>Columna</b>	C 18-LC Column 250x4.6mm	C18-LC Column 250x4.6mm

**Fuente:** (Martinez et al., 2016).

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

## CAPÍTULO III

### 4. Resultados y discusión

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos realizados para los tubérculos del estudio.

#### 4.1. Humedad total

**Tabla 1-3:** Porcentaje de humedad de cada muestra de tubérculos.

<b>Muestra de tubérculo</b>	<b>Promedio de porcentaje de humedad (%)</b>
<b>Mashua</b>	88,64± 0,002
<b>Mellico</b>	84,88±0,012
<b>Oca</b>	89,01± 0,001
<b>Zanahoria Blanca</b>	74,12 ± 0,004

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

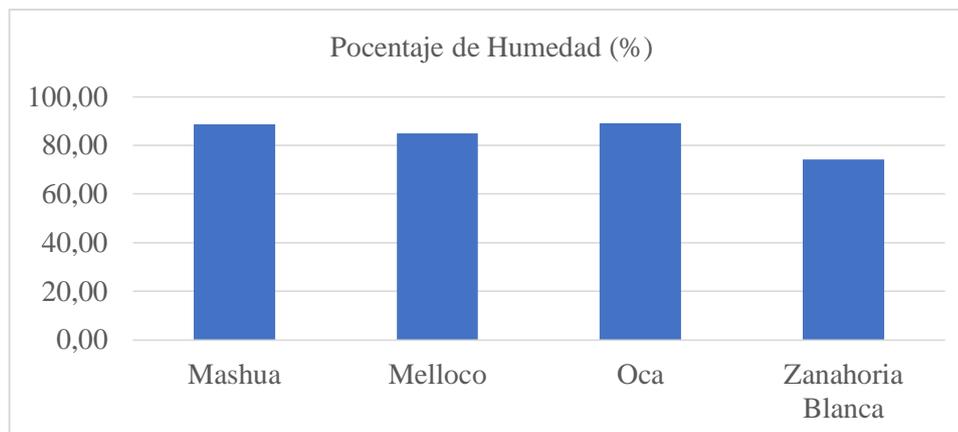
En la Tabla (1-3) se observa el porcentaje de humedad de cada tubérculo realizado en muestras frescas troceadas y por duplicado. El mayor porcentaje de humedad que se encontró fue de la oca con 89,01± 0,001%, seguido de la mashua con 88,64 ± 0,002%, el mellico con 84,88 ± 0,012% y finalmente la zanahoria blanca registro un porcentaje de 74,12 ± 0,004%.

En el caso de la mashua el valor de la humedad es de 88,64 ± 0,002%, este valor coincide con el resultado mencionado en la tabla de composición química de especies del Banco de Germoplasma del INIAP expuesto por Paredes (2016, p. 26) de 88,70%, siendo este valores similar. En comparación con los resultados obtenidos por parte de Durazno y Herrera, (2018, p. 44) que presento 91.32± 2.89 en su estudio farmacognóstico y fitoquímico de tubérculos, este valor supera el resultado obtenido.

El mellico presento el porcentaje de humedad de 84,88 ± 0,012%, este valor es similar al obtenido por parte de Paredes (2016, p. 26), siendo de 84,34%.

Por otra parte la oca tuvo un porcentaje de humedad de 89,01± 0,001%, siendo este valor superior al reportado por Paredes (2016, p. 26) que presento un porcentaje de 77,73%.

Finalmente para la zanahoria blanca el porcentaje de humedad fue de 74,12 ± 0,004%, al compararlo con tabla de composición química reportada por Paredes (2016, p. 26) que registra un valor de 81,19% el valor obtenido en el estudio es superior.



**Gráfico 1-3:** Porcentaje de humedad para cada tubérculo.

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

#### 4.2. Cenizas totales

**Tabla 2-3:** Porcentaje de cenizas totales de cada muestra de tubérculos.

Muestra de tubérculo	Promedio de porcentaje de cenizas (%)
<b>Mashua</b>	4,62± 0,067
<b>Melloco</b>	5,60± 0,020
<b>Oca</b>	3,82± 0,019
<b>Zanahoria Blanca</b>	1,22±0,023

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020

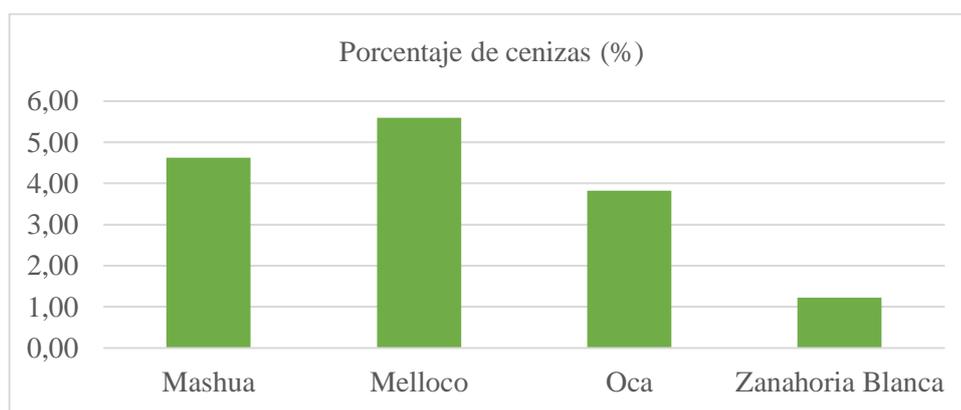
En la Tabla (2-3) se observa el porcentaje de cenizas de cada tubérculo realizado por duplicado y en muestra fresca troceada. Se ve claramente que el melloco es el tubérculo con mayor cantidad de cenizas con 5,60± 0,020%, seguido por la mashua amarilla con 4,62± 0,067%, la oca con 3,82± 0,019% y el tubérculo con el menor valor fue la zanahoria blanca que registró un porcentaje de 1,22±0,023%.

En el caso de la mashua su valor porcentual de cenizas totales es de 4,62± 0,067% coincide con lo que establecen Durazno y Herrera (2018, p. 50), que al realizar el mismo ensayo obtuvieron un valor de cenizas totales de 4,67±0,50. Mientras que en relación con Paredes (2016, p. 26) el valor encontrado en el presente estudio es inferior al señalado por el autor (4,81%).

El valor de cenizas calculado para melloco es similar a lo que describe Paredes (2016, p. 26) en su tabla de composición química de especies del Banco de Germoplasma del INIAP, ya que aquí se estima un valor de 5,93% de cenizas para melloco, y el valor que se obtuvo en nuestro estudio es 5,60± 0,020%.

Para el valor de cenizas totales de la oca según los resultados del estudio farmacognóstico y fitoquímico de tubérculos de Cruz y Tubay (2019, p. 32) este valor puede variar entre 3,5 y 5%, entonces basándonos en esto el valor que se obtuvo en la investigación se encuentra dentro del rango establecido, sin embargo al comparar con los datos para cenizas totales de 3,39% que describe Paredes (2016, p. 26) el porcentaje obtenido en nuestro estudio es ligeramente mayor  $3,82 \pm 0,019\%$ .

Finalmente el porcentaje de cenizas totales de la zanahoria blanca de Espín et al. (1999) es 5,18%, este valor es superior al obtenido en el estudio de  $1,22 \pm 0,023\%$ ; por el contrario al comparar el valor con el análisis químico realizado por Correa (2018, p. 18) el resultado es similar ya que aquí se obtuvo un valor de 1,25% para cenizas de este tubérculo.



**Gráfico 2-3.** Porcentaje de cenizas totales de cada tubérculo.

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

#### 4.3. Tasa de exhalación superficial y másica del radón

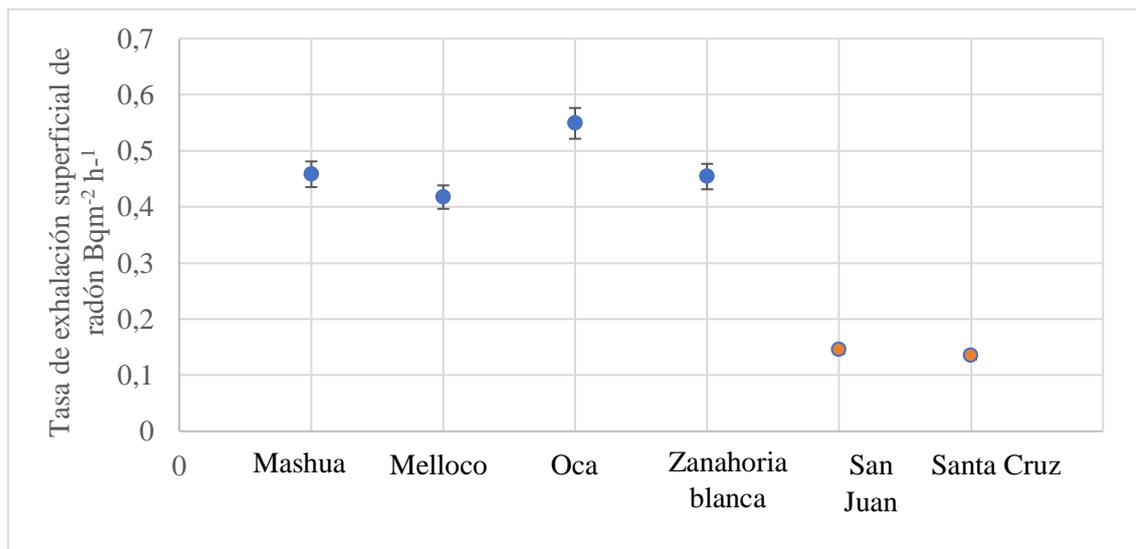
Los resultados de las tasas medias de exhalación superficial y másica de radón, obtenidas como promedio de las seis mediciones individuales que se realizaron para cada tubérculo se presentan en la Tabla (3-3). Las áreas de exhalación de las muestras fueron las siguientes:  $22,4 \text{ cm}^2$  para la caja Petri y  $39,5 \text{ cm}^2$  recipientes rectangulares de plástico. Las masas de los tubérculos fluctuaron entre 50 y 75 gramos según el recipiente.

**Tabla 3-3:** Valores de exhalación de radón en las muestras.

	Exhalación superficial de radón	Exhalación en masa de radón
	Bq m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>	Bq kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>
<b>Mashua</b>	0,4582±0,04	0,0298±0,002
<b>Meloco</b>	0,4175±0,02	0,0359±0,002
<b>Oca</b>	0,5489±0,04	0,0366±0,003
<b>Zanahoria blanca</b>	0,4541±0,04	0,0280±0,002
<b>Tierra San Juan</b>	0,1457±0,01	0,0230±0,001
<b>Tierra Santa Cruz</b>	0,1350±0,01	0,0252±0,002

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021.

El valor más alto de la tasa media de exhalación superficial de radón fue 0,5489±0,04 Bqm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> correspondiente a la oca. El Gráfico (2-3) ilustra los valores detallados en la Tabla (3-3) y se evidencia que la mashua, el meloco y la zanahoria blanca presentan la misma tasa media de exhalación superficial dentro de los errores experimentales. En el caso de las muestras de tierra de la comunidad San Juan y el barrio Santa Cruz, donde se cultivaron los tubérculos en estudio, se puede observar que presentan la misma tasa media de exhalación superficial y menor que todos los tubérculos.



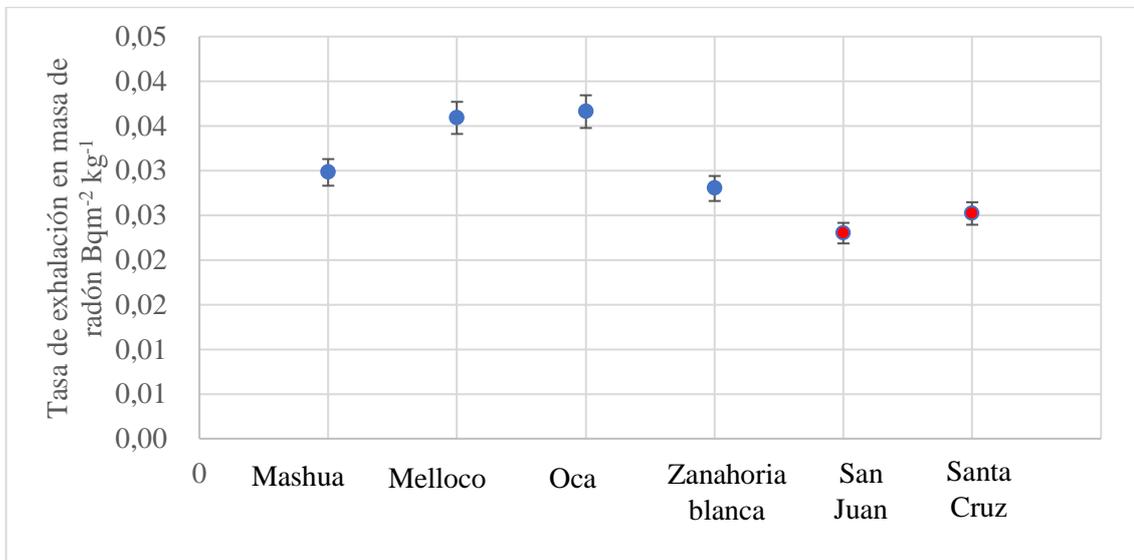
**Gráfico 3-3:** Tasas medias de exhalación superficial de las muestras de tubérculos y dos muestras de tierra de San Juan y Santa Cruz.

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021.

De la misma manera el valor más alto de la tasa media de exhalación másica de radón fue el de la oca con 0,0366±0,003 Bqm<sup>-2</sup> kg<sup>-1</sup>. Como se observa en el Gráfico (3-3) se representan los valores de la Tabla (3-3) en el que se detalla como la mashua, el meloco y la zanahoria blanca presentan

la misma tasa media de exhalación másica dentro de los errores experimentales. Para las muestras de tierra de la comunidad San Juan y el barrio Santa Cruz, se puede observar que presentan la misma tasa media de exhalación másica e igualmente es menor que todos los tubérculos analizados.

Se observa que tanto para la tasa de exhalación superficial como para la másica de radón la tendencia de resultados es similar.

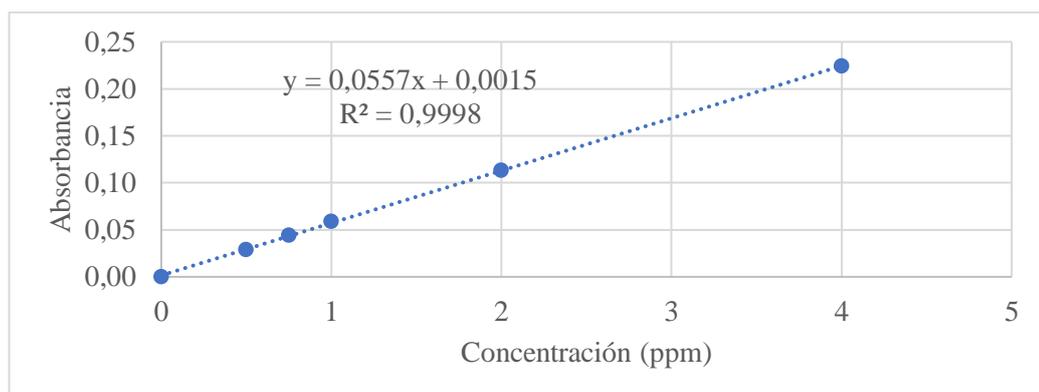


**Gráfico 4-3:** Tasas medias de exhalación másica de las muestras de tubérculos y dos muestras de tierra de San Juan y Santa Cruz.

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021.

#### 4.4. Concentración de plomo

Después de realizar la determinación de plomo en un espectrofotómetro de absorción atómica se obtuvieron los siguientes datos para la curva de calibración como se observa en el gráfico 2-3.



**Gráfico 5-3.** Curva de calibración para plomo.

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021

Para las muestras se obtuvieron datos solo para las muestras secas, en el caso de las muestras secas y las muestras de tierra presento una absorbancia aproximadamente igual a cero, por lo que se reporta con un valor nulo (No detectable).

**Tabla 4-3:** Valores de concentración de plomo en las muestras.

	<b>Muestra seca</b>	<b>Muestra fresca</b>
	<b>(mg de Pb/kg de muestra)</b>	<b>(mg de Pb/kg de muestra)</b>
<b>Mashua</b>	0,92±0,12	No detectable
<b>Meloco</b>	0,72±0,12	No detectable
<b>Oca</b>	4,92±0,05	No detectable
<b>Zanahoria blanca</b>	3,88±0,22	No detectable

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021.

**Tabla 5-3:** Valores de la concentración de plomo en tierra.

	<b>Plomo</b>
	<b>(mg de Pb/kg de muestra)</b>
<b>Tierra San Juan</b>	No detectable
<b>Tierra Santa Cruz</b>	No detectable

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021.

Según la OMS (2015) en la Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos Codex Stan 193, establece que para todo tubérculo que se ha eliminado la parte superior y tierra adherida el valor máximo de plomo es de 0,1mg/kg.

Entonces al comparar con este dato, todos los valores obtenidos para muestras secas como se observa en la Tabla (4-3) están sobre el valor máximo admitido.

En el caso de las muestras frescas la concentración de plomo es cero debido a que las muestras no presentaron un valor de absorbancia significativo, sin embargo estos valores cumplen con lo que establece la OMS (2015).

Según Quispe (2017) en los suelos no cultivados se pueden encontrar 20mg Pb/Kg, en suelos cultivados 360mg Pb/Kg y en las zonas industrializadas existe un valor mayor a 10mg Pb/Kg, además en el aire de las zonas rurales puede haber 0,1µg Pb/m<sup>3</sup>.

En las muestras del suelo de San Juan y Santa Cruz son lugares que no están expuestas a contaminación, el plomo están ausente como se muestra en la Tabla (5-3); al comparar con la investigación Vázquez, Sangurima y Alvarez (2019) en su estudio “Concentraciones de plomo (Pb) en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) en Azuay”, Ecuador el valor hallado de concentración de plomo en el suelo fue de 17,6 mg/kg por ende está dentro de los límites permitidos, a diferencia en otro investigación (Sinchi, 2019) en su estudio “Determinación de plomo en suelo y arroz (*Oryza sativa* L.) en dos cantones de la provincia del Guayas” se encontraron altas concentraciones de Pb

en el suelo de dos estaciones en el cantón de Daule ( $47,64 \pm 8,93 \text{ mg/kg}$  y  $46,93 \pm 4 \text{ mg/kg}$ ) y en Nobol ( $40,34 \pm 7,77 \text{ mg/kg}$ ) esto se debería a las emisiones vehiculares.

En la Tabla (4-3) se observa que el tubérculo seco que mayor cantidad de plomo presentó fue la oca con  $4,92 \pm 0,05 \text{ mg Pb /kg}$ , seguida por la zanahoria blanca con  $3,88 \pm 0,22 \text{ mg Pb /kg}$ , le sigue la mashua con  $0,92 \pm 0,12 \text{ mg Pb /kg}$  y finalmente se encuentra el melloco con  $0,72 \pm 0,12 \text{ mg Pb /kg}$ , se compararon con estudios de muestras diferentes debido que hasta la fecha de la investigación no se han realizado publicaciones con los tipos de tubérculos estudiados, en la investigación Vincula (2020) en su estudio “Determinación de las concentraciones de plomo y mercurio en la papa blanca, amarilla y huayro”, se hallaron concentraciones altas de plomo para la papa blanca  $0,134 \text{ mg/kg}$ , papa amarilla  $0,141 \text{ mg/kg}$  y papa huayro  $0,133 \text{ mg/kg}$ .

#### 4.5. Tamizaje fitoquímico

**Tabla 6-3:** Resultados del tamizaje fitoquímico de tubérculos.

Ensayo	Mashua		Melloco		Oca		Zanahoria Blanca	
	E. A	E. E	E. A	E. E	E. A	E. E	E. A	E. E
Antocianidinas	+	+++	+	++	+	+++	+	++
Bornatrager	NA	++	NA	-	NA	-	NA	-
Catequinas	NA	-	NA	+	NA	+	NA	+
Cloruro férrico	-	+	-	-	-	+	+	+
Dragendorff	++	++	+	++	++	++	++	+
Espuma	+	+	+++	++	+++	+	-	-
Fehling	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Resinas	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-
Shinoda	-	+++	+	+++	-	+++	-	+++
Liebermann-Burchard	NA	-	NA	-	NA	+	NA	+

**E.A:** Extracto acuoso

**E.E:** Extracto etanólico

**NA:** No aplica

+++ : Precipitado

++ : Opalescencia

+: Turbulencia/ coloración

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2020.

En la Tabla (6-3) se muestra el tamizaje fitoquímico con extracto etanólico para la mashua presentó resultados positivos en antocianidinas, Fehling, Dragendorff y Shinoda, estos resultados son iguales a los que describen Durazno y Herrera (2018, p. 53) en su estudio farmacognóstico y fitoquímico de tubérculos, estableciendo así la presencia de antocianidinas, azúcares reductores, alcaloides y flavonoides en este tubérculo. Se obtuvieron resultados diferentes con el estudio antes mencionado, ya que aquí se presentan resultados positivos también para catequinas y espuma

contraria a lo que se establece en la presente investigación. Sin embargo, coincide en el resultado negativo de espuma con el estudio de composición química de tubérculos de Doylet y Rodriguez (2018, p. 42).

Para el extracto acuoso de mashua se obtuvieron resultados positivos en los ensayos de antocianidinas, Dragendorff, espuma y Fehling, que coincide con lo que registra en estudio de Doylet y Rodriguez (2018, p. 42), a excepción del resultado del ensayo de Shinoda ya que presenta una cualificación negativa.

En el caso del melloco presento resultados positivos en los ensayos de catequinas, cloruro férrico, Fehling, Dragendorff, espuma y Shinoda, es decir que consecuentemente posee flavonoides, alcaloides, saponinas, azúcares reductores y flavonoides, lo que coincide con el estudio elaboración de crema en base a este tubérculo de Blacido y Quispe (2018, p. 48), pues mencionan resultados positivos en los ensayos antes mencionados.

Para el extracto acuoso del melloco los resultados positivos en el ensayo de Dragendorff coincide con los resultados del estudio de evaluación de la actividad antibacteriana y hemoaglutinante de diferentes extractos por parte de Silva (2018, p. 48) al dar positivo para antocianidinas, Dragendorff y Shinoda, sin embargo este estudio indica ausencia de azúcares reductores lo cual no sucede en la presente investigación.

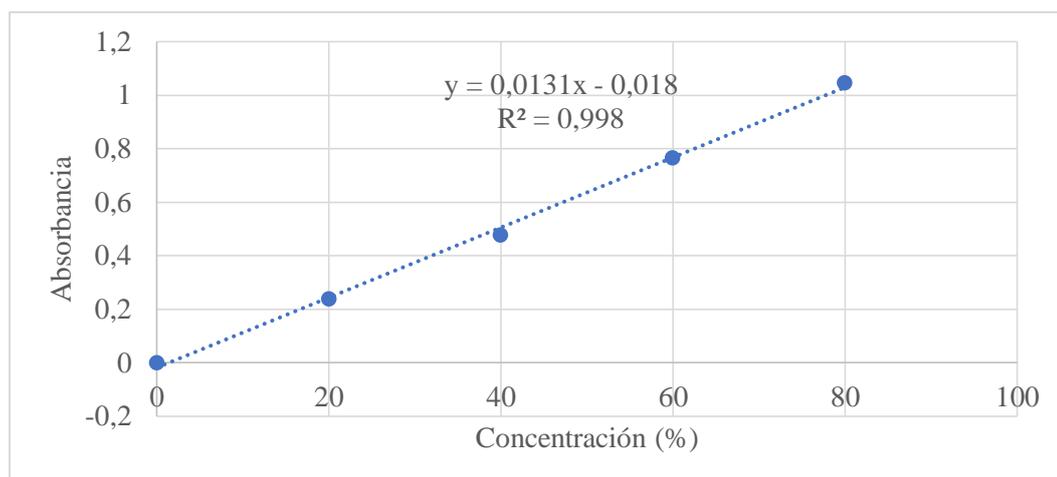
En los resultados de la oca coinciden con el estudio farmacognóstico y fitoquímico de tubérculos de Cruz y Tubay (2019, p. 35) que expresa resultados positivos en el extracto alcohólico para los ensayos de Fehling, Liebermann-Burchard, Dragendorff, Baljet y espuma, lo que coincide con esta investigación ya que también presento resultados similares en los ensayos. En esta investigación además de los ensayos mencionados también es positivo para el ensayo de Shinoda, antocianidinas y catequinas, resaltando así la presencia de flavonoides, azúcares reductores, alcaloides y saponinas en la oca.

Para el extracto acuoso de la oca coincide en los resultados de los ensayos de Dragendorff y Fehling con el estudio de Cruz y Tubay (2019, p. 35) ya que los dos registran resultados positivos, a excepción del resultado de espuma ya que la presente investigación indicó la presencia de saponinas en la muestra.

En el caso de la zanahoria blanca se puede comparar el resultado positivo de cloruro férrico para taninos pirocatecólicos tanto en el extracto acuoso como alcohólico al presentar un color verde con estudio de polifenoles totales y actividad antioxidante en extracto de hojas de zanahoria blanca por parte de Sánchez y Sanmartín (2019, p. 38), ya que en esta investigación presentan un resultado igual al antes mencionado para este ensayo.

#### 4.6. Fenoles

Se obtuvieron los siguientes datos para la curva de calibración con ácido gálico:



**Gráfico 6-3.** Curva de ácido gálico.

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021.

Luego de preparar las muestras se realizó el procedimiento para fenoles totales, y al comparar con la curva de calibración que se obtuvo con el ácido gálico se calcularon los siguientes datos:

$$y=mx+b$$

Se emplea la siguiente fórmula para relacionar la concentración de ácido gálico con la absorbancia:

$$[\text{Acido gálico mg/L}] = \frac{\text{Absorbancia} - b}{m}$$

**Tabla 7-3:** Concentración de fenoles totales en cada tubérculo.

Muestra	Concentración de fenoles totales (mg/eq en ácido gálico /100g de muestra)
Mashua	238,37±0,01
Melloco	148,45±0,09
Oca	58,51±0,22
Zanahoria blanca	73,98±0,11

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021.

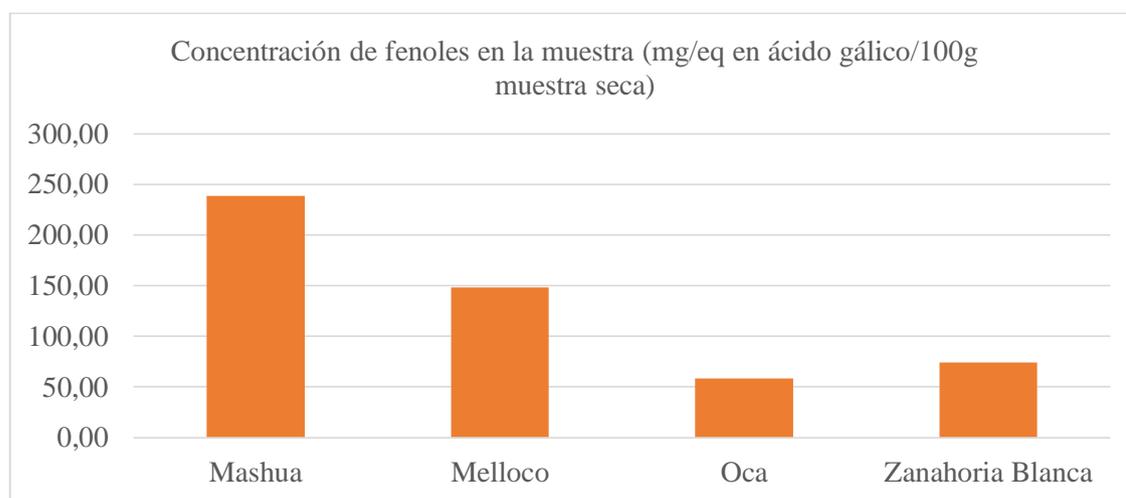
En la Tabla (7-3) se encuentra la cuantificación de fenoles totales para cada uno de los tubérculos; el contenido de fenoles totales obtenido para la mashua fue 238,37±0,01 mg EAG/100g de muestra, este valor es superior al reportado en el estudio de Fenoles totales y actividad antioxidante en mashua de Taipe ( 2017, p. 65) que presento un valor de 9,12 mg EAG/100g de muestra.

En el caso del melloco fue de  $148,45 \pm 0,09$  mg EAG/100g de muestra este valor es alto en comparación al reportado por parte de Velásquez (2019, p. 73) en el estudio “Obtención y aplicación de almidones modificados por esterificación (OSA) a partir de almidones nativos provenientes de tubérculos andinos” que presento un valor de  $47,28 \pm 0,94$  mg EAG/100g de muestra.

Para la oca se obtuvo  $58,51 \pm 0,22$  mg EAG/100g de muestra, este resultado al compararlo con Velásquez (2019, p. 73) en el estudio “Obtención y aplicación de almidones modificados por esterificación (OSA) a partir de almidones nativos provenientes de tubérculos andinos” difiere debido a que presenta un valor de  $40,10 \pm 0,84$  mg EAG/100g de muestra.

Finalmente, para la zanahoria blanca se obtuvo un resultado de  $73,98 \pm 0,11$  mg EAG/100g de muestra al compararlo con Cachay (2016, p. 35) en el estudio “Efecto del tiempo de cocción por hervido sobre la capacidad antioxidante y contenido polifenoles totales en *Arracacia xanthorrhiza*” presento un valor de  $13,3 \pm 0,4$  mg EAG/100g de muestra.

Entre los tubérculos la mashua presenta mayor cantidad de polifenoles con  $238,37 \pm 0,01$ mg EAG/100mg de muestra, seguido del melloco con  $148,45 \pm 0,09$ mg EAG/100g de muestra, a continuación, la zanahoria blanca con  $73,98 \pm 0,11$ mg EAG/ 100g de muestra y finalmente con el menor valor la oca con  $58,51 \pm 0,22$  mg EAG/100g de muestra.



**Gráfico 7-3:** Concentración de fenoles en la muestra

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021

## 4.7. Capacidad antioxidante

### 4.7.1. Vitamina C por yodometría

Los resultados de vitamina C por yodometría se expresaron tomando en cuenta que cada mililitro de la solución de yodo utilizada en la titulación corresponde a 8,806mg de ácido ascórbico en la muestra.

**Tabla 8-3:** Concentración de vitamina C en cada tubérculo.

<b>Muestra</b>	<b>Concentración de vitamina C (mg de ácido ascórbico/100g de muestra fresca).</b>
Mashua	88,06
Meloco	35,22
Oca	44,03
Zanahoria blanca	17,61

**Elaborado por:** Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021.

Por yodometría como se observa en la Tabla (9-3), el tubérculo que presentó mayor cantidad de vitamina C fue la mashua con 88,06 mg de ácido ascórbico/100g de muestra fresca, lo que concuerda con el resultado de Villacrés, Quelal y Alvarez (2016, p. 12) en su publicación “Redescubrimiento de la oca y la mashua” en la que establecen un valor de 77,37 mg de vitamina C en 100g de muestra, es decir que es un valor inferior pero no tan alejado del que se presenta en este estudio.

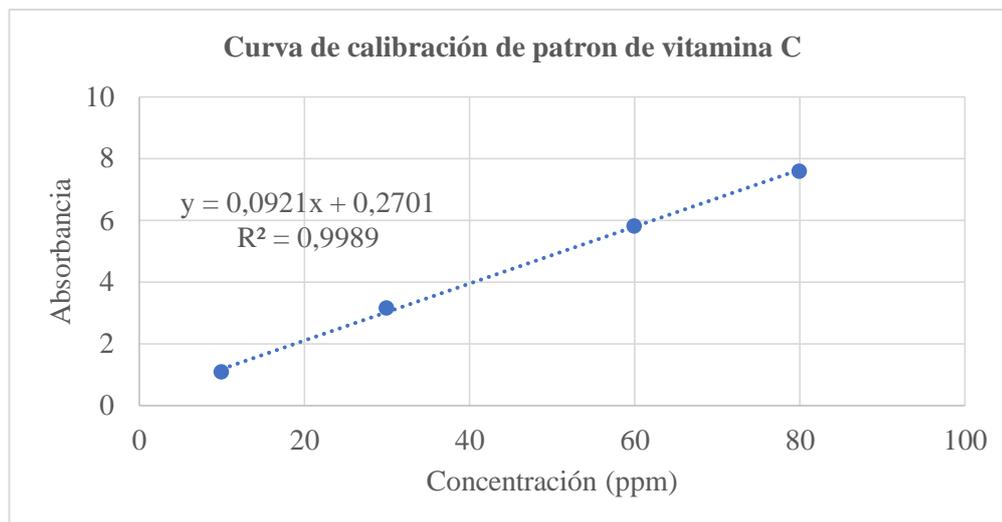
Para el caso del meloco se establece un valor de 35,22 mg de ácido ascórbico/100g de muestra fresca, este valor es mayor a lo que se reporta en la Tabla de composición química de especies del Banco de Germoplasma del INIAP citada por Paredes (2016, p. 26) donde establece que la cantidad de vitamina C para meloco es de 26,3 mg/100g de muestra fresca.

En la oca se encontró un valor de 44,03 mg de ácido ascórbico/100g de muestra fresca que es mayor a lo que expresa Santillán, Pagán, et al., (2016, p. 32) ya que en su publicación “Propiedades funcionales de tubérculos nativos de la región andina de Chimborazo (Ecuador)” se reporta 38,40 mg de vitamina C para este tubérculo.

Finalmente, la muestra con menor cantidad de ácido ascórbico fue de la zanahoria blanca, ya que se obtuvo solamente 17,61 mg de ácido ascórbico/100g de muestra, valor que al comparar con lo que se reporta en la Tabla de composición química de especies del Banco de Germoplasma del INIAP citada por Paredes (2016, p. 26) resulta mayor debido a que en esta tabla se establece que la cantidad de vitamina C para este tubérculo es de 13,94 mg/100g de muestra fresca.

#### **4.7.2. Vitamina C por HPLC**

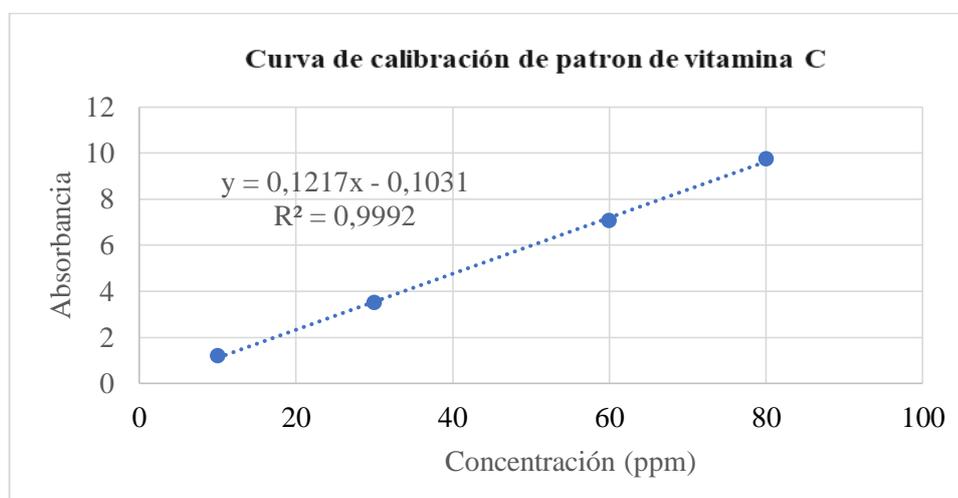
Se realizaron dos curvas de calibración y los resultados para la curva de calibración con el patrón de vitamina C para mashua y oca fueron los siguientes:



**Gráfico 8-3:** Curva de calibración de vitamina C para mashua y oca.

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021.

En tanto que para el melloco y la zanahoria blanca se obtuvieron los siguientes resultados:



**Gráfico 9-3:** Curva de calibración de vitamina C para melloco y zanahoria blanca.

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021

**Tabla 9-3:** Concentración de vitamina C por HPLC en cada tubérculo.

Muestra	Concentración de vitamina C (mg de ácido ascórbico/100g de muestra).
Mashua	138,610±0,130
Melloco	11,100±0,034
Oca	40,470±0,001
Zanahoria blanca	6,320±0,190

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021.

Por HPLC, en la Tabla (10-3) se puede observar que el tubérculo con mayor cantidad de vitamina C fue la mashua con  $138,61 \pm 0,130$  mg de ácido ascórbico/100g de muestra, al comparar con Santillán et al., (2016, p. 31) en el estudio “Propiedades funcionales de tubérculos nativos de la región andina de Chimborazo (Ecuador): una revisión” que presentó 77 mg de ácido ascórbico/100g de muestra de vitamina C, siendo este un valor inferior.

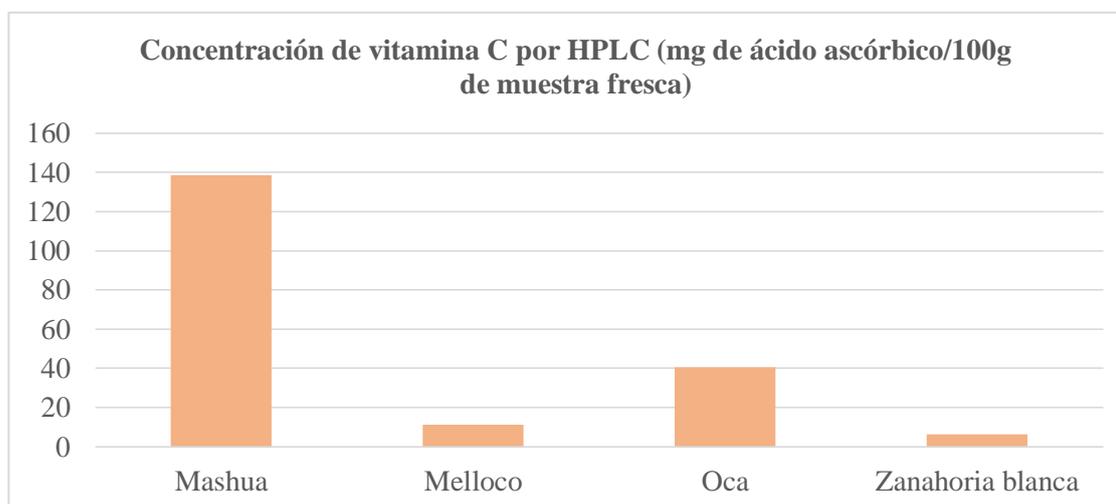
En el caso del melloco presentó un valor de  $11,10 \pm 0,034$  mg de ácido ascórbico/100g de muestra de vitamina C, este valor es inferior al reportado por Pacheco et al., (2020, p. 4) en el estudio “Tubérculos andinos cultivados en Ecuador: nuevas fuentes de ingredientes funcionales” que presentó un valor de  $32 \pm 0,4$  mg de ácido ascórbico/100g de muestra.

Por otra parte, la oca obtuvo un valor de  $40,47 \pm 0,001$  mg de ácido ascórbico/100 g de muestra, lo que concuerda con lo expresado por Pérez (2019, p. 20) en el estudio de “Efecto de temperatura y tiempo de secado convectivo sobre la capacidad antioxidante y vitamina C en harina de oca (*Oxalis tuberosa*)” con  $42,03 \pm 1,54$  mg de ácido ascórbico/100 g de muestra.

Finalmente, la zanahoria blanca presentó el menor valor de vitamina C con  $6,32 \pm 0,190$  mg de ácido ascórbico/100g de muestra, al compararlo en la Base de Datos de composición de alimento citado por FUNIBER (2020) siendo este 31 mg de ácido ascórbico/100g de muestra.

Como se puede observar tanto en la Tabla (9-3) como en la Tabla (10-3) los resultados de vitamina C pese a no ser iguales debido a que se determinaron por diferentes técnicas, tienden a tener un mismo orden descendente, siendo la mashua el tubérculo con mayor cantidad de ácido ascórbico en 100 gramos de muestra fresca, seguido por la oca, el melloco y finalmente la zanahoria blanca que en ambos procesos presentó el menor valor de vitamina C. Sin embargo, por el segundo método las muestras de melloco y zanahoria blanca obtuvieron un valor menor, mismos que se justifican debido a que el melloco posee mucilagos y la zanahoria blanca tiene los altos niveles de almidones que puede afectar en la cuantificación adecuada de vitamina C por HPLC.

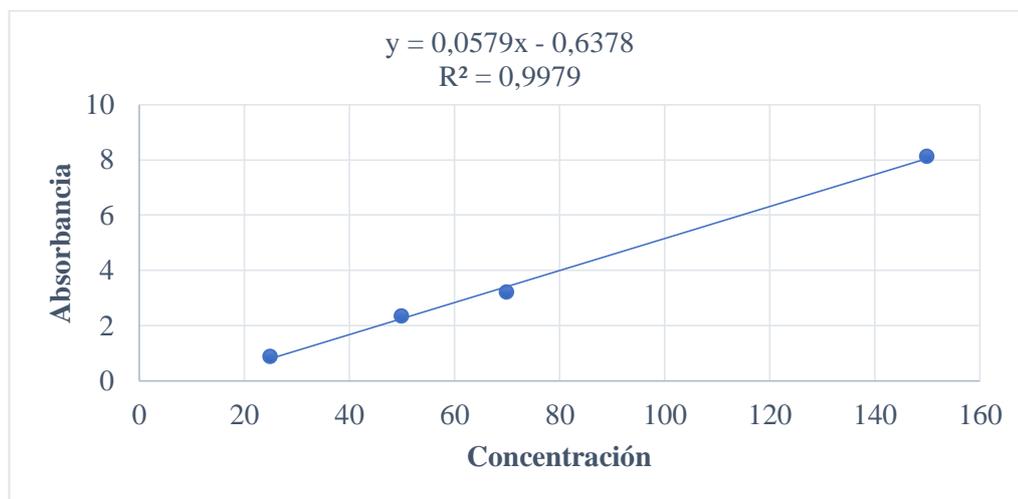
**Gráfico 10-3:** Concentración de vitamina C por HPLC.



Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021.

### 4.7.3. Vitamina E

Los resultados para la curva de calibración con un patrón de vitamina E fueron los siguientes:



**Gráfico 11-3:** Curva de calibración para vitamina E.

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021.

**Tabla 10-3:** Concentración de vitamina E por HPLC en cada tubérculo.

Muestra	Concentración de vitamina E (mg de $\alpha$ tocoferol/100g de muestra).
Mashua	15,39 $\pm$ 0,01
Mellico	0
Oca	0
Zanahoria blanca	0

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021.

En la Tabla (11-3) se observan los datos de vitamina E presentes en la muestra, donde solo la mashua presento un valor mayor a cero, siendo este 15,39 $\pm$ 0,01 mg  $\alpha$  tocoferol/100g de muestra, para la fecha no se han encontrado estudios sobre la vitamina E en mashua de manera cuantitativa, pero indica la presencia de esta vitamina cualitativamente.

Para las demás muestras el valor reportado fue cero ya que no presentaron una señal positiva en la lectura por HPLC; sin embargo, estos valores coinciden con los resultados publicados en la Base de Datos Internacional de Composición de Alimentos elaborado por FUNIBER (2020), en donde tanto para el mellico, oca y zanahoria blanca expresan un valor nulo para vitamina E.

#### 4.7.4. Valores de las determinaciones de cada tubérculo

A continuación, se detallan los resultados finales para cada tubérculo.

**Tabla 11-3:** Valores de las determinaciones para cada tubérculo.

	Humedad	Cenizas	Plomo muestra fresca (mg de pb/kg de muestra)	Plomo muestra seca (mg de pb/kg de muestra)	Radón		Fenoles totales (mg/eq de ácido gálico /100g de muestra)	Vitamina C mg de ácido ascórbico/100g de muestra	Vitamina E mg de alfa tocoferol/100g de muestra
					Bq m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> Superficial	Bq m <sup>-2</sup> Kg <sup>-1</sup> Másica			
<b>Mashua</b>	88,64±0,002	4,62±0,067	ND	0,92±0,12	0,45±0,04	0,0298±0,002	238,37±0,01	138,61±0,130	15,39±0,01
<b>Meloco</b>	84,88±0,012	5,60±0,020	ND	0,72±0,12	0,41±0,02	0,0359±0,002	148,45±0,09	11,10±0,034	0
<b>Oca</b>	89,01±0,001	3,82±0,019	ND	4,92±0,05	0,54±0,04	0,0366±0,003	58,51±0,22	40,47±0,001	0
<b>Zanahoria blanca</b>	74,12±0,004	1,22±0,023	ND	3,88±0,22	0,45±0,04	0,0280±0,002	73,98±0,11	6,32±0,190	0
<b>Tierra San Juan</b>	NA	NA	NA	ND	0,14±0,01	0,0230±0,001	NA	NA	NA
<b>Tierra Santa Cruz</b>	NA	NA	NA	ND	0,13±0,01	0,0252±0,002	NA	NA	NA

Elaborado por: Aguinaldo Daniela, Vega Katherine, 2021.

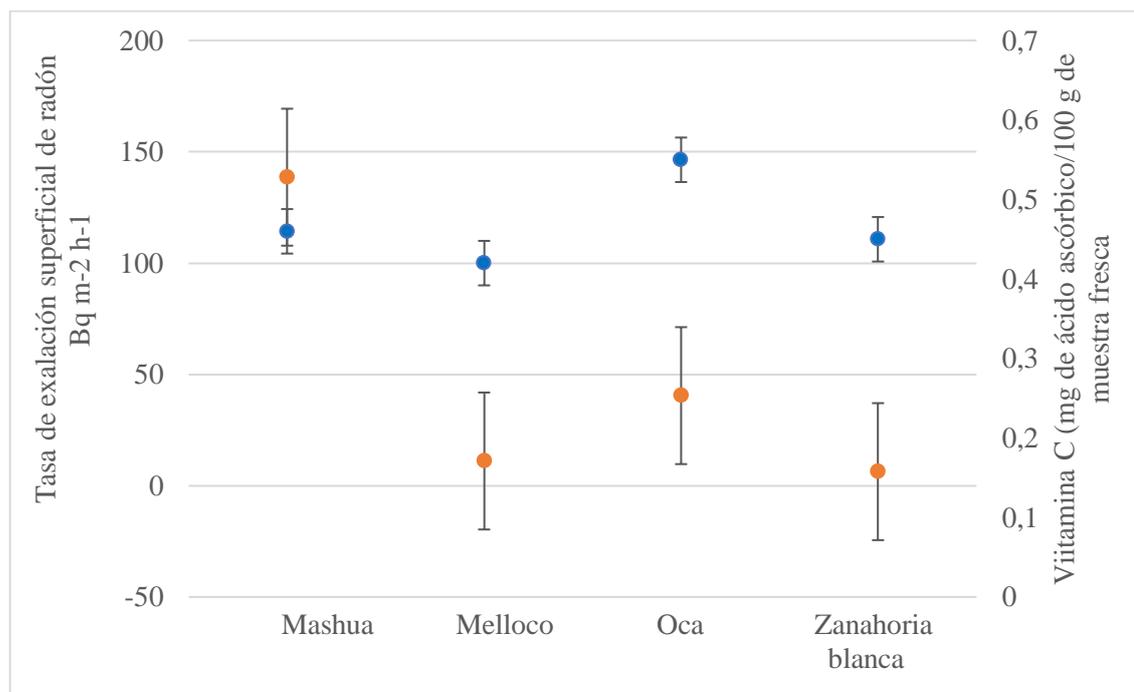
NA= no aplica      ND= no detectable

Con los resultados de la Tabla (9-3) se determinó la capacidad antioxidante de acuerdo a la cantidad de compuestos fenólicos, vitamina E y vitamina C que presentaron cada uno de los tubérculos, como menciona Jurado et al. (2016, p. 273) estos componentes constituyen como metabolitos secundarios de las plantas que demuestran su actividad antioxidante y su potencial beneficio para la salud de las personas.

Entonces se puede establecer que la mashua posee mayor capacidad antioxidante, pues esta muestra presenta los valores mayores para polifenoles con  $238,37 \pm 0,01$  mg/eq en ácido gálico /100g de muestra), vitamina C con 128,31mg de ácido ascórbico/100g de muestra y para vitamina E con  $15,39 \pm 0,01$  mg de alfa tocoferol/100g de muestra, siendo su consumo una opción saludable.

### 3.8. Comparación de las tasas medias de exhalación superficial y másica de radón y la capacidad antioxidante de los tubérculos

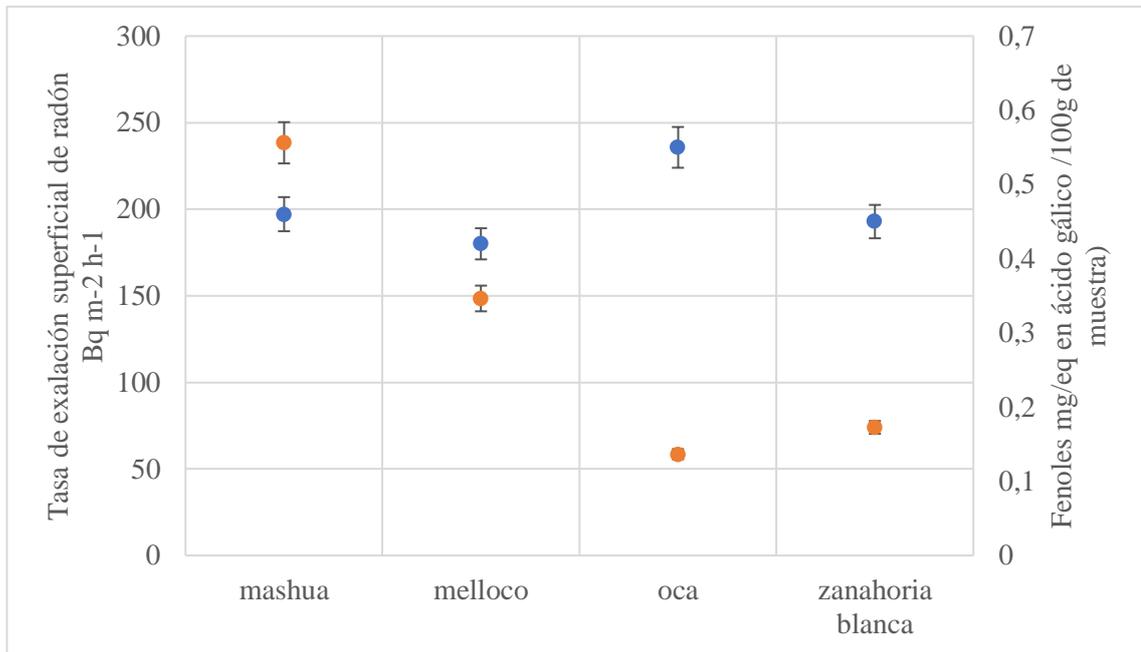
El Gráfico (10-3) muestra que el valor más alto de vitamina C (mashua), no corresponde al producto de más alta exhalación (oca). La zanahoria blanca, el melloco y la mashua muestran la misma tasa media de exhalación superficial, sin embargo, la vitamina C presenta valores con alta variabilidad, de lo que se puede inferir que no existe correlación definida entre la exhalación de radón y el contenido de vitamina C de tubérculo.



**Gráfico 12-3:** Relación de la tasa de exhalación superficial de radón y vitamina C.

Elaborado por: Aguinaldo Daniela, Vega Katherine, 2021.

Otra determinación importante es el contenido de compuestos fenólicos, en el Gráfico (11-3) se observa que la mashua contiene el valor más alto de estos compuestos, pero no presenta la más alta tasa media de exhalación superficial de gas radón, en cambio la oca presenta la más alta tasa de exhalación pero menor contenido fenoles respecto a la mashua, en lo que se refiere a melloco y zanahoria blanca se muestra que pese a tener una exhalación superficial compatible con la mashua presenta un valor bajo de fenoles, es por esta razón que se puede decir que no hay una relación directamente proporcional entre estos dos parámetros.



**Gráfico 13-3:** Relación de la tasa de exhalación superficial de radón y Fenoles.

Elaborado por: Aguagallo Daniela, Vega Katherine, 2021.

## CONCLUSIONES

- La capacidad antioxidante obtenida mediante tres diferentes ensayos: polifenoles, vitamina E y vitamina C para los tubérculos mashua, melloco, oca y zanahoria blanca, dieron como resultado que el tubérculo con *mayor capacidad antioxidante es la mashua*, mientras que por el contrario la muestra con *menor capacidad antioxidante fue la zanahoria blanca*, siendo así que la mashua presenta mayor beneficio para la salud y prevención de enfermedades.
- La oca presenta la más alta tasa media de exhalación superficial de radón, sin embargo un valor bajo de vitamina C, mientras que la zanahoria blanca, el melloco y la mashua muestran la misma tasa media de exhalación superficial, sin embargo, la vitamina C presenta valores con alta variabilidad, de lo que se puede inferir que no *existe una correlación definida entre la exhalación de radón y el contenido de vitamina C de tubérculos*.
- La mashua contiene el valor más alto de fenoles, pero no presenta la más alta tasa media de exhalación superficial de gas radón, en cambio la oca presenta la más alta tasa de exhalación, pero menor contenido fenoles respecto a la mashua, para los otros tubérculos se observa que a pesar de tener una exhalación superficial compatible con la mashua presenta un valor bajo de fenoles, se puede deducir que no hay una *relación directamente proporcional entre estos dos parámetros*.
- El tubérculo con la mayor capacidad antioxidante (mashua) no presenta una alta radiactividad, expresada en términos de la tasa media de exhalación de gas radón.
- Respecto a la tasa de exhalación de radón que presentan las muestras se concluye que todas las muestras de tubérculos al tener valores inferiores a los límites naturales no presentan ningún riesgo para la salud de las personas que consuman este tipo de tubérculos. Por otra parte, de las muestras de tierras la que tuvo mayor concentración de radón fue la tierra de San Juan, sin embargo, por ser una concentración baja se las consideran aptas para ser sembradas.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar la determinación de la capacidad antioxidante mediante el método de los radicales DPPH o ABTS, con la finalidad de complementar los resultados obtenidos, ya que estos son procedimientos más utilizados para esta clase de determinaciones.
- Se recomienda continuar analizando productos o muestras similares, con mayor énfasis en el desarrollo de los ensayos de radiactividad y su influencia en los metabolitos secundarios de los tubérculos, para establecer comparaciones futuras, que sirvan para el análisis de los alimentos que se consumen en la zona andina del Ecuador.
- Se debe tomar en consideración que los metabolitos secundarios presentes en cada muestra podrían interferir en los resultados de los ensayos, haciéndolos a estos menos específicos, es por eso que se recomienda eliminar por diferentes métodos los múltiples metabolitos similares a los que se está analizando.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AGUILAR, B.**, 2018. El suelo de cultivo y las condiciones climáticas. AGAF0108. Segunda edición. *IC Editorial* [en línea]. Málaga: s.n., pp. 15. [Consulta: 5 noviembre 2020]. ISBN 9788491987727. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=wCXKDwAAQBAJ&pg=PT26&dq=suelo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiQt\\_Os0-zsAhUGqlkKHX36CsIQ6AEwA3oECAkQAQ#v=onepage&q=suelo&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=wCXKDwAAQBAJ&pg=PT26&dq=suelo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiQt_Os0-zsAhUGqlkKHX36CsIQ6AEwA3oECAkQAQ#v=onepage&q=suelo&f=false).

**AGUILAR, O.A., CASTILLO, C., DÍAZ, R., NIETO, A. y MÉNDEZ, D.**, 2018. Antioxidants and inhibition of free radicals: lipoperoxidation and carbonylation Antioxidantes e inhibición de radicales libres: lipoperoxidación y carbonilación. *Mexican Journal of Biotechnology* [en línea], pp. 60-72. DOI 10.29267/mxjb.2018.3.1.60. Disponible en: <https://doi.org/10.29267/mxjb.2018.3.1.60>.

**ALARCÓN, E., RUANO, A. y BARROS, J.M.**, 2019. *Radon exposure and genitourinary cancer in miners*. 31 octubre 2019. España: Ediciones Doyma, S.L.

**ALMONACID, G.F.**, 2016. Evaluación de la variación del contenido de polifenoles en alimentos vegetales, en función del método de conservación empleado. [en línea]. Mendoza: [Consulta: 3 noviembre 2020]. Disponible en: [https://cvl.bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/7350/tesis-brom.-almonacid-gastn-federico-2016.pdf](https://cvl.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/7350/tesis-brom.-almonacid-gastn-federico-2016.pdf).

**ARGIMON, J.M. y JIMENEZ, J.**, 2019. Capítulo 17. Muestreo. *Métodos de Investigación Clínica Y Epidemiológica* [en línea]. Quinta. Barcelona: Elsevier Health Sciences, pp. 181. [Consulta: 3 noviembre 2020]. ISBN 9788491136002. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=ogCiDwAAQBAJ&pg=PA181&dq=Muestreo+Estratificado-Aleatorio&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjZjdu74ufsAhWGpFkKHRFQB9IQ6AEwAHoECAEQAg#v=onepage&q=Muestreo+Estratificado-Aleatorio&f=false>.

**ARIAS, Á.J. y RUEDA, L.G.**, 2016. *Cinética de la reacción de los radicales libres con antioxidantes naturales, fenoles* [en línea]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. [Consulta: 3 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/311678504>.

**AYUDA, B.**, 2018. Mecanismos de acción implicados en la actividad biológica de compuestos fenólicos de la dieta: Evaluación en el organismo *Caenorhabditis elegans*. [en línea]. Salamanca: [Consulta: 9 noviembre 2020]. Disponible en: [https://gedos.usal.es/bitstream/handle/10366/139480/DQANB\\_AyudaDuránB\\_MecanismosDeAcción.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://gedos.usal.es/bitstream/handle/10366/139480/DQANB_AyudaDuránB_MecanismosDeAcción.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**BALSECA, A.N.**, 2019. “*DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE VALIDACIÓN PARA VALORACIÓN DE VITAMINA C EN JUGOS CITRICOS MEDIANTE HPLC PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS-ESPOCH.*” [en línea]. Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. [Consulta: 20 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13252/1/156T0004.pdf>.

**BARRIO, N.**, 2017. *Metales pesados en suelos y sus efectos sobre la salud* [en línea]. S.l.: Universidad Complutense. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/55568/>.

**BASTÍAS, J.M. y CEPERO, Y.**, 2016. Vitamin C as an effective micronutrient in the food fortification. *Revista Chilena de Nutricion* [en línea], vol. 43, no. 1, pp. 81-86. [Consulta: 14 noviembre 2020]. ISSN 07177518. DOI 10.4067/S0717-75182016000100012. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182016000100012&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182016000100012&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

**BENÍTEZ, A., VILLANUEVA, J., GONZÁLEZ, G., ALCÁNTAR, V.E., PUGA, A.G. y QUINTERO, R.**, 2020. Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP). *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* [en línea], vol. 23, no. 0, pp. 1-9. [Consulta: 3 noviembre 2020]. DOI 10.22201/fesz.23958723e.2020.0.244. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.244>.

**BERNABÉ, Y. y CANCHO, F.**, 2017. *CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, FITOQUÍMICA Y FUNCIONAL DE LA HARINA DE KHAYA Y OCA (Oxalis tuberosa) PARA USO INDUSTRIAL* [en línea]. Huancayo: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ. [Consulta: 10 noviembre 2020]. Disponible en: [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1221/TESIS BERNABÉ.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1221/TESIS%20BERNABÉ.pdf?sequence=3&isAllowed=y).

**BLACIDO, Z. y QUISPE, N.**, 2018. ACTIVIDAD CICATRIZANTE Y TOXICIDAD DÉRMICA DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE LOS TUBÉRCULOS DE *Ullucus tuberosus* Caldas “OLLUCO” EN ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN. [en línea]. Lima: [Consulta: 30 diciembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1734/TITULO - Blacido Paucar%2C Zayda Judith.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**BONETE, M., URQUIZO, C., GUEVARA, R., YÁNEZ, P., BOLÍVAR, S. y FERNÁNDEZ, J.**, 2016. Estudio de cuatro tubérculos y raíces tuberosas no tradicionales de la sierra centro de Ecuador y su potencial de uso en platos de autor. *Qualitas*, vol. 12, no. December 2016, pp. 37-67. ISSN 1390-6569.

**BURBANO, H.**, 2016. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria The soil and its relationship with ecosystem services and food security ARTICULO DE REFLEXIÓN: AGRONOMÍA REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS. *Cienc. Agr. Julio-Diciembre* [en línea], no. 2, pp. 117-124. [Consulta: 5 noviembre 2020]. ISSN 2256-2273. DOI 10.22267/rcia.163302.58. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.

CAMARAZA, Y., 2020. Capítulo 1. Introducción a la convección. *Transferencia de calor por convección* [en línea]. Primera. Habana: Editorial Universitaria, pp. 14. [Consulta: 2 noviembre 2020]. ISBN 9789591644312. Disponible en: [https://elibro.net/es/ereader/esepoch/126029?fs\\_q=deshidratación\\_\\_por\\_\\_convección&fs\\_edition\\_year=2020;2016&fs\\_edition\\_year\\_lb=2020;2016&prev=fs&page=14](https://elibro.net/es/ereader/esepoch/126029?fs_q=deshidratación__por__convección&fs_edition_year=2020;2016&fs_edition_year_lb=2020;2016&prev=fs&page=14).

**CAMELINO, S.O., MINCHIOTTI, M., BARILES, R., LÓPEZ, R. y COLAZO, J.**, 2018. Optimización de un procedimiento para la determinación de oro mediante espectrofotometría UV/Vis. *Revista Materia* [en línea], vol. 23, no. 2. [Consulta: 8 noviembre 2020]. ISSN 15177076. DOI 10.1590/s1517-707620180002.0342. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620180002.0342>.

**CAMPOS, D., CHIRINOS, R., GÁLVEZ RANILLA, L. y PEDRESCHI, R.**, 2018. *Bioactive Potential of Andean Fruits, Seeds, and Tubers*. 1. S.l.: Elsevier Inc.

**CARRASQUERO, A., REGALADO, E., GUZMÁN, M. y NAVAS, P.**, 2004. Determinación de vitamina E en aceites. Una experiencia didáctica en Química Analítica Instrumental. *Educación Química*, vol. 15, no. 4e, pp. 343-348. ISSN 0187-893X. DOI 10.22201/fq.18708404e.2004.4e.66153.

**COLBERT, D.**, 2017. La guía para las vitaminas y suplementos: Prepárese para tomar decisiones . [en línea]. Estados Unidos: Copyrigh, pp. 66. [Consulta: 29 septiembre 2020]. ISBN 1629990124. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=5ni4DgAAQBAJ&pg=PA66&dq=radicales+libres&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjp3OuH\\_o\\_sAhUR1lkKHYZqDaUQ6AEwAXoECAQQA#v=onepage&q=radicales libres&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=5ni4DgAAQBAJ&pg=PA66&dq=radicales+libres&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjp3OuH_o_sAhUR1lkKHYZqDaUQ6AEwAXoECAQQA#v=onepage&q=radicales libres&f=false).

**COLLANTES, I. y CÓNDOR, E.**, 2020. Contribución al estudio fitoquímico de los tubérculos de *Ullucus tuberosus* CALDAS. *Sociedad Química*, vol. 86, no. 2, pp. 105-111.

**CORREA, V.**, 2018. *ESTUDIO DEL EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE JUGO DE NARANJA EN LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE ZANAHORIA BLANCA (Arracia Xanthorrhiza Bancroft)* [en línea]. Quito: Universidad Técnica de Ambato. [Consulta: 13 diciembre 2020]. Disponible en: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/18129/1/70300\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/18129/1/70300_1.pdf).

**CRUZ, A. y TUBAY, D.**, 2019. «*ESTUDIO FARMACOGNÓSTICO Y FITOQUÍMICO PRELIMINAR DE Oxalis tuberosa Molina (OCA)*» [en línea]. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. [Consulta: 13 diciembre 2020]. Disponible en: [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/43535/1/BCIEQ-T-0413\\_Cruz\\_Amaya\\_Adriana\\_Estefanía%3B\\_Tubay\\_Lucero\\_Daniel\\_Agustín.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/43535/1/BCIEQ-T-0413_Cruz_Amaya_Adriana_Estefanía%3B_Tubay_Lucero_Daniel_Agustín.pdf).

**DE LA FUENTE, M., SÁNCHEZ, C., VALLEJO, C., DÍAZ, E., ARNALICH, F. y HERNANZ, Á.**, 2018. Vitamin C and vitamin C plus E improve the immune function in the elderly. *Experimental Gerontology* [en línea], vol. 142. [Consulta: 3 noviembre 2020]. ISSN 05315565. DOI 10.1016/j.exger.2020.111118. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.111118>.

**DOYLET, R. y RODRIGUEZ, L.**, 2018. *ESTUDIO COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARÁCTER REDUCTOR DE DOS VARIEDADES DE Tropaeolum tuberosum (Ruíz y Pavón, Kuntze) MASHUA* [en línea]. Guayaquil: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. [Consulta: 30 diciembre 2020]. Disponible en: [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28380/1/BCIEQ-T-0255\\_Doylet\\_Espinoza\\_Raisa\\_Michell%3B\\_Rodríguez\\_Reyes\\_Luisa\\_María.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28380/1/BCIEQ-T-0255_Doylet_Espinoza_Raisa_Michell%3B_Rodríguez_Reyes_Luisa_María.pdf).

**DURAZNO, S. y HERRERA, W.**, 2018b. *ESTUDIO FARMACOGNÓSTICO Y FITOQUÍMICO PRELIMINAR DEL TUBÉRCULO DE Tropaeolum tuberosum spp tuberosum (Ruíz & Pavón,*

*Kuntze*), *MASHUA VARIEDAD AMARILLA* [en línea]. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. [Consulta: 13 diciembre 2020]. Disponible en: [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29794/1/BCIEQ-T-0282 Durazno Tinizhañay Sandy Noemi%3B Herrera Fernández Wladimir Rangel.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29794/1/BCIEQ-T-0282%20Durazno%20Tinizha%C3%91ay%20Sandy%20Noemi%3B%20Herrera%20Fern%C3%A1ndez%20Wladimir%20Rangel.pdf).

**ESPINOZA, J.**, 2016. Innovación en el deshidratado solar. *Ingeniare* [en línea], vol. 24, no. ESPECIAL, pp. 72-80. [Consulta: 2 noviembre 2020]. ISSN 07183305. DOI 10.4067/S0718-33052016000500010. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052016000500010&lng=es&nrm=iso&tlng=e](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052016000500010&lng=es&nrm=iso&tlng=e).

**FANG, Z.**, 2017. *Métodos analíticos para la determinación de vitamina C en alimentos* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD COMPLUTENSE . [Consulta: 14 noviembre 2020]. Disponible en: [http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ZHONGWEI FANG.pdf](http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ZHONGWEI%20FANG.pdf).

**FUNG, Y.**, 2017. *Actividad antioxidante y hepatoprotectora en extractos de Rosmarinus officinalis L. irrigado con agua tratada con campo magnético estático* [en línea]. Habana: s.n. [Consulta: 3 noviembre 2020]. Disponible en: [https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/90897?fs\\_q=antioxidantes&fs\\_edition\\_year=2017;2016&fs\\_edition\\_year\\_lb=2017;2016&prev=fs](https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/90897?fs_q=antioxidantes&fs_edition_year=2017;2016&fs_edition_year_lb=2017;2016&prev=fs).

**GARCÍA DE MARINA, A. y YUSÁ, D.**, 2016. *HPLC INSTRUMENTAL* [en línea]. Priemra. S.l.: Universitat Politècnica de Valencia. [Consulta: 20 diciembre 2020]. ISBN 9788490483572. Disponible en: [www.lalibreria.upv.es](http://www.lalibreria.upv.es).

**GARCÍA, E.**, 2019. *Extractos hidroalcohólicos de Curcuma longa L. (cúrcuma) de tres regiones del Ecuador y su posible uso como antioxidante*. [en línea]. Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. [Consulta: 15 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18822/1/T-UCE-0008-CQU-138.pdf>.

**GARRIDO, L.**, 2019. Gases. *Manual de arquitectura ecológica: arquitectura y salud: Metodología de diseño para realizar una arquitectura saludable y ecológica que garantice la salud y la longevidad de sus ocupantes*. [en línea]. Primera. Bogotá: Ediciones de la U, pp. 25-26. [Consulta: 29 septiembre 2020]. ISBN 9587629728. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=oyejDwAAQBAJ&pg=PA25&dq=radon+en+suelo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi8nOW9nI\\_sAhVQwVkkHTrvBqUQ6AEwAHoECAYQA#v=onepage&q=radon en suelo&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=oyejDwAAQBAJ&pg=PA25&dq=radon+en+suelo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi8nOW9nI_sAhVQwVkkHTrvBqUQ6AEwAHoECAYQA#v=onepage&q=radon%20en%20suelo&f=false).

**GÓMEZ, A., FERNÁNDEZ, S., LLANO, R. y SALAZAR, J.,** 2018. Comparación de la actividad antioxidante y cuantificación de polifenoles y flavonoides totales en algunos alimentos típicos mexicanos | Memorias del Concurso Lasallista de Investigación, Desarrollo e innovación. *Memorias* [en línea], vol. 5, no. 2, pp. 47-52. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.26457/mclidi.v5i2.1692>.

**GÓMEZ, L.D.J., MARTÍNEZ, N.D.R., ENRÍQUEZ, I., GARZA, F., NÁJERA, J. y QUIÑÓNEZ, M.,** 2019. Análisis proximal y de composición mineral de cuatro especies de hongos ectomicorrízicos silvestres de la Sierra Tarahumara de Chihuahua. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, vol. 22, pp. 1-10. ISSN 1405-888X. DOI 10.22201/fesz.23958723e.2019.0.184.

**GONZÁLEZ, F., ESCOTO, M. del C. y CHÁVEZ, J.K.,** 2017. Muestreo: tipos de muestreo. *Estadística aplicada en Psicología y Ciencias de la salud* [en línea]. S.l.: Manual Moderno, pp. 17. ISBN 9786074486407. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=c75ZDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=c75ZDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).

**GUILLERMO, C., BASTIDAS, T., JAVIER, R. y FERIA, V.,** 2018. Caracterización eco-geográfica de Melloco ( *Ullucus tuberosus* C . ) en la región alto Andina del Ecuador Resumen Introducción. *Agrociencia*, vol. 1, no. 2477-8982, pp. 31-46.

**HASHIM, A.K., NAJAM, L.A., MOHAMMED, E.J. y HAMEED, A.S.,** 2019. Estimation of Radon Exhalation Rate, Radium Activity and Uranium Concentration in Biscuit Samples in Iraq. *Iranian Journal of Medical Physics*, vol. 16, pp. 152-157.

**HEIL, N., BRAVO, K., MONTOYA, A., ROBLEDO, S. y OSORIO, E.,** 2017. Wound healing activity of *Ullucus tuberosus*, an Andean tuber crop. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, vol. 7, no. 6, pp. 538-543. ISSN 22211691. DOI 10.1016/j.apjtb.2017.05.007.

**JIMENEZ, R.,** 2017. Introducción a la contaminación de suelos. [en línea]. Madrid: Mundiprensa, ISBN 9788484767893. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=iZg6DwAAQBAJ&pg=PA20&lpg=PA20&dq=contaminacion+del+suelo+International+Journal+of+Environmental+Research+and+Public+Health&source=bl&ots=i4QtUpZu0s&sig=ACfU3U1PbUw-kuuWktyk-\\_35oHIqvAz42Q&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiEs\\_D](https://books.google.com.ec/books?id=iZg6DwAAQBAJ&pg=PA20&lpg=PA20&dq=contaminacion+del+suelo+International+Journal+of+Environmental+Research+and+Public+Health&source=bl&ots=i4QtUpZu0s&sig=ACfU3U1PbUw-kuuWktyk-_35oHIqvAz42Q&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiEs_D).

**KOTRAPPA, P., DEMPSEY, J.C., RAMSEY, R.W. y STIEFF, L.R.**, 1990. A PRACTICAL E-PERMTM (ELECTRET PASSIVE ENVIRONMENTAL RADON MONITOR) SYSTEM FOR INDOOR  $^{222}\text{Rn}$  MEASUREMENT\*. *HeaNh Physics*, vol. 58, no. 0017-9078, pp. 90.

LEE, G.Y. y HAN, S.N., 2018. The Role of Vitamin E in Immunity. *Nutrients* [en línea], vol. 10, pp. 1-3. [Consulta: 5 noviembre 2020]. DOI 10.3390/nu10111614. Disponible en: [www.mdpi.com/journal/nutrients](http://www.mdpi.com/journal/nutrients).

**LEIVA, J.C.C.**, 2017. ARTÍCULO ORIGINAL / ORIGINAL ARTICLE Radioactividad en yerba mate del Paraguay Radioactivity in yerba mate from Paraguay. *Sociedad Científica del Paraguay*, vol. 22, no. 2, pp. 245-250.

**LEMA, M.**, 2016. *ESTUDIO FITOQUÍMICO Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE IN VITRO DE HOJAS Y FLORES DE Passiflora tripartita* [en línea]. Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBO. [Consulta: 5 diciembre 2020]. Disponible en: [moz-extension://2274795a-a20a-46e9-b769-47a87da88138/enhanced-reader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2Fspace.esPOCH.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F4921%2F1%2F56T00623%2520UDCTFC.pdf](http://moz-extension://2274795a-a20a-46e9-b769-47a87da88138/enhanced-reader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2Fspace.esPOCH.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F4921%2F1%2F56T00623%2520UDCTFC.pdf).

**LILLO, A., CARVAJAL, F., NUÑEZ, D., BALBOA, N. y ALVEAR, M.**, 2016. Cuantificación espectrofotométrica de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en distintos berries nativos del Cono Sur de América. *Trabajo en empresa*, vol. 1, pp. 1-7.

LONDOÑO, S.M., RINCÓN, N., CONTRERAS, M., MILLAN, B.M. y RODRIGUEZ, M.E., 2018. Morphological, structural, thermal, compositional, vibrational, and pasting characterization of white, yellow, and purple Arracacha Lego-like starches and flours (*Arracacia xanthorrhiza*). *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 113, pp. 1188-1197. ISSN 18790003. DOI 10.1016/j.ijbiomac.2018.03.021.

**LÓPEZ, M.**, 2020. Isótopos y radioisótopos Isotopes and radioisotopes. *Vida Científica*, vol. 8, no. 4, pp. 33-36.

**MAGALLANES, M.H.**, 2019. *FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA VALIDACIÓN DEL MÉTODO ELECTRET ION CHAMBER EN AIRE* [en línea]. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal. [Consulta: 1 octubre 2020]. Disponible en: [http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3232/UNFV\\_Magallanes\\_Montero\\_Miguel\\_Humberto\\_Título\\_Profesional\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3232/UNFV_Magallanes_Montero_Miguel_Humberto_Título_Profesional_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**MARTÍNEZ, M.**, 2020. Técnicas de Generación de Vapor acopladas a Espectrofotometría de

Absorción Atómica. [en línea]. Valencia: [Consulta: 3 noviembre 2020]. Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/139863/Martínez - Técnicas de Generación de Vapor acopladas a Espectrofotometría de Absorción Atómica.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/139863/Martínez%20-%20Técnicas%20de%20Generación%20de%20Vapor%20acopladas%20a%20Espectrofotometría%20de%20Absorción%20Atómica.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**MEJÍA, F., SALCEDO, J., VARGAS, S., SERNA, J. y TORRES, L.**, 2018. Capacidad antioxidante y antimicrobiana de tubérculos andinos (*Tropaeolum tuberosum* y *Ullucus tuberosus*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, vol. 21, no. 2, pp. 449-456. ISSN 01234226. DOI 10.31910/rudca.v21.n2.2018.1083.

**MEJÍA, J.P., GHISLAIN, D. y MORALES, C.**, 2016. Aplicaciones de la detección de neutrinos en geofísica y monitoreo de los reactores nucleares. *Verano de la investigación Científica*, vol. 2, no. 1, pp. 410-41.

**MORA, J., SILVA, A. y ESCOBAR, N.**, 2019. Bioindicadores en suelos y abonos orgánicos. *Sello Editorial Universidad del Tolima* [en línea]. [Consulta: 5 noviembre 2020]. Disponible en: [https://elibro.net/es/ereader/esepoch/120999?fs\\_q=suelo\\_\\_&fs\\_edition\\_year=2016;2018;2017;2019;2020&fs\\_edition\\_year\\_lb=2016;2018;2017;2019;2020&prev=fs](https://elibro.net/es/ereader/esepoch/120999?fs_q=suelo__&fs_edition_year=2016;2018;2017;2019;2020&fs_edition_year_lb=2016;2018;2017;2019;2020&prev=fs).

**MOREANO B, S.B.**, 2017. Espectrofotometría de absorción molecular UV-Visible. *Análisis Químico Instrumental I*. Riobamba: Copyrigh, pp. 50-54.

**MORILLO, A., MORILLO, Y. y LEGUIZAMO, M.**, 2016. Diversidad genética de ibias (*Oxalis tuberosa* Molina ) y cubios (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón ) en Boyacá Genetic diversity of ibias (*Oxalis tuberosa* Molina ) and cubios. *Temas Agrarios*, vol. 21, no. 1, pp. 44-53.

**MUÑOZ, Ó.A., TORRES, G.A., NÚÑEZ, J.A., DE LA ROSA, L.A., GARCÍA, J., AYALA, J.F. y ÁLVAREZ, E.**, 2017. NUEVO ACERCAMIENTO A LA INTERACCIÓN DEL REACTIVO DE FOLIN-CIOCALTEU CON AZÚCARES DURANTE LA CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES. *TIP* [en línea], vol. 20, no. 2, pp. 23-28. [Consulta: 20 diciembre 2020]. ISSN 1405888X. DOI 10.1016/j.recqb.2017.04.003. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-888X2017000200023&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2017000200023&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

**NAJY, H., ABID, A. y BAQER, Z.**, 2016. Study of Radon Levels in Fruits Samples using LR-115 Type II Detector. *Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 9, no. 1994-7887, pp. 446-451. DOI 10.3923/jest.2016.446.451.

**NARANJO, E., TAPIA, C., VELÁZQUEZ, R., CRUZ, Y., DELGADO, A., BORJA, E. y PAREDES, N.**, 2018. Caracterización eco-geográfica de Melloco ( *Ullucus tuberosus* C . ) en la región alto Andina del Ecuador Resumen Introducción. *Agrociencia*, vol. 1, no. 2477-8982, pp. 31-46.

**NAVARRO, I., PERIAGO, M.J. y GARCÍA, F.J.**, 2017. Estimación de la capacidad antioxidante de los alimentos ingeridos por la población Española. *Revista Chilena de Nutricion* [en línea], vol. 44, no. 2, pp. 183-188. [Consulta: 3 noviembre 2020]. ISSN 07177518. DOI 10.4067/S0717-75182017000200010. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182017000200010>.

**NIKI, E.**, 2019. Vitamin E: Chemistry and Nutritional Benefits - Google Libros. *Royal Society of Chemistry* [en línea]. [Consulta: 5 noviembre 2020]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=6I-HDwAAQBAJ&pg=PA92&dq=vitamin+e&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj565Gst-nsAhXjzVkKHd\\_ZCO8Q6AEwAXoECAYQAg#v=onepage&q=vitamin e&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=6I-HDwAAQBAJ&pg=PA92&dq=vitamin+e&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj565Gst-nsAhXjzVkKHd_ZCO8Q6AEwAXoECAYQAg#v=onepage&q=vitamin e&f=false).

**OLMEDILLA, B., CÓRDOBA, C., DEULOFEU, R., GRANADO, F., LARA, E. y RUIZ, J.**, 2018. Assessment of vitamin E nutritional status. *Revista del Laboratorio Clinico*, vol. 11, no. 1, pp. 28-38. ISSN 19890389. DOI 10.1016/j.labcli.2017.01.002.

**OMS**, 2015. NORMA GENERAL PARA LOS CONTAMINANTES Y LAS TOXINAS PRESENTES EN LOS ALIMENTOS Y PIENSOS CODEX STAN 193. [en línea]. Quito: Disponible en: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/livestockgov/documents/CXS\\_193s.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXS_193s.pdf).

**ORIUNDO, C.F. y ROBLES, J.T.**, 2009. *Determinación de plomo en suelos debido a la contaminación por fábricas aledañas al Asentamiento Humano cultura y progreso del distrito de Ñaña - Chaclacayo* [en línea]. Lima: s.n. [Consulta: 1 octubre 2020]. Disponible en: [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/1636/Oriundo\\_gc.pdf?sequence=1&isAllowed=](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/1636/Oriundo_gc.pdf?sequence=1&isAllowed=)

**ORTEGA, L., CRUZ, R., MARTÍNEZ, R., VALENCIA, O., LÓPEZ, A., VELÁZQUEZ, R. y RAMÍREZ, C.**, 2018. USE OF FLAVONOIDS AS ACTIVE INGREDIENT IN FUNCTIONAL FOODS. *Agroproductividad* [en línea], vol. 11, no. 11, pp. 121-127. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: <http://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1296/1059>.

**ORTIZ, G.**, 2017. Prácticas de enseñanza de cromatografía Líquida de alta performance (HPLC): complementación con un programa simulador. [en línea]. Buenos Aires: [Consulta: 20 diciembre 2020]. Disponible en:

[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/66330/Documento\\_completo\\_\\_pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/66330/Documento_completo__pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**OTZEN, T. y MANTEROLA, C.**, 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology* [en línea], vol. 35, no. 1, pp. 227-232. [Consulta: 30 septiembre 2020]. ISSN 07179502. DOI 10.4067/S0717-95022017000100037. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-95022017000100037&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

**PADILLA, K.A., GRANADOS, C., LEON, G., ARRIETA, Y. y TORRENEGRA, M.**, 2018. EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN PROCESOS DE SECADO. @LIMENTECH CIENCIA Y TECNOLOGÍA ALIMENTARIA, vol. 18, no. 1592-7125, pp. 107-117.

**PAREDES, B.**, 2016. “UTILIZACIÓN DEL MELLOCO (*Ullucus tuberosus*) COMO INGREDIENTE PRINCIPAL EN LA ELABORACIÓN DE POSTRES, RIOBAMBA 2015.” [en línea]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [Consulta: 13 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11350/1/84T00506.pdf>.

**PARRA, L. y VÁZQUEZ, M.**, 2017. MUESTREO PROBABILÍSTICO Y NO PROBABILÍSTICO [en línea]. Panamá: UNIVERSIDAD DEL ISTMO. [Consulta: 30 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/wp-content/uploads/2017/02/muestreo-probabilistico-no-probabilistico-guadalupe.pdf>.

**PEH, H.Y., TAN, W.S.D., LIAO, W. y WONG, W.S.F.**, 2016. Vitamin E therapy beyond cancer: Tocopherol versus tocotrienol. *Pharmacology and Therapeutics* [en línea], vol. 162, pp. 152-169. [Consulta: 5 noviembre 2020]. ISSN 1879016X. DOI 10.1016/j.pharmthera.2015.12.003. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2015.12.003>.

**PÉREZ, L., VALDÉS, Yohandra, SARRIEGO, M. y VALDÉS, Yohalis**, 2018. El radón, segunda causa del cáncer de pulmón. *Dialnet* [en línea], vol. 13, no. 1, pp. 235-237. [Consulta: 1 octubre 2020]. ISSN 1995-6797. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7322780>.

**PÉREZ, S.**, 2016. *DETERMINACION DE FLAVONOIDES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE CLADODIOS DE NOPAL (Opuntia ficus-indica)*. [en línea]. Guayaquil: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/19453/1/BCIEQ-T-0189 Pérez Encalada Samuel Armando.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/19453/1/BCIEQ-T-0189_Pérez_Encalada_Samuel_Armando.pdf).

**PUJOL, A., TAMARGO, B., SALAS, E., CALZADILLA, C., ACEVEDO, R. y SIERRA, G.**, 2020. Phytochemical screening of extracts obtained from the *Sapindus saponaria* L plant that grows in Cuba. *Revista Bionatura* [en línea], vol. 5, no. 3. [Consulta: 6 diciembre 2020]. DOI 10.21931/RB/2020.05.03.7. Disponible en: [http://revistabionatura.com/files/2020\\_xzykkam8.05.03.7.pdf](http://revistabionatura.com/files/2020_xzykkam8.05.03.7.pdf).

**QUILAPANTA, R., DÁVILA, M., VÁSQUEZ, C. y FRUTOS, V.**, 2018. Morphotypes of *Arracacia xanthorrhiza* Bancr. (White carrot) from Ecuador, as a source of germplasm variability. *Scientia Agropecuaria*, vol. 9, no. 2, pp. 281-286. ISSN 2077-9917. DOI 10.17268/sci.agropecu.2018.02.13.

**QUISPE, D.M.**, 2017. *DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE PLOMO EN JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR (SACCHARUM OFFICINARUM) DE VENTA AMBULATORIA EN LIMA NORTE POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO*. [en línea]. S.I.: UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA. [Consulta: 7 noviembre 2020]. Disponible en: [http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/1698/TESIS\\_QUISPE PALPA DENNY MARITZA.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/1698/TESIS_QUISPE_PALPA_DENNY_MARITZA.pdf?sequence=2&isAllowed=y).

**RADICE, M., BRAVO, L., PEREZ, M., CERDA, J., TAPUY, A., RIOFRÍO, A., NEILL, D. y CHIURATO, M.**, 2017. Determinación de polifenoles en cinco especies amazónicas con potencial antioxidante. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, vol. 6, no. 1, pp. 56-64. ISSN 1390-5600.

**RODRIGUEZ, N. y MCLAUGHLIN, M.**, 2018. La contaminación del suelo: una realidad oculta - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Google Libros. En: L. PENNOCK y M. SALA (eds.), *La contaminación del suelo: una realidad oculta* [en línea]. Primera. Roma: Food & Agriculture Org, pp. 5-6. [Consulta: 29 septiembre 2020]. ISBN 9251316392. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=EjumDwAAQBAJ&pg=PA6&dq=radon+en+suelo&hl=>

es&sa=X&ved=2ahUKEwi8nOW9nI\_sAhVQwVkkHTrvBqUQ6AEwAXoECAAQAg#v=one  
page&q&f=false.

**RODRIGUEZ, R., CUÉLLAR, L., MALDONADO, C. y SUARDIAZ, E.,** 2016. Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas* [en línea], vol. 35, no. 3, pp. 251-271. [Consulta: 1 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=70505>.

**RUANO, A., FERNÁNDEZ, A. y BARROS, J.M.,** 2017. Radón residencial y riesgo de cáncer de pulmón en nunca fumadores. *Archivos de Bronconeumología* [en línea], vol. 53, no. 9, pp. 475-476. [Consulta: 29 septiembre 2020]. ISSN 03002896. DOI 10.1016/j.arbres.2017.01.004. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2017.01.004>.

**SÁNCHEZ, J.C. y SANMARTÍN, J.P.,** 2019. *ESTUDIO DE POLIFENOLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN EXTRACTO DE HOJAS DE ZANAHORIA BLANCA (Arracacia xanthorrhiza)* [en línea]. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. [Consulta: 9 enero 2021]. Disponible en: [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/43783/1/BCIEQ-T-0439 Sánchez Mendoza Julio César%3B Sanmartín Rodríguez Jennifer Polet.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/43783/1/BCIEQ-T-0439%20Sánchez%20Mendoza%20Julio%20César%20Sanmartín%20Rodríguez%20Jennifer%20Polet.pdf).

**SANTILLÁN, L.B., MORENO, M.J., MARTÍNEZ, J. y GARCÍA, P.,** 2016. *Propiedades funcionales de tubérculos nativos de la region andina de Chimborazo (Ecuador): Una revision.* 2016. Valencia: s.n.

**SERRANO, S.,** 2020. *Aplicación de campos eléctricos moderados (MEF) y pulsos eléctricos de alta intensidad (PEF) en la deshidratación de alimentos.* [en línea]. Valencia: Universitat Politècnica de València. [Consulta: 2 noviembre 2020]. Disponible en: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/148964/Serrano - Aplicación de campos eléctricos moderados %28MEF%29 y pulsos eléctricos de alta intensidad ....pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/148964/Serrano%20-%20Aplicaci3n%20de%20campos%20el3ctricos%20moderados%20y%20pulsos%20el3ctricos%20de%20alta%20intensidad%20....pdf?sequence=2&isAllowed=y).

**SHAYEB, M.A. y BALOCH, M.A.,** 2020. Distribution of natural radioactivity in soil and date palm-pits using high purity germanium radiation detectors and LB-alpha/beta gas-flow counter in Saudi Arabia. *Nuclear Engineering and Technology*, vol. 52, no. 6, pp. 1282-1288. ISSN 2234358X. DOI 10.1016/j.net.2019.12.009.

**SILVA, J.,** 2018. *EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA Y HEMOAGLUTINANTE DE LOS EXTRACTOS DE Solanum phureja, Tropaeolum tuberosum, Oxalis tuberosa Y Ullucus tuberosus.* [en línea]. Riobamba: [Consulta: 9 enero 2021]. Disponible

en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8833/1/56T00768.pdf>.

**TAIPE, L.**, 2017. *Fenoles totales y actividad antioxidante en Mashua (Tropaeolum tuberosum) en estado fresco, soleado y cocido variedad amarillo zapallo y negra*. S.l.: s.n.

**THEN, N.**, 2019. Vitamina C. *Linus Pauling Institute* [en línea]. [Consulta: 4 noviembre 2020]. Disponible en: <https://lpi.oregonstate.edu/es/mic/vitaminas/vitamina-C>.

**U.E.EPA**, 1996. Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. [en línea]. Washington D. C.: [Consulta: 20 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa-3050b.pdf>.

**VALENCIA, E., IGNACIO, I., SOSA, E., CAMACHO, M., MARTÍNEZ, H.E. y GARCÍA, M.E.**, 2016. Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas Polyphenols: antioxidant and toxicological properties. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, pp. 15-29. ISSN 1390-1869.

**VÁSQUEZ, C., CARDOZO, L. y LEADINA, S.**, 2019. Marie Sklodowska-Curie : apasionada por la investigación en radioactividad. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, vol. 13, no. 1856-8890, pp. 54-68. DOI 10.13140/RG.2.2.22125.82400.

**VELÁSQUEZ, F.**, 2019. *Obtención Y Aplicación De Almidones Modificados Por Esterificación (Osa) a Partir De Almidones Nativos Provenientes De Tubérculos Andinos*". S.l.: s.n.

**VILLACRÉS, E., QUELAL, M.B. y ALVAREZ, J.**, 2016. Redescubrimiento de la oca y la mashua. [en línea]. Santa Catalina: [Consulta: 30 diciembre 2020]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3152/1/iniapscCD24.pdf>.

**VINUEZA, D., ACOSTA, K. y ABDO, S.**, 2017. Assessment of anti-inflammatory activity and cytotoxicity of freeze dried hydroalcoholic extract of *Bidens Andicola* on isolated neutrophils. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, vol. 10, no. 24553891, pp. 160-163. DOI 10.22159/ajpcr.2017.v10i6.17574.

**YUMISACA, Y.**, 2018. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIINFLAMATORIA DE LOS FLAVONOIDES TOTALES DEL EXTRACTO DE LA HOJA DE YUCA (*Manihot esculenta*). .

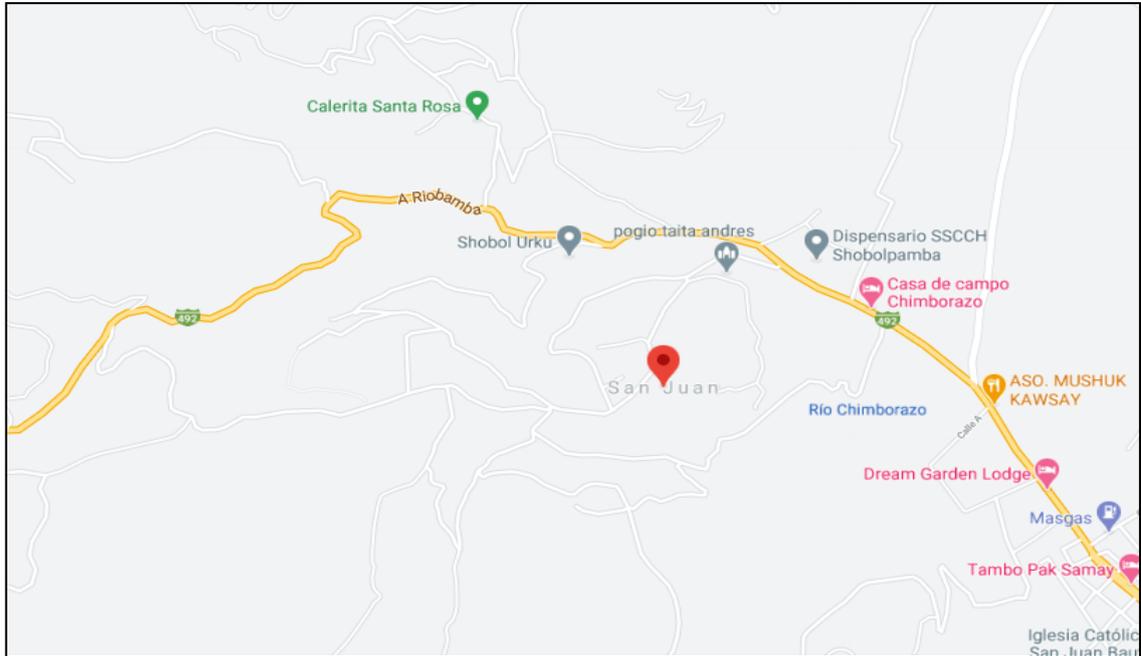
**LEONARDO FABIO MEDINA  
NUSTE**

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,  
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,  
serialNumber=0000621485, cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Fecha: 2021.09.07 14:54:10 -05'00'

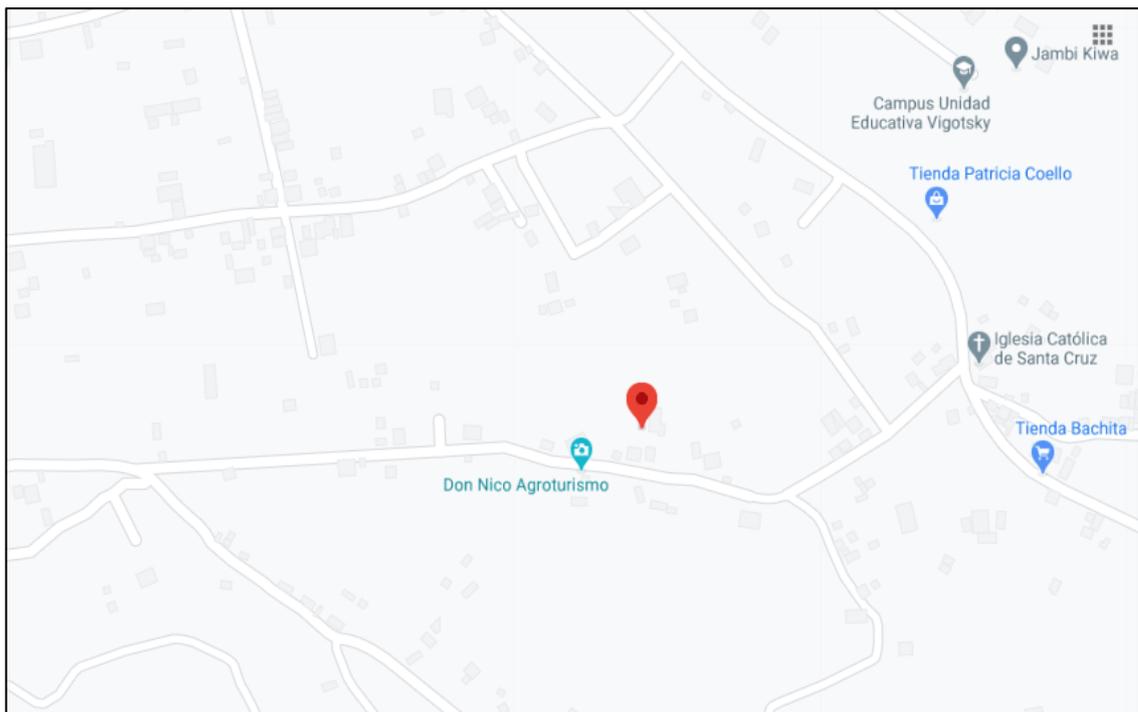
## ANEXOS

**Anexo A:** Lugar de la toma de muestra.

### *San Juan*



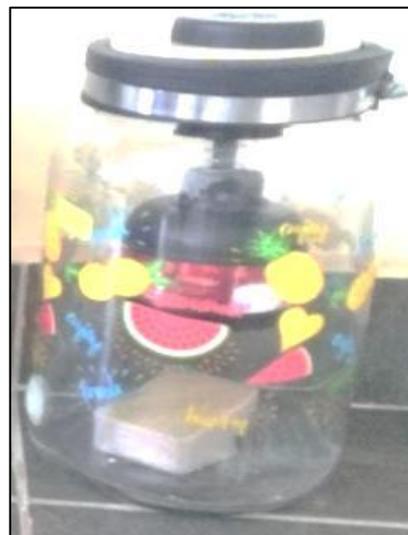
### *Santa Cruz*



**Anexo B:** Muestras recogidas.



**Anexo C:** Equipo para medición de radón.

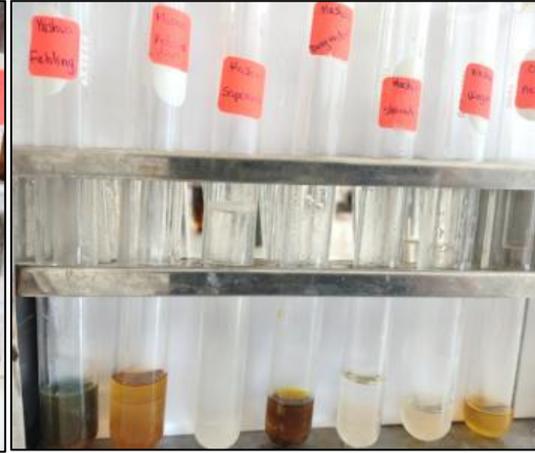


**Anexo D: Tamizaje fitoquímico-Mashua.**

***Extracto alcohólico***



***Extracto acuoso***



**Anexo E: Tamizaje fitoquímico-Meloco.**

***Extracto alcohólico***



***Extracto acuoso***



**Anexo F: Tamizaje fitoquímico-Oca.**

***Extracto alcohólico***



***Extracto acuoso***

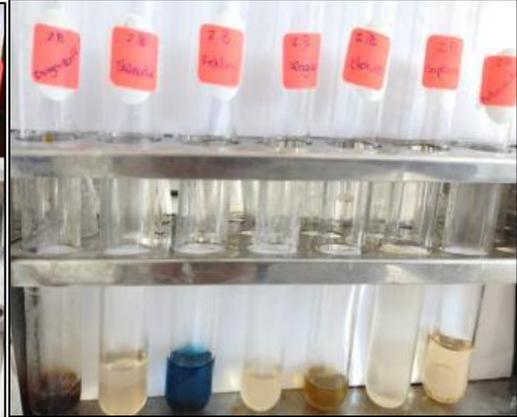


**Anexo G:** Tamizaje fitoquímico-Zanahoria blanca.

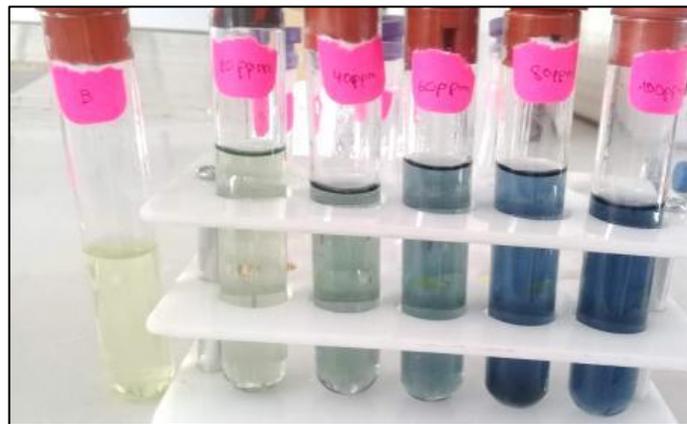
**Extracto alcohólico**



**Extracto acuoso**



**Anexo H:** Patrones para la curva de calibración de ácido gálico.



**Anexo I:** Equipos

**HPLC**



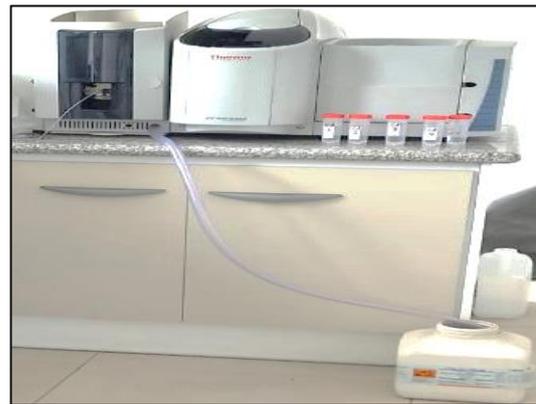
**UV-visible**



*Espectrofotómetro UV-visible.*



*Espectrofotómetro de absorción atómica.*

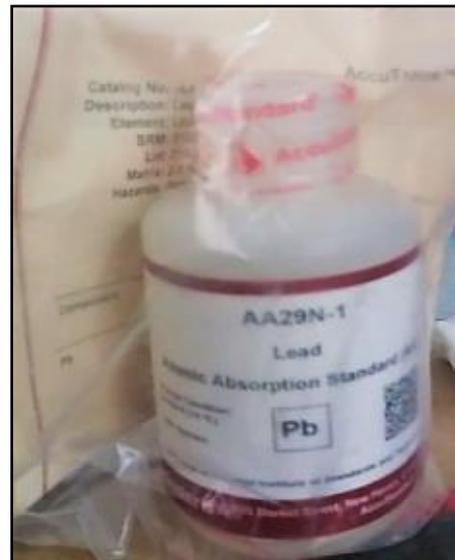


**Anexo J:** Patrones para los diferentes ensayos.

*Ácido gálico- Fenoles*



*Plomo*



*Ácido ascórbico- vitamina C*





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE  
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 20 / 08 / 2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Daniela Michelle Aguagallo Coello Katherine Johanna Vega Sogso</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Bioquímica y Farmacia</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Bioquímica Farmacéutica</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO  
FABIO  
MEDINA  
NUSTE**

Firmado digitalmente por  
LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Nombre de reconocimiento (DN):  
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL  
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE  
CERTIFICACION DE INFORMACION-  
ECIBCE, l=QUITO,  
serialNumber=0000621485,  
cn=LEONARDO FABIO MEDINA  
NUSTE  
Fecha: 2021.08.20 08:06:55 -05'00'



**1476-DBRA-UTP-2021**