



Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Químicas

Maestría en Toxicología Industrial y Ambiental

“Evaluación del riesgo toxicológico del arsénico en la harina de trigo comercializada en la ciudad de Cuenca”

**Tesis previa a la obtención del título de:
Magíster en Toxicología Industrial y Ambiental**

Autor: Bqf. Leticia Lastenia Huiñisaca Quizhpe

C.I: 1900621846

Director: Dra. Silvana Patricia Donoso Moscoso MSc.

C.I: 0102590569

Cuenca, Ecuador

Septiembre, 2018



RESUMEN

La harina de trigo es un alimento de gran consumo en la población de Cuenca y a nivel nacional. Ecuador no es un país productor de trigo, es por esto que para satisfacer las necesidades de la población se ve obligado a importar dicho cereal. Los países productores a su vez para compensar dicha demanda requieren buscar una mejora en su producción mediante la utilización de compuestos químicos como los fertilizantes, herbicidas, fungicidas, entre otros; esto tendría un efecto negativo ya que la harina de trigo podría verse afectada con la presencia de metales pesados como el arsénico. El presente trabajo propuso evaluar el riesgo toxicológico del arsénico en la harina de trigo comercializada en la ciudad de Cuenca. Para ello se realizó una encuesta ($n=385$) para obtener datos como el lugar de muestreo, tipo y cantidad de harina consumida. Las concentraciones de arsénico obtenidas mediante Espectroscopia de Absorción Atómica por Generación de Hidruros en todas las muestras ($n=15$) estuvieron por debajo del límite de detección ($0,0002$ mg/Kg), por lo que con este estudio se presume no existe un riesgo toxicológico de la población cuencana expuesta a estos niveles de arsénico por el consumo de harina de trigo, debido a que las dosis de exposición a este metal son inferiores a la dosis de referencia (DRf) y al nivel de efecto adverso no observado (NOAEL), obteniéndose valores de cociente de peligro (HQ), inferiores a la unidad y de Margen de exposición (MOE), superiores a la unidad.

Palabras clave: Cereales, Harina de Trigo, Arsénico, Riesgo Toxicológico



ABSTRACT

Wheat flour is a food of great consumption in the population of Cuenca and Ecuador, which is not a wheat producing country. For this reason to satisfy the requirements of the population, it is forced to import said cereal. The producing countries, in turn, to compensate for this demand, need to seek an improvement in their production through the use of chemical compounds such as fertilizers, herbicides, fungicides, among others; this would have a negative effect since wheat flour could be affected by the presence of heavy metals such as arsenic. The present study proposed to evaluate the toxicological risk of arsenic in the wheat flour commercialized in the city of Cuenca. A survey was conducted ($n=385$) to obtain data such as the place of sampling, type and amount of flour consumed. The arsenic concentrations, obtained by Atomic Absorption Spectroscopy by Hydride Generation, in all the samples ($n=15$) were below the limit of detection (0.0002 mg / Kg). Thus, this study presumes that there is no toxicological risk of the population of Cuenca exposed to these levels of arsenic, due to the consumption of wheat flour. Because the doses of exposure to this metal are lower than the Reference Dose (RfD) and the No Observed Adverse Effect Level (NOAEL), obtaining values of Hazard Quotient (HQ) lower than unity, and Margin of Exposure (MOE) greater than unity.

Key words: Cereals, Wheat Flour, Arsenic, Toxicological Risk



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
TABLA DE CONTENIDOS.....	3
LISTA DE TABLAS.....	6
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA	10
AGRADECIMIENTOS	11
DEDICATORIA.....	12
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	13
CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1. Trigo.....	16
2.1.1. Generalidades.....	16
2.1.2. Botánica	16
2.1.3. Crecimiento y desarrollo de la planta	18
2.1.3.1. Estadios del crecimiento del cultivo de trigo.....	19
2.1.4. Clasificación del trigo	21
2.1.4.1. Según época de siembra	21
2.1.4.2. Según la dureza del grano.....	22
2.1.4.3. Según la textura del endospermo.....	22
2.1.5. Exigencias agroclimáticas.....	23
2.1.5.1. Temperatura.....	23
2.1.5.2. Humedad.....	24
2.1.5.3. Suelo	24
2.1.5.4. pH	25
2.1.6. Composición química del trigo.....	25
2.1.7. Procesamiento del trigo.....	26
2.1.7.1. Recolecta, Trilla y Aventado.	26
2.1.7.2. Secado.....	27
2.1.7.3. Almacenamiento.....	28
2.1.7.3. Transporte	28
2.2. Procesamiento de las harinas.....	28
2.2.1. Tratamiento de la harina	29
2.2.2. Composición química de la harina.....	30
2.2.3. Clasificación de la harina.....	30
2.2.3.1. Según la dureza del grano:.....	30



2.2.3.2	Según la tasa de extracción:.....	31
2.2.3.3	Según su composición:	31
2.3	Trigo a nivel mundial.	31
2.4	Producción de Trigo en Ecuador	34
2.5	Contaminación del trigo por metales pesados	36
2.5.1	Arsénico	37
2.5.1.1	Fuentes de exposición.....	37
2.5.1.2	Toxicocinética del arsénico	38
2.5.1.3	Toxicodinamia y Toxicidad del arsénico.....	39
2.6	Valores referenciales	40
2.7	Evaluación de riesgo toxicológico	41
2.7.1	Identificación del peligro y Evaluación Dosis – Respuesta.....	41
2.7.2	Evaluación de la exposición.....	42
2.7.3	Caracterización del riesgo.....	42
2.7.3.1	Caracterización del riesgo para efectos carcinogénicos	43
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS		45
3.1.	TIPO DE ESTUDIO.....	45
3.2.	VARIABLES E INDICADORES	45
3.2.1.	Variables	45
3.2.1.1.	Variables independientes	45
3.2.1.2.	Variables dependientes	45
3.2.2.	Indicadores	45
3.3.	RECOLECCIÓN DE DATOS	45
3.4.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	46
3.4.1.	Población.....	46
3.4.2.	Tamaño de la muestra y muestreo	46
3.5.	MÉTODOS Y TÉCNICAS	50
3.5.1.	Determinación del arsénico.....	50
3.6.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	52
3.6.1.	Comparación de las concentraciones de arsénico en las diferentes marcas comerciales obtenidas con el Codex Alimentarius	52
3.7	RIESGO TOXICOLÓGICO	52
3.7.1	Riesgo toxicológico del arsénico en la harina de trigo comercializada en la ciudad de Cuenca.	52
3.7.1.1	Identificación del peligro.....	53
3.7.1.2	Evaluación de la curva dosis – respuesta.....	53



3.7.1.3	Evaluación de la exposición	53
3.7.1.4	Caracterización de riesgo.....	53
CAPITULO IV: RESULTADOS		55
4.1.1.	Género	55
4.1.2.	Edad	55
4.1.3.	Peso	56
4.1.4.	Consumo de harina	56
4.1.4.1.	Consumo de harina como tal sin un tratamiento industrial previo	56
4.1.4.2.	Consumo de harina presente en el pan	57
4.1.4.3.	Consumo total de harina de trigo.....	60
4.1.4.4.	Consumo de pastas a base de trigo	60
4.2.	Concentración de arsénico en muestras de harina de trigo	61
4.3.	Evaluación de riesgo toxicológico	61
4.3.1.	Dosis de exposición	61
4.3.2.	Cociente de peligro	62
4.3.3.	Margen de exposición	62
4.3.4.	Para efectos cancerígenos	62
4.3.4.1.	Riesgo individual.....	62
4.3.4.2.	Riesgo poblacional	62
CAPITULO V: DISCUSIÓN.....		64
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		66
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		67



LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Botánica de la planta de trigo.....	17
Tabla 2: Etapas de la escala de Zadoks	20
Tabla 3: Composición del grano de trigo y su distribución en distintos productos de molienda.....	25
Tabla 4: Máxima temperatura para el secado del trigo.....	27
Tabla 5: Exportación e Importación del trigo en Ecuador 2000-2016. Toneladas métricas.....	36
Tabla 6: Número de encuestas por parroquia urbana de Cuenca	47
Tabla 7: Número de muestras de harina de trigo por marca comercial.....	49
Tabla 8: Índices Toxicológicos del Arsénico	53
Tabla 9: Porcentaje de la población encuestada con respecto al género	55
Tabla 10: Estadísticos descriptivos de la edad de la población encuestada.....	55
Tabla 11: Media de la edad de la población de acuerdo al rango de edades.....	55
Tabla 12: Estadísticos descriptivos del peso de la población.....	56
Tabla 13: Media de peso en Kg de la población de acuerdo al rango de edades.....	56
Tabla 14: Porcentaje de la población que consume harina.....	56
Tabla 15: Porcentaje de la población que consume harina de acuerdo al género.....	57
Tabla 16: Estadísticos descriptivos de la cantidad de consumo de harina por género	57
Tabla 17: Media de consumo en gramos de harina de acuerdo a edades	57
Tabla 18: Porcentaje de la población en general que consume pan.....	58
Tabla 19: Porcentaje de la población según el género que consume pan.....	58
Tabla 20: Cantidad de harina de trigo usada por tipo de pan	58
Tabla 21: Media de la cantidad de harina de trigo usada en cada tipo de pan.....	59
Tabla 22: Estadísticos descriptivos del consumo de harina de trigo a través del pan.....	59
Tabla 23: Media en g del consumo de harina de trigo a través del pan de acuerdo al rango de edades	59
Tabla 24: Estadísticos descriptivos del consumo total de harina de trigo.....	60
Tabla 25: Media en g de consumo total de harina de trigo con respecto al rango de edades.....	60
Tabla 26: Concentración de arsénico en las diferentes marcas de harina de trigo.....	61
Tabla 27: Indicadores de Riesgo Toxicológico al arsénico mediante el consumo de harina de trigo...	63



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Partes de la planta de trigo	18
Figura 2. Principales Países productores de Trigo (M tn.), 2017.....	33
Figura 3. Principales Países exportadores de Trigo (M tn), 2017	34
Figura 4. Esquema del ciclo biogeoquímico del arsénico.....	38
Figura 5. Parroquias urbanas de la ciudad de Cuenca	47
Figura 6. Puntos aleatorios en cada parroquia urbana de la ciudad de Cuenca.....	48
Figura 7. Gráfico de frecuencias de las marcas comerciales usadas por los panaderos cuencanos....	49
Figura 8. Gráfico de frecuencias de los lugares en donde la población encuestada acude a comprar harina de trigo	50



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Leticia Lastenia Huiñisaca Quizhpe en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "**EVALUACIÓN DEL RIESGO TOXICOLÓGICO EN LA HARINA DE TRIGO COMERCIALIZADA EN LA CIUDAD DE CUENCA**", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 26 de septiembre de 2018

Leticia Lastenia Huiñisaca Quizhpe

C.I: 1900621846



Cláusula de Propiedad Intelectual

Leticia Lastenia Huiñisaca Quizhpe, autora del trabajo de titulación "Evaluación del riesgo toxicológico del arsénico en la harina de trigo comercializada en la ciudad de Cuenca", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 26 de septiembre de 2018

Leticia Lastenia Huiñisaca Quizhpe

C.I: 1900621846



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA

ADN: Ácido Desoxirribonucleico

As: Arsénico

As³⁺: Arsenito

As⁵⁺: Arsenato

ATSDR: (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)

CEI: Comunidad de Estados Independientes

CRf: Concentración de Referencia

DE: Dosis de exposición

DRf: Dosis de Referencia

EFSA: European Food Safety Authority

EPA: Agencia de Protección Ambiental

FAO: (Food and Agriculture Organization) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura

FE: Factor de exposición

FP: Factor de pendiente

HQ: (Hazard Quotient) Coeficiente de Peligro

IARC: Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer.

IDA: Ingesta Diaria Admisible

IDT: Ingesta Diaria Tolerable

INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

INIAP: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

LOAEL: Lowest observed adverse effect level

MAGAP: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca

MIPRO: Ministerio

MOE: (Margin of Exposure) Margen de Exposición

NOAEL: No Observed Adverse Effect Level

NRC: Concejo Nacional de Investigación

OMS: Organización Mundial para la Salud

POD: Punto de Partida

RI: Riesgo Individual

RP: Riesgo Poblacional

SD: (Standard Deviation) Desviación Estándar

s. f.: sin fecha

SICA: Sistema Integral de Control Agroalimentaria

TP: Tallo principal



AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo me gustaría agradecer a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado.

A la UNIVERSIDAD DE CUENCA por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi directora de tesis, Dra. Silvana Donoso Moscoso MSc. por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Muchas gracias y que Dios los bendiga.

Leticia Latenia Huiñisaca Quizhpe



DEDICATORIA

A mis padres Edita y Eloy, a mis hermanos Alex y José, por su gran ejemplo de superación y valioso apoyo en todo momento desde el inicio de mis estudios.

Leticia Lastenia Huiñsaca Quizhpe



CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

Es conocido que desde hace siglos ha existido una relación directa entre los alimentos que se ingiere y la salud que posee una persona (Carcamo V. & Mena B., 2006). Los cultivos destinados a la nutrición humana y la producción de alimentos que contienen diferentes oligoelementos esenciales, podrían estar contaminados por metales tóxicos como el arsénico. La interrelación entre los micronutrientes y los oligoelementos contaminantes en diferentes cereales se ha venido investigando en países latinoamericanos, donde están presentes actividades agrícolas, así como industriales (Brizio et al., 2016).

La contaminación por metales pesados de los suelos agrícolas presenta riesgos y peligros para los humanos. La remediación de suelos contaminados con metales pesados se ha convertido en un tema candente en la ciencia y la ingeniería ambiental. (Xu et al., 2017)

Los cereales se han considerado como el eje de la agricultura y la fuente más productiva de alimentos. La mayor parte de la energía que consume el hombre proviene de los cereales, como el trigo; que es considerado como el más abundante y productivo (Z.N. Juárez, M.E. Bárcenas-Pozos, & L.R. Hernández, 2014).

El trigo ha formado parte del desarrollo económico y cultural del hombre, siendo el cereal más cultivado y consumido. Generalmente, el trigo es sembrado en las regiones cercanas al Mar Mediterráneo, donde el clima y la temperatura favorecen su crecimiento, es así que la temperatura ideal para el crecimiento y desarrollo del cultivo de trigo oscila entre 10 y 25 °C (Juárez, Bárcenas-Pozos, & Hernández, 2014).

Actualmente la producción en Ecuador no satisface el 3 % de la demanda debido a que las importaciones de trigo a precios bajos por varias décadas, ocasionó la pérdida de la producción nacional (Jacome, Calle, & Pastor L., 2002). Sin embargo, la producción de trigo ha mejorado considerablemente en los últimos años a pesar de los pocos recursos que se tiene para su producción (Valarezo, 2008). Para esto se han desarrollado muchos programas para incentivar su cultivo; aunque aún no cuenta con resultados favorables para la economía ecuatoriana; en decir, la oferta es mínima frente a la gran demanda (Orozco & Yolanda, 2011).

El efecto de los metales como el arsénico en la fisiología de las plantas de trigo ha sido uno de los temas de especial interés, ya que pueden llegar a ser tóxicos aún en concentraciones bajas (menor a 0.2 mg/Kg) (Díaz, et al., 2001). Esta toxicidad depende tanto de la dosis que se ingiera, así como de la cantidad excretada (Núñez et al., 2008).



Dado que el arsénico está presente en el suelo como residuo de productos químicos utilizados el cultivo y desarrollo de la planta de trigo, resulta inevitable que diversas concentraciones sean prácticamente detectables tanto en plantas de trigo como en los alimentos que ingerimos a base de este cereal (ALAY, et al., 2012).

La planta de trigo se puede contaminar por metales pesados como el arsénico, por la absorción directa que la planta tiene de suelos contaminados (Méndez, et al., 2009); la contaminación de suelos se da por el uso inadecuado de fertilizantes minerales, además del vertido de los residuos naturales que se generan (estiércol, purines, residuos sólidos urbanos, lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales) y la utilización de aguas de calidad inadecuada para uso agrícola (Murzaeva, 2004).

Con el aumento considerable del número de habitantes, tanto a nivel nacional como mundial, existe una gran demanda alimentaria de trigo y sus derivados, es por esto que los países productores de este cereal buscan satisfacer dicha demanda, para esto se ven obligados a buscar una mejora en su producción mediante la utilización de fertilizantes. La fertilización en el cultivo de trigo se aplica en la mayoría de los lotes que se siembran. Normalmente el fósforo y nitrógeno son los fertilizantes más utilizados, aunque en los últimos años otros nutrientes han comenzado a emplearse, dentro de estos encontramos como principal nutriente aportado, luego del fósforo y nitrógeno, el azufre que es fundamental para el aprovechamiento del nitrógeno (Tysko & Rodríguez, 2006); además de protegerlo de la acción de agentes patógenos (hongos, bacterias, virus), depredadores y de la competencia de otras plantas (Tejera et al., 2013). La manera moderna de ejercer dicha protección es usar compuestos químicos diversos, como herbicidas, insecticidas o fungicidas como el glifosato (Salazar-López & Madrid, 2011), entre otros. Si bien su utilización es cada vez más necesario, el uso descontrolado ejercer una problemática de salud ya que las plantaciones de trigo podrían contener dichos contaminantes (Ferrano & Rositano, 2011). La planta de trigo se ve contaminado por metales pesados como el arsénico, por la absorción directa que la planta tiene de suelos contaminados (Méndez, et al., 2009); consecuentemente la contaminación de suelos se ve afectado por el uso inadecuado de fertilizantes minerales, además del vertido de los residuos naturales que se generan (estiércol, purines, residuos sólidos urbanos, lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales) y la utilización de aguas de calidad inadecuada para uso agrícola (Murzaeva, 2004).



Los agricultores necesitan urgentemente aumentar el uso de fertilizantes, semillas mejoradas y prácticas agronómicas sostenibles (Borlaug & Dowsell, 2002).



CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Trigo

2.1.1. Generalidades

El trigo junto con otros cereales como el arroz y maíz se considera uno de los primeros cultivos alimentarios domesticados y durante 8 000 años ha sido el alimento básico de las principales civilizaciones de Europa, Asia occidental y el norte de África. En la actualidad, el trigo se cultiva en más superficie que cualquier otro cultivo comercial y continúa siendo la fuente de granos alimenticios más importante para los humanos. Su producción lidera todos los cultivos, incluidos el arroz, el maíz y las patatas (Curtis, 2015)

No se conoce con precisión dónde y cuándo se originó, tal y como lo conocemos hoy. Los estudios de De Candolle indican que el trigo es originario de Mesopotamia, mientras que Vavilov afirma que las especies del género *Triticum* han tenido su centro de diferenciación en Turquía, Afganistán y La India. Otras investigaciones más recientes sostienen que el trigo tuvo su origen en la zona comprendida entre Asia Menor y Afganistán (Moreno & Ramírez, 2001).

El trigo ha formado parte del desarrollo económico y cultural del hombre, siendo uno de los cereales más cultivados, junto con el maíz y arroz, además de ser el más consumido por el hombre. La propiedad más importante del trigo es la capacidad de cocción de la harina debido a la elasticidad del gluten que contiene, esta característica permite la panificación, lo que rápidamente lo hace favorecido sobre otros granos como avena, el mijo, el arroz y la cebada. *Triticum spp.* es el término que se utiliza para designar al conjunto de cereales, son plantas anuales que pertenecen a la familia de las gramíneas que son ampliamente cultivadas en todo el mundo (Peña et al., 2006).

El trigo harinero y el trigo cristalino o duro son los tipos comerciales: *el Triticum aestivum L* y *Triticum durum* respectivamente. El harinero (*Triticum aestivum*) cubre cerca de 90 % del área total sembrada con trigo mundialmente, mientras que el duro (*T. durum*) llamado también cristalino o macarronero, cubre cerca de 9 % total del área triguera mundial, pero solamente aporta el 5 % de la producción mundial (Moreno & Ramírez, 2001).

2.1.2. Botánica

La palabra trigo proviene del latín *Triticum* cuyo significado es quebrado, triturado o trillado y hace referencia tanto a la planta como a sus semillas y al proceso que se sigue para



separar la semilla de su cascarilla (Z.N. Juárez, M.E. Bárcenas-Pozos, & L.R. Hernández, 2014).

Es una planta herbácea. Su altura varía entre los 30 – 180cm. Su sistema radical es adventicio. El tallo es rígido y cilíndrico, formado por nudos y entrenudos. Las hojas son envainadoras que nacen de los nudos, el ancho aproximado es de 0,5 – 1cm y una longitud de 15 – 25 cm. El grano posee una hendidura longitudinal en la parte central, compuesta por el embrión y el endospermo (Don, 2008).

En la tabla 1 se describe las partes de la planta de trigo, mientras que en la figura 1 se muestra las partes.

Tabla 1

Botánica de la planta de trigo

Raíz	Son fasciculadas. Alrededor de un 50% de las raíces está comprendido entre 0 y 25 cm de profundidad y el resto puede llegar hasta un metro, y en suelos sueltos hasta 1,50 m. El mayor o menor desarrollo de las raíces depende de muchas variables, tales como: textura del terreno, situación de la capa Freáica, época de siembra, mayor o menor cantidad de lluvia caída en las primeras fases de su desarrollo, entre otras.
Tallo	Es una caña (hueco), formado por alrededor de nudos y entrenudos. El nudo es una porción maciza y pequeña donde se encuentran las yemas que dan origen a las hojas y a los macollos; mientras que el entrenudo es más largo y hueco en la mayoría de trigos. Su altura oscila entre 0,3 m y máximo 1,7 m. En casi todas las variedades al principio es macizo y después se vuelve hueco, salvo en los nudos donde permanece macizo.
Hojas	Alternas. Son cintiformes, paralelinervias y terminadas en punta. Están dispuestas sobre el tallo alternadamente en dos hileras verticales opuestas, cada una de las hojas tiene una divergencia de 180° de la siguiente.
Inflorescencia	Es una espiga compuesta de tallo central de nudos y entrenudos cortos, llamado raquis. En cada uno de los nudos se asienta una espiguilla protegida por dos brácteas estériles o glumas vacías. Estas espiguillas están unidas directamente al raquis. Su número puede llegar hasta 25 y se recubren unas a otras. Cada espiguilla presenta alrededor de 2 a 5 flores, de las cuales aborta la mayor parte. Las espigas de trigo difieren en forma, largo, ancho y grado de compactación, que, de acuerdo con sus formas, reciben distintos nombres: fusiformes, oblongas, clavadas, elípticas, etc.
Flor	Está protegida por dos brácteas verdes o glumillas que esconden el grano. Consta de un pistilo y tres estambres. La flor da lugar a un fruto único denominado grano, que lleva un embrión o germen junto a la sustancia de reserva.
Fruto	La semilla de trigo es un cariósipide seco con el pericarpio unido al tegumento seminal. El endospermo contiene las sustancias de reserva, constituyendo la masa principal del grano.

Fuente: Moreno & Ramírez, 2001, El cultivo del trigo. Algunos resultados de su producción en Cuba., & García, 1999, Cultivos herbáceos extensivos.

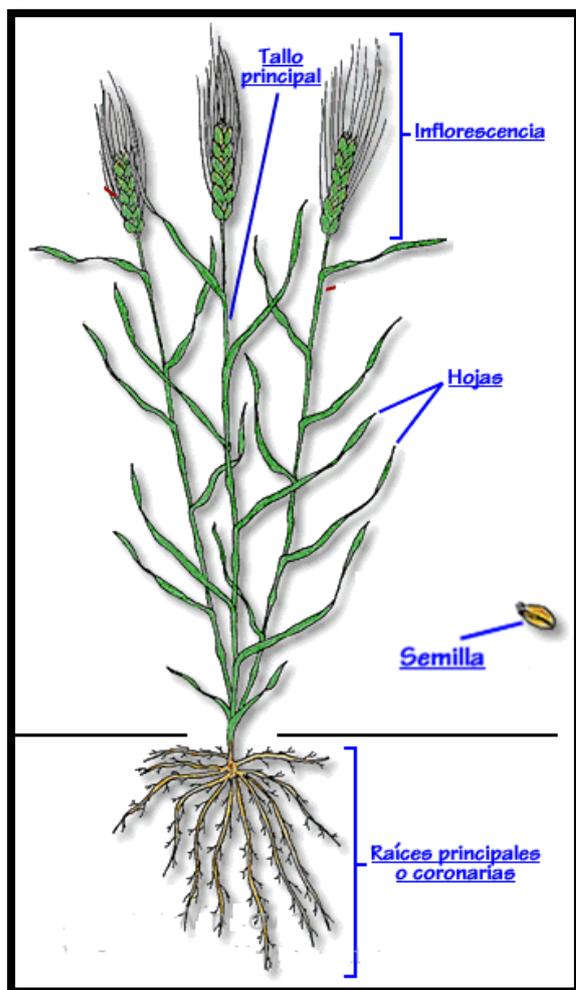


Figura 1. Partes de la planta de trigo

Fuente: UC. Pontificia Universidad Católica de Chile. (s. f.). Trigo. Recuperado a partir de http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/trigo.htm

2.1.3. Crecimiento y desarrollo de la planta

El trigo se cultiva bajo diversas condiciones climáticas, desde tierra firme con humedad limitada (gran parte de EE. UU., Australia, CEI, Asia occidental y África del Norte); hasta tierra con agua adecuada (Europa occidental). La mitad del área de cultivo de trigo del mundo comprende grandes regadíos irrigados, que se encuentran principalmente en India, Pakistán y China.

Uno de los factores que intervienen en el crecimiento de la planta es la luz solar, la que interviene en la fabricación de los componentes constituyentes y funcionales de los distintos órganos de la planta. (Hernández Córdova, Soto Carreño, & Plana Llerena, 2015).

La productividad de los cultivos se rige por complejas interacciones entre el clima y los procesos ecofisiológicos que estos conllevan. Además de que el éxito productivo no solo



depende de la intensidad de los estímulos climáticos sino también de la secuencia temporal de estos durante el ciclo de la vida de los cultivos (Hernández Córdova, Soto Carreño, & Plana Llerena, 2015).

El trigo es una especie que se cultiva bajo diversas condiciones climáticas, desde tierra firme con humedad limitada (gran parte de EE. UU., Australia, CEI, Asia occidental y África del Norte); y la tierra con agua suficiente, como los países de Europa occidental, es decir se puede cultivar tanto en invierno como en primavera; lo que unido a su consumo ha permitido que se extienda a muchas partes del mundo, es por esto que, la mitad del área de cultivo de trigo del mundo en desarrollo comprende grandes regadíos irrigados, que se encuentran principalmente en India, Pakistán y China (Kamran, Iqbal, & Spaner, 2014).

2.1.3.1. Estadios del crecimiento del cultivo de trigo

El crecimiento de las plantas se mide por escalas, es así que entender estas escalas de crecimiento es importante para ayudar a los agricultores a optimizar el rendimiento. El estrés y la sequía afecta a las plantas de manera distinta durante cada etapa de crecimiento. El uso de escalas que describen en forma precisa el estado en el cual se encuentra el cultivo en un determinado momento facilita la comunicación y permiten ajustar recomendaciones de prácticas de manejo como la aplicación de agroquímicos en caso de ser necesario. Las escalas pueden describir eventos externos apreciables a simple vista o eventos internos a nivel del ápice del crecimiento, que solo son apreciables luego de la disección de las plantas y su observación bajo lupa (González, 1987).

Existen al menos cinco tipos de escalas usadas comúnmente en todo el mundo que describen los estadios de crecimiento y/o desarrollo del cultivo de trigo y otros cereales de grano fino (Miller, 1992). Tres sistemas son los más usados: Zadoks, Feekes y Haun, pero Zadoks es la que más utilizada para determinar el momento correcto para el manejo de insumos.

Las fases de la escala Zadoks describen estados morfológicos externos del cultivo, que involucran algunos procesos de desarrollo y otros de crecimiento. Estos estados deberían ser tenidos en cuenta cuando se analizan los estados y procesos de desarrollo y los factores que los regulan y modifican. La Tabla 2 describe la escala Zadoks, que tiene 10 fases numeradas de 0 a 9 que describen el cultivo:



Tabla 2
Etapas de la escala de Zadoks

Etapa principal	Descripción	Sub-fase
0	Germinación La semilla requiere alcanzar como mínimo entre 35 y 45% de humedad para germinar (extrusión de la radícula). La germinación puede ocurrir entre los 4 y 37 °C, pero la óptima se encuentra entre los 12 y 25 °C. La elongación del coleoptile (regulada por la luz) permite ajustar pequeñas diferencias en profundidad de siembra.	0.0 – 0.9 0.0 Semilla seca 0.1 Inicio de absorción de agua (imbibición) 0.3 Fin de la imbibición 0.5 Extrusión de la radícula (germinación). 0.7 Coleóptilo emergido del grano 0.9 Hoja en ápice del coleoptile.
1	Producción de hojas TP (Tallo Principal) Comienza la aparición de hojas en el cultivo, sin observarse aun aparición de macollos. Esta etapa dura aproximadamente hasta la aparición de la cuarta hoja en el vástago principal. Con el establecimiento de las plántulas queda fijado en número de plantas/m ² .	1.0 – 1.9 1.0 Primera hoja a través del coleoptile 1.1 Primera hoja expandida 1.2 Dos hojas expandidas 1.3 Tres hojas expandidas 1.9 Nueve o más hojas expandidas
2	Producción de macollos Siguen apareciendo hojas desde un “falso tallo” (formado por las vainas de las hojas inferiores) y comienza la aparición de macollos. Generalmente el primer macollo aparece en forma conjunta con la cuarta hoja. El período de macollaje se extiende por un tiempo variable, dependiendo de la disponibilidad de recursos para crecimiento (ej. densidad de siembra, fertilización, agua). A partir del primer macollo, los siguientes aparecen cada vez que aparece una hoja (si no existen restricciones de crecimiento) El final de macollaje suele coincidir con el inicio del crecimiento o elongación del tallo (encañazon) que restringe la disponibilidad de recursos para los macollos.	2.0 – 2.9 2.0 Tallos principal solo 2.1 Tallo principal y primer macollo 2.2 Tallo principal y segundo macollo 2.3 Tallo principal y tercer macollo. 2.9 Nueve o más macollos
3	Producción de nudos TP (encañado) Comienza con la aparente elongación del “falso tallo” (dado por la longitud creciente de las vainas de las hojas) que coincide con el estado de espiga a 1cm (el tallo desde la inserción de las hojas inferiores hasta el ápice de crecimiento tiene 1 cm o más). Prosigue con el crecimiento y elongación de los entrenudos verdaderos, por dentro de las vainas de las hojas. Durante esta etapa se establece la tasa de crecimiento máxima del cultivo y en función de ella se determina el número de macollos que sobreviven y dan una espiga en espigazón. Durante la última fase de esta etapa se inicia el crecimiento de las espigas, comenzando un período crítico para la determinación del rendimiento (aprox. 20 días previos a antesis).	3.0 – 3.9 3.0 Falso tallo erecto/Espiga 1cm 3.1 Primer nudo detectable 3.2 Segundo nudo detectable 3.3 Tercer nudo detectable 3.4 Cuarto nudo detectable 3.5 Quinto nudo detectable 3.6 Sexto nudo detectable 3.7 Punta de hoja bandera visible 3.9 Lígula de hoja bandera expandida
4	Vaina engrosada Durante esta etapa siguen creciendo los últimos	4.0 – 4.9 4.1 Alargamiento de la vaina hoja



	entrenados y el ascenso de la espiga (que también está creciendo activamente) por dentro de la vaina de la hoja bandera produce el ensanchamiento de la misma, determinando el estado de bota o vaina engrosada. Este estado coincide con la última etapa de diferenciación de los granos de polen, siendo muy sensible a estrés hídrico y altas temperaturas. También a partir de este estado, el cultivo comienza a ser muy sensible a heladas, por lo que los estadios siguientes del mismo deberán ocurrir dentro del periodo libre de heladas.	bandera 4.3 Vaina de la hoja bandera comenzando a ensancharse. 4.5 Vainas notablemente ensanchadas. 4.7 Vaina de la hoja bandera abriéndose. 4.9 Primeras aristas visibles por encima de la vaina.
5	Espigado Se elonga el último entrenado o pedúnculo que sostiene a la espiga, produciendo su emergencia. En este momento queda establecido el número de espigas/m ² .	5.0 – 5.9 5.1 Primeras espiguillas visibles. 5.3 ¼ espiga emergida. 5.5 ½ espiga emergida. 5.7 ¾ espiga emergida. 5.9 Espiga emergencia completa
6	Antesis Finaliza el crecimiento de las espigas y se define el número de flores fértiles/m ² . Ocurre la fecundación (con la espiguilla cerrada) y posteriormente aparecen las anteras por fuera de las espiguillas.	6.0 – 6.9 6.1 Comienzo de antesis. 6.5 50% antesis. 6.9 Antesis completa
7	Estado lechoso del grano Durante la primera semana posterior a la fecundación ocurre el cuaje: activa división celular con poco crecimiento del grano. Al finalizar el mismo queda establecido el número de granos/m ² , finalizando el período más crítico para la generación del rendimiento (aprox. 10 días luego de la antesis).	7.0 – 7.9 7.1 Grano acuoso. 7.3 Grano lechoso temprano. 7.7 Grano lechoso tardío
8	Estado pastoso del grano Posteriormente comienza el crecimiento del grano con la deposición de almidón y proteínas hasta alcanzar un estado de humedad cercano a 35-40%, donde finaliza el crecimiento del mismo (madurez fisiológica) definiéndose el peso de los granos.	8.0 – 8.9 8.5 Grano pastoso suave. 8.7 Grano pastoso duro
9	Madurez Una vez alcanzada la madurez fisiológica, el grano comienza su etapa de secado hasta alcanzar madurez cosecha (14% de humedad).	9.0 – 9.9 9.1 Cariopside casi duro 9.2 Cariopside maduro para cosecha

Fuente: (J. C. ZADOKS, T. T. CHANG, & C. F. KONZAK, 1974)

2.1.4. Clasificación del trigo

2.1.4.1. Según época de siembra

Trigo Primavera. - Es sembrado a comienzo de la primavera. Crece hasta principios del verano y se recolecta a fines del mismo. En lugares que presentan inviernos demasiado rigurosos para la sementera invernal, se siembra el trigo en primavera, lo más pronto posible,



de manera que se pueda recoger la cosecha antes de que comiencen los hielos de otoño (Tashiro & Wardlaw, 1990).

Trigo de Invierno. - Es aquel sembrado en otoño y crece hasta principios del invierno, para posterior ser recolectado en primavera. Se cultiva a temperaturas bajas, donde pasa por un estado vegetativo. El trigo de invierno cubre una extensión significativa de Turquía, Irán, China, Estados Unidos y Europa (Tashiro & Wardlaw, 1990).

2.1.4.2. Según la dureza del grano

Trigo blando. - Es conocido como el Trigo común (*Triticum aestivum*). Los granos de este trigo se rompen fácilmente. Se considera apto para la elaboración de harinas con destino a la fabricación de productos específicos, tales como casi todos los tipos de pan, galletas, tostadas y tortas.

Trigo duro. - (*Triticum durum*) Se llama durum, pues su valor proteico (en especial el gluten) es superior al del trigo blando. Tiene granos cristalinos, fuertes y difíciles de romper. Su dureza se debe a que presenta un alto contenido de proteínas. Es un trigo que presenta una baja extensibilidad por lo que no es idóneo para la panificación. Pero es la especie utilizada para la elaboración de pastas. Son estas características las que le confieren la capacidad de quedar al dente. La importancia del trigo duro a nivel nacional está enfocada principalmente a la cultura alimenticia de la población en el área tradicional y occidental, quienes consumen este cereal de manera cotidiana en diferentes derivados como la sémola, su uso también se extiende a la elaboración de pastas y otros (Gutiérrez, Marza, Butrón, Quispe, & Gutiérrez, 2015).

2.1.4.3. Según la textura del endospermo

Trigo Vítreo. - La textura del endospermo puede ser denso y translúcido, adquiere un aspecto duro o córneo (Arriaga, Chindichimo, & Sempe, 1980). El peso específico de los granos vítreos (1,422) es mayor que el de los granos harinosos. (Kent & Evers, 1994). El carácter vítreo es hereditario, pero también es afectado por las condiciones ambientales, o puede ser inducido con el abono nitrogenado o con fertilizantes.

Trigo Harinoso. - La textura del endospermo es harinosa, es decir, es feculenta, yesosa. El peso específico es de 1,405 (Kent & Evers, 1994). Al igual que el trigo vítreo, el



carácter harinoso es hereditario y puede ser afectado por las condiciones ambientales como las lluvias fuertes, suelos arenosos ligeros y plantación muy densa.

2.1.5. Exigencias agroclimáticas

El trigo es una planta que se cultiva en multitud de climas con diferentes tipos de precipitación, es decir, requiere de condiciones de temperatura, iluminación y humedad adecuadas para su desarrollo y crecimiento (Novoa & Villaseca, 1987).

Se cultiva desde la línea ecuatorial hasta aproximadamente los 60° de latitud. Si bien se pueden obtener buenos rendimientos incluso con temperaturas tan altas como 40°C, éstos se reducen fuera del rango óptimo de temperaturas. A medida que las temperaturas se acercan al punto óptimo para el desarrollo, el manejo debe ser más cuidadoso y preciso a fin de mantener los rendimientos; el cultivo crecerá más rápido y, por tanto, la demanda diaria de recursos será mayor (Novoa & Villaseca, 1987)

El trigo prospera en climas sub-tropicales, moderadamente templados y moderadamente fríos. Lo más apropiado es una pluviosidad anual de 229-762 mm, más abundante en primavera que en verano (Ramírez, Plana, & Moreno, 2001).

Aunque el cultivo tiene más éxito entre las latitudes de 30° y 60° Norte y 27° y 40° Sur (Nuttonson, 1955), el trigo puede cultivarse más allá de estos límites, desde el círculo polar ártico hasta elevaciones más altas cerca del ecuador.

Existen muchas variedades de trigo que permiten que este se cultive desde el nivel del mar hasta los 4000 metros. Las zonas más productivas se encuentran entre los 25 y 600 metros sobre el nivel del mar (Soto, Hernández, & Plana, 2009).

2.1.5.1. Temperatura

El trigo permite un cultivo en temperaturas bastantes variadas. La temperatura de crecimiento y desarrollo óptima es de aproximadamente 25 °C, con temperaturas de crecimiento mínimas y máximas de 3°C a 4 °C y de 30°C a 32 °C, respectivamente. Para los trigos de otoño la temperatura ideal comprende entre los 1.850 °C y 2.375 °C. Mientras que la temperatura media en la temporada de verano va desde los 13°C (56°F) o más (Tashiro & Wardlaw, 1990).

El estrés por altas temperaturas constituye uno de los factores abióticos de mayor impacto en la productividad de las plantas cultivadas de trigo. Actualmente se estima que será el trigo uno de los cultivos mayormente afectados por el estrés térmico en los próximos diez



años debido fundamentalmente a la estrecha relación del rendimiento con la cantidad de horas frío que necesita el cultivo (Argente Martínez et al., 2017).

Además, el trigo es una planta bastante resistente al frío, sobre todo después de emerger la cuarta hoja, antes de esta fase es sensible. Puede resistir temperaturas de $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ y resiste mejor las heladas graduales que los descensos súbitos de temperatura (Orantes, Garrido, Espinoza, & Quiroga, 2011)

2.1.5.2. Humedad

El trigo requiere una humedad relativa entre 40 y 70%; desde el espigamiento hasta la cosecha en la que requiere de una humedad relativa entre el 50 y 60% además de un clima seco para su maduración (Inzunza-Ibarra, Catalán-Valencia, Sánchez-Cohen, Villa-Castorena, & Román-López, 2010).

El umbral necesario de lluvias se sitúa sobre unos 260 litros anuales. El rango más común de lluvias se sitúa entre los 400 y 750 litros anuales, aunque existen cultivos en lugares con precipitaciones de hasta casi 3000 litros anuales (Mir et al., 2011). Se necesita de 450 a 550 litros de agua para producir 1 kilo de materia seca.

El trigo se adapta a una amplia gama de condiciones de humedad desde xerófitas hasta litorales. Aunque aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie terrestre donde se cultiva trigo recibe un promedio de entre 375 y 875 mm de precipitación anual, puede cultivarse en la mayoría de los lugares donde la precipitación oscila entre 250 y 1 750 mm (Leonard y Martin, 1963).

2.1.5.3. Suelo

El trigo requiere de suelos profundos que favorecen el desarrollo de sus raíces. Es por esto que los suelos arcillosos presentan mucha humedad durante los inviernos y el suelo arenoso requiere, por otro lado, abundante lluvia durante la primavera, dada su escasa capacidad de retención. Es por eso que se recomienda que los suelos dispongan de un buen drenaje (Calvo, Ignacio, & Echeverría, 2006).

El mejor crecimiento y rendimiento del cultivo del trigo se consigue en terrenos profundos, fértiles y libres de inundaciones. Además, el suelo previo al cultivo debe estar mullido, limpio de malas hierbas y bien desmenuzado. El incremento de cosecha, compensa el fuerte abonado nitrogenado (Barbieri, Echeverría, & Sainz Rozas, 2009).



2.1.5.4. pH

El trigo prospera mal en tierras ácidas; las prefiere neutras o algo alcalinas. Los suelos para el cultivo de trigo deben tener un pH entre 5.5 y 7.5; en terrenos muy ácidos y arenosos es difícil lograr un adecuado crecimiento (G. Allen, S. Pereira, Raes, & Smith, 2006)

2.1.6. Composición química del trigo

El trigo es un cereal considerado como alimento energético, ya que el 70% de los carbohidratos presentes son fácilmente digeribles, además que también contienen una importante fuente de proteína y aminoácidos. El contenido de lípidos, minerales y vitamina varía ampliamente como se aprecia en la Tabla 3 (Costarr, 1978).

Tabla 3
Composición del grano de trigo y su distribución en distintos productos de molienda.

Nutriente	Unidades por 100 g	Grano	Harina de grano entero	Harina refinada	Cáscara
Análisis proximal					
Proteínas	g	12,6	13,7	9,7	15,6
Almidón	g	62,4	60,0	58,9	14,1
Lípidos	g	1,54	1,87	1,48	4,25
Cenizas	g	1,57	1,60	0,58	5,79
Fibra dietética	g	12,2	12,2	5,5	42,8
Minerales					
Hierro	mg	3,19	3,88	1,26	10,57
Magnesio	mg	126	138	25	611
Fósforo	mg	288	346	107	1.013
Potasio	mg	363	405	149	1.182
Zinc	mg	2,65	2,99	1,02	7,27
Cobre	mg	0,43	0,38	0,19	1,00
Selenio	ug	71	71	15	78
Vitaminas					
Tiamina	mg	0,38	0,45	0,19	0,52
Riboflavina	mg	0,12	0,22	0,07	0,58
Niacina	mg	5,46	6,37	1,20	13,58
Ácido pantotéico	mg	0,95	1,01	0,25	2,18
Vitamina B-6	mg	0,30	0,34	0,04	1,30
Folato, total	ug	38	44	31	79
Vitamina A	IU	9	9	0	9
Vitamina E	mg	1,01	0,82	0,05	1,49
Vitamina K	ug	1,90	1,90	0,30	1,90
Perfil lipídico (ácidos grasos)					
Saturados	g	0,27	0,32	0,30	0,63
Monoinsaturados	g	0,20	0,23	0,19	0,64
Poliinsaturados	g	0,63	0,78	0,85	2,21
Carotenoides					
Luteína + zeaxantina	ug	220	220	18	240

Fuente: (Zúñiga R., 2007). Valor Nutricional y Potencial del Trigo.



En muchas ocasiones, en lugar de utilizar el grano entero se utiliza el cereal refinado al que se le añade diferente concentración de salvado para conseguir la cantidad de fibra que se desea. Con esto se pierde el germen y con él una cantidad importante de proteínas, vitaminas E, B1, B6, ácido fólico y zinc (FAO, s. f. b)

2.1.7. Procesamiento del trigo

Una vez que la planta pasa por todos los períodos conocidos y por los cambios climáticos que pueda presentar como la sequía, el exceso de lluvias, o por enfermedades y numerosas plagas del campo, llega la época de la poscosecha que consiste en movilizar el producto cosechado desde el productor hasta el consumidor conservando y preservando su calidad (Hernández, 2006).

El procesamiento del trigo va desde la cosecha hasta el almacenado del grano, y engloba todas las operaciones que permiten extraer y estabilizar el grano de cereal, además de operaciones que permiten obtener productos intermedios, fundamentalmente harinas, que no pueden ser consumidos directamente por el hombre y también operaciones que transforman los productos intermedios en finales. (FAO, s. f. c)

2.1.7.1.Recolecta, Trilla y Aventado.

La planta de cereal se recolecta completa, por lo que es necesario separar el grano. La separación se lleva a cabo mediante dos operaciones sucesivas:

- La trilla consiste en la extracción de los granos. En el sistema tradicional, las gavillas de trigo, una vez recolectadas, se extienden en el suelo, en un área de superficie dura especialmente preparada para ello. Allí son pisadas mediante el trillo, una plancha de madera con piedras o cuchillas en su cara interior, de manera que los granos se desprenden de la espiga.
- El aventado, ayuda a separar los granos ya que estos continúan mezclados con los restos de la planta (paja). El proceso consiste en lanzar al aire la mezcla de granos y paja, siendo esta última arrastrada por el viento, mientras que los granos se depositan en el mismo sitio. Este sistema tradicional fue sustituido progresivamente por trilladoras mecánicas accionadas a pedal o mediante motores que realizan simultáneamente las operaciones de trilla y aventado (León & Rosell, 2007).



Una vez separados los granos de cereal de la planta, y dado que éstos no pueden ser consumidos o procesados de forma inmediata, se hace necesario su almacenamiento, antes de proceder a su tratamiento preliminar o a su consumo directo (Z.N. Juárez, M.E. Bárcenas-Pozos, & L.R. Hernández, 2014).

2.1.7.2 Secado.

El secado es el proceso que más transformaciones produce a los granos en la poscosecha. El objetivo del secado es reducir el nivel de humedad en los granos, por debajo de un nivel considerado de seguridad, lo cual contribuye a garantizar su conservación, al impedir tanto su germinación como el crecimiento de microorganismos. El nivel de seguridad para el almacenamiento del trigo es del 13,5% de humedad. El proceso de secado de los granos depende en gran medida del tipo de secador siendo los más utilizados aquellos donde el aire caliente fluye a través de las capas estacionarias de granos (Vázquez-Chávez, 2008).

Además de la disminución en el contenido de humedad el proceso de secado puede tener otras consecuencias sobre los granos, algunas de ellas deseables como el aumento del peso hectolítrico que se produce en todos los granos, en tanto que otras consecuencias pueden ser negativas como gluten dañado por exceso de temperatura, ya que es de naturaleza proteica y es sensible a las altas temperaturas (Preston, Morgan, Kilborn, & Tipples, 1989).

En la Tabla 4 se puede observar las temperaturas límites a partir de las cuales se producirían daños en el grano los cuales son dependientes del contenido inicial de humedad, a mayor contenido de humedad la temperatura límite es menor. (Vázquez, Vizcarra, Salazar, Castillo, & Guerrero, 2001).

Tabla 4
Máxima temperatura para el secado del trigo

Humedad inicial (%)	Máxima temperatura en el grano (°C)
18	67
20	65
22	63
24	61
26	59
28	57
30	55

Fuente: (Vázquez, Vizcarra, Salazar, Castillo, & Guerrero, 2001). Effect of heat treatment on the industrial quality of two varieties of Mexican wheat.



El contenido de humedad es el principal factor que se debe controlar para mantener la calidad del grano (Hernández, 2006). La calidad final del grano puede verse afectada por múltiples parámetros del proceso: temperatura excesiva del grano dentro de la secadora, tiempo de exposición demasiado prolongado a la alta temperatura, elevada tasa de secado y/o elevada tasa de enfriamiento.

2.1.7.3. Almacenamiento.

El almacenamiento de los granos se realiza con el fin de preservar las cualidades del grano a través del tiempo, manteniendo su valor nutricional, funcionalidad tecnológica, y valor sanitario al nivel más alto posible (Hernández, 2006).

El grano de trigo debe ser almacenado en un lugar seco, libre de humedad, con buena ventilación y libre de roedores. Los sacos no deben estar en contacto directo con el suelo o junto a las paredes, ya que el grano puede absorber humedad (INIAP, 2011)

El objetivo principal del almacenamiento es reducir el contenido de humedad del grano, ya que el agua interviene en la mayoría de los procesos relacionados al deterioro del mismo. Existen varios métodos de almacenamiento con variable contenido óptimo de humedad de grano (13% y 18 %), pero la utilización de los mismos es diferencial según el destino final del grano sea para panadería, cervecería, semilla o alimentación de animales (Medina & José, 2016).

El contenido de humedad recomendado para el almacenamiento seguro del grano de trigo según PUZZI, D. 1986, es de 13%.

2.1.7.3 Transporte

El grano es transportado desde el campo de labor hasta el silo situado en la propia granja, para posterior llevarlo a un depósito local, desde el cual es a su vez distribuido a las industrias transformadoras. Este transporte se realiza mediante contenedores que pueden ser transportados por camiones (10 - 50 toneladas), trenes (100 toneladas) o barcos (transporte fluvial o marítimo) (Ribot, Silva, & Acevedo, 2012).

2.2 Procesamiento de las harinas

La molienda del trigo consiste en la trituración del grano con objeto de obtener un tamaño de partícula más apto para las distintas aplicaciones industriales y culinarias. La



calidad molinera del trigo se mide por el rendimiento y la pureza de la harina. Para obtener una harina de calidad es necesario someter al grano de trigo a varias operaciones como lo es la limpieza, el acondicionamiento y la molienda del grano de trigo (Hernández, 2006).

El primer paso en el proceso de molturación es una buena selección de la materia prima ya que contiene distintas cantidades de impurezas de diferente tipo y tamaño, como materias vegetales, animales, minerales y otras impurezas que deben ser eliminadas, para lo cual se utiliza una sucesión de máquinas que van eliminando las distintas impurezas (Olivo, 2015).

Una vez acondicionado el trigo pasa a la fase de trituración y compresión. En la fase de trituración el trigo pasa a través rodillos en el cual la velocidad del cilindro superior es 2.5 mayor que la del cilindro inferior. Tras cada paso por los rodillos se obtienen diferentes fracciones:

- Las fracciones más gruesas (salvado con endospermo adherido) se dirigirán hacia el siguiente triturador de rodillos estriados.
- Las fracciones intermedias (sémolas) se dirigirán hacia los molinos de compresión para reducir el tamaño de partícula.
- Las fracciones que tengan la finura de la harina se dirigirán al silo de producto final correspondiente.

Después de la fase de trituración también se obtiene una fracción compuesta por salvado y sémolas que se clasifican de acuerdo a su grosor. Este salvado puede llevar algo de endospermo adherido ya que su separación no sería rentable y afectaría a la calidad final de la harina. Las sémolas obtenidas en la fase de trituración pasan a la fase de reducción que busca romper las partículas y reducir su tamaño (Hernández, 2006).

2.2.1 Tratamiento de la harina

Después de la molienda, la harina tiene un pigmento amarillo compuesto por un 95% de Xantofila o de sus ésteres, sin interés nutritivo, por lo que el tratamiento más habitual que se lleva a cabo es el blanqueamiento de la harina. Este procedimiento, suele hacerse mediante peróxidos, gases o cloro y consiste en la decoloración de los pigmentos naturales de la harina.

- Peróxido de Nitrógeno (NO₂)
- Cloro gaseoso: máximo 100mg/kg, solo en harinas destinadas para repostería.



- Tricloro de Nitrógeno: NCl_3 : Ha sido suspendido debido a que reacciona con aminoácidos azufrados como la metionina de la proteína del trigo para formar un compuesto tóxico: metionina sulfoximina
- Dióxido de cloro (ClO_2): se utiliza como blanqueador y madurador de harina, máximo 30mg/kg
- Peróxido de Benzoilo: $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}$, no influye en la panificación, la dosis máxima de uso es 75mg/kg (NTE INEN - CODEX 192, 2016).

Posteriormente la harina se almacena y empieza la etapa de maduración. Este proceso puede acelerarse con agentes oxidantes y su finalidad es tratar de mejorar la calidad del producto, sobre todo del que va destinado a la panificación.

2.2.2 Composición química de la harina

La Tabla 3 muestra la composición nutricional de la harina de trigo por cada 100 g de producto.

Si se observa que la harina carece de alguna de sus propiedades más importantes, pueden añadirse alfa-amilasas para mejorar el volumen o la rigidez. También es habitual añadir vitaminas del grupo B como la tiamina, la niacina que normalmente suelen perderse durante la molienda, además de, Riboflavina, Hierro, Ácido Fólico (Hernández, 2006).

2.2.3 Clasificación de la harina

Varias clasificaciones han sido usadas en el pasado para la harina, basado en características físicas, agronómicas y el uso final. La clasificación común general, usa tres categorías basadas en la dureza física del grano (Hui, 2008), como se describe a continuación.

2.2.3.1 Según la dureza del grano:

- **Harina fuerte:** harina que proviene de trigos duros, se caracteriza por tener un alto contenido de gluten, cuyo resultado es la formación de masas consistentes y elásticas.
- **Harina floja:** el contenido de gluten es menor que la harina fuerte por lo que la hace menos compacta.
- **Harina de media fuerza:** Es una mezcla tanto de la harina fuerte y harina floja en concentraciones iguales.



Además de esta clasificación general existen otros tipos de clasificación como los que se describen a continuación (Hui, 2008)

2.2.3.2 Según la tasa de extracción:

- **Harina blanca:** la tasa de extracción corresponde al 60 – 70%.
- **Harina integral:** Tasa de extracción es de más del 85%.
- **Sémola:** La tasa de extracción es alrededor del 100%.

2.2.3.3 Según su composición:

- **Harinas ½ 0, 0, y 00:** Son las menos refinadas, se obtienen de la porción del endospermo más cercano a la cáscara (salvado). Se utilizan para galletas o balanceados.
- **Harina 000:** Son las más corrientes, las que se obtienen al moler el trigo, separando sólo el salvado y el germen, tiene la mejor calidad panadera, se utiliza en la preparación de panes. Presenta gran concentración de proteínas que posibilita la formación de gluten y se consigue un buen leudado sin que las piezas pierdan su forma. Se la conoce también como harina de fuerza.
- **Harina 0000:** Harina con bajo contenido de proteína y cenizas. Es la harina más refinada, contiene mucho gluten. Se obtiene del centro del endospermo y tiene la mejor calidad pastelera, es más refinada y más blanca. Tienen poca capacidad de retención de líquidos.

2.3 Trigo a nivel mundial.

El trigo es el cultivo más ampliamente cultivado en el mundo y proporciona el 20% de la proteína diaria y de las calorías de los alimentos para la población. Es el segundo cultivo alimentario más importante en el mundo en desarrollo después del arroz. En los últimos años, los niveles de producción de trigo no han satisfecho la demanda. Con una población mundial pronosticada de 9 billones en 2050, se espera que la demanda de trigo aumente en un 60% (CEPAL, FAO, & IICA, 2015). Para satisfacer esta demanda, los aumentos anuales del rendimiento del trigo deben aumentar desde el nivel actual de menos del 1% hasta al menos el 1,6%. Todos los países comparten la necesidad de aumentar la producción de trigo, la



tolerancia a los estreses abióticos, los patógenos y las plagas, así como a mejorar la eficiencia en el uso de insumos para una producción de trigo más sostenible (Zalme & Gabriela, 2015).

Pocos son los países productores de trigo, en el periodo 2013 - 2015, cuatro países representaron más de 90% de la producción de trigo, con más de 70% proveniente de Etiopía. Además, que otros países expanden su producción como Sudáfrica, Sudán y Kenia. El crecimiento en la producción es resultado de la expansión de rendimiento y superficie, a excepción de Sudáfrica, donde se prevé que la reducción de la superficie disminuya marginalmente (OCDE/FAO, 2016). Casi todo el descenso de la producción mundial de cereales, en comparación con el año 2016 se debe a la caída prevista de la producción de trigo, una disminución del 2,7% o 20,3 millones de toneladas. Las reducciones de la producción previstas en Australia, Canadá y Estados Unidos de América, se debe principalmente a reducciones de las plantaciones inducidas por los precios (Holguín & Alvarado, 2017).

En Asia, el trigo, el arroz y el maíz son los principales granos alimenticios que aportan más del 90 por ciento del total de granos alimenticios (Bala, Haque, Hossain, & Majumdar, 2010). La producción muestra que un 42% del trigo en 1997 se produjeron en Asia, seguidos por el 31 por ciento en Europa y 16 por ciento en América del Norte Central (NC América).

La India, actualmente el tercer mayor productor de trigo del mundo, configura el desarrollo de este cultivo en la región. Ni en India ni en ningún otro país de la región, los agricultores tienen los incentivos suficientes para ampliar su superficie cultivada a trigo; toda la producción adicional se debe a mejoras en los rendimientos esperados (OCDE/FAO, 2016).

América del Sur es una de las pocas regiones del planeta que aún posee tierras para cultivo, y de buena calidad; por eso, se destaca como una de las fuentes de producción de alimentos del globo terrestre. Es considerada, como el lugar que será responsable por la alimentación de la humanidad en este nuevo siglo (Barros, 2005). A pesar de esto los países que conforman América del Sur presentan una producción de trigo bastante baja, razón por la que se ven obligados a importarlo de los países andinos que son los que se destacan en la producción de este cereal. Argentina es el país donde existe mayor producción de trigo por sus características climáticas favorables que oscilan entre 10°C – 25°C (Peñaherrera, 2011). Mientras que Ecuador se encuentra dentro de los países que poseen los valores más bajos de producción. Brasil, es el país de mayor producción agrícola de América del Sur, con más de



50 millones de hectáreas cultivadas, enfatiza la soja, el maíz, el poroto, el arroz, el trigo, con una demanda efectiva de más de 1,6 millones de toneladas

Por otra parte, en América del Norte la producción es alta, así Estados Unidos y Canadá son los países que poseen una producción bastante grande; ya que se consideran países altamente desarrollados tecnológicamente, por lo que la producción se caracteriza no solo por ser muy extensiva sino intensiva; dicha producción que supera los 60 millones de toneladas (Miralles & González, 2008).

África del Norte y Oriente Medio el trigo es el cultivo predominante al representar casi 60% de la superficie cosechada. En países como Irán y Marruecos, las autoridades locales se esfuerzan por aumentar la autosuficiencia mediante diversas políticas destinadas a impulsar la producción del trigo. El progreso tiene un costo, pues los recursos limitados tienen que racionarse y las ganancias en la producción de trigo implican un estancamiento de la producción de otros cereales, como maíz y otros cereales secundarios (OCDE/FAO, 2016).

En la Figura 2 se muestra los principales países productores de Trigo durante el año 2017. Siendo Unión Europea con 151,6 M tn., en país que lidera el ranking, seguida de China con 130 M tn. y de India con 98,3 M tn. Al analizar el comercio internacional, las exportaciones globales disminuyeron un 1% al pasar de 183,2 a 181,7 M tn. Rusia con 36M tn. mantiene el liderato del mercado mundial por segundo año consecutivo.

Los países exportadores tradicionales son Rusia, Argentina, Australia, Canadá y la Unión Europea (Bala, Haque, Hossain, & Majumdar, 2010). La Figura 3 muestra los principales países exportadores, siendo Rusia con 36 M tn. quien mantiene el liderato del mercado mundial.

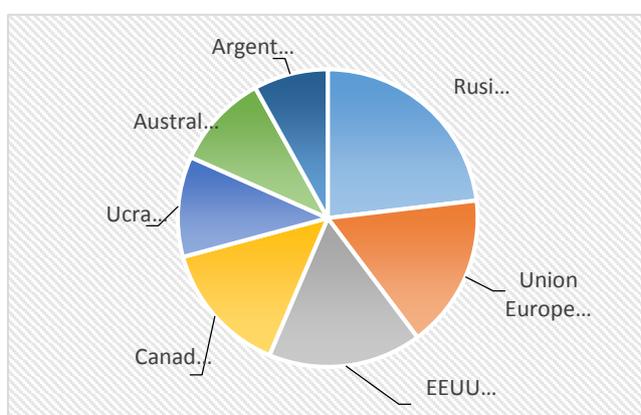


Figura 2. Principales Países productores de Trigo (M tn.), 2017

Fuente: Mercado del Trigo 2017. (Dirección de Estudios Económicos, 2018)

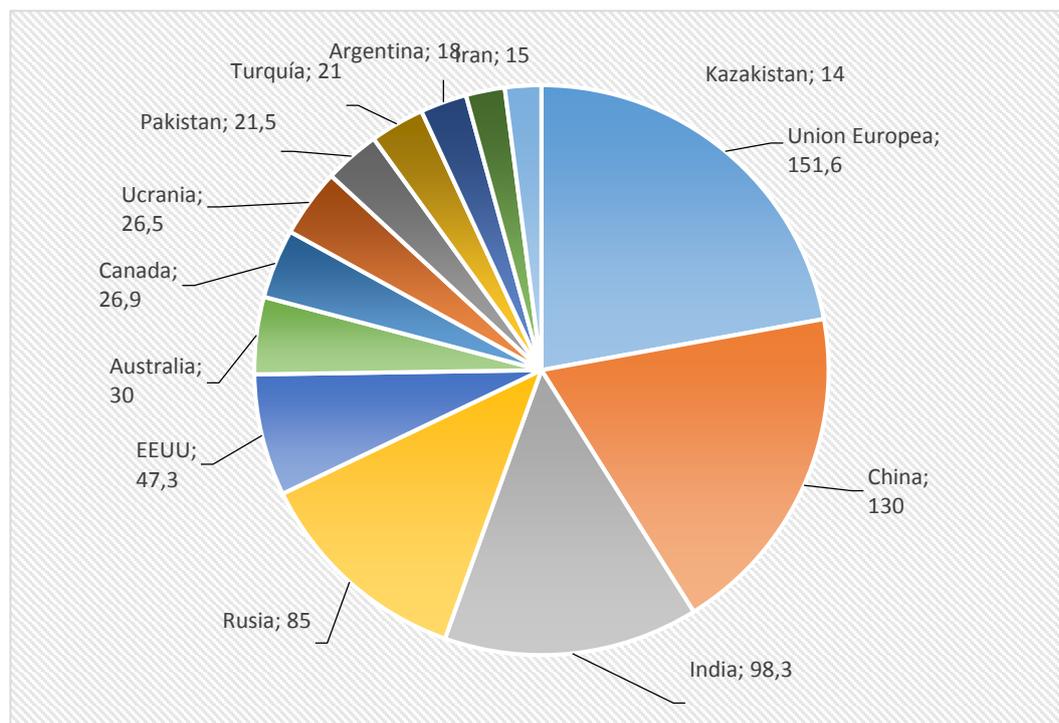


Figura 3. Principales Países exportadores de Trigo (M tn), 2017
Fuente: Mercado del Trigo 2017. (Dirección de Estudios Económicos, 2018)

2.4 Producción de Trigo en Ecuador

El trigo (*Triticum vulgare* L.) junto con el arroz y la cebada, es el cereal de mayor importancia en Ecuador. Sin embargo, la producción de trigo ha disminuido de manera importante en los últimos 10 años. Además, el Ecuador registra la productividad más baja de Latinoamérica con 0.6 TM/ha; mientras que, el rendimiento promedio mundial es superior a 1.3 TM/ha (INEC-MAG-SICA, 2002).

Ecuador, con una posición geográfica y un clima privilegiado, que dispone de varias cuencas hidrográficas, de suelos aptos para la agricultura y con un potencial humano enorme para trabajar la tierra, no ha sabido aprovechar estas ventajas para hacer de la agricultura una actividad generadora de riqueza y de plaza de trabajo para millones de personas (Holguín & Alvarado, 2017). Ecuador importa alrededor del 98% de los requerimientos internos de trigo y únicamente el 2% es producido a nivel local (Banco Central del Ecuador, 2014), lo que lo convierte en un país totalmente dependiente de las importaciones. A pesar de esto, diversas organizaciones como el MAGAP y el INIAP están impulsando el cultivo de trigo en el Ecuador, impulsando distintas maneras de producción como la producción de semillas con énfasis en la generación de variedades mejoradas y la recuperación de terrenos baldíos con la siembra y cosecha de este producto (INIAP, 2014).



De acuerdo a FAO (2003), la demanda mundial de trigo está creciendo y, se ha proyectado que para el año 2020, el requerimiento mundial de trigo pasará de 600 millones de TM que son producidas en la actualidad (2008) a 840 – 1 000 millones de TM.

En Ecuador en los últimos diez años las importaciones de trigo han crecido en un 32,29% pasando de 414.106 TM en el 2000 a 611.548 TM en el 2010. La demanda de trigo en el Ecuador, principalmente lo constituyen las industrias procesadoras de alimentos (panificadoras y molineras), colocándonos a ser un país totalmente dependiente de países desarrollados. El país desde donde se importa la mayor cantidad de trigo es Estados Unidos, aproximadamente el 51% del total de importado. El segundo país abastecedor de trigo es Canadá, aproximadamente el 27% del total importado. El porcentaje restante proviene de otros países como son Argentina, México, Perú, etc, (Zalme & Gabriela, 2015).

Con estos antecedentes Ecuador implementó programas de subsidio del trigo para importarlo, por lo que el costo de importación fue menor al costo de producción, forzando a los productores ecuatorianos a abandonar su cultivo y reemplazarlo por otros rubros agrícolas más rentables (INIAP, 2005).

Actualmente las provincias de Ecuador con mayor producción de trigo son: Bolívar con 4500 has, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Carchi. Al producir el 2 % de trigo esto representa 9000 TM, las cuales no abastecen a los mercados internos a nivel nacional, mientras que su demanda se incrementa entre el 2 y 3 % cada año (Holguín & Alvarado, 2017).

Las empresas dedicadas a la industrialización del trigo son las siguientes: Molinera Miraflores de Ambato, que tiene capacidad para producir 60 toneladas por día; Molinos San Luis de Carchi, que produce 8000 toneladas, de las 624.000 que se importan, produciendo de 10.000 a 12.000 sacos de harina, y abastece a los mercados de Chimborazo, Carchi, Pichincha, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua. También está Molinos E. Industrias de Quito, Industrial Molinera C.A. de Guayaquil, Industria Harinera S.A. de Santa Lucía, Molino de harina de trigo en Riobamba, 11 Molinera Manta, Industria Catedral S.A., Import-Export Castro, Agroange y Disprac: Distribuidora de productos de trigo (Holguín & Alvarado, 2017).

A continuación, la Tabla 5, presenta las toneladas métricas de exportación e importación de trigo en Ecuador, notándose claramente que sólo hasta el año 2004 se realizaron



exportaciones. El año con mayor importación es el 2016, y el de menor valor de las importaciones el 2002 (MAGAP, 2016).

Tabla 5

Exportación e Importación del trigo en Ecuador 2000-2016. Toneladas métricas.

Año	Exportación	Importación
2000	388	414.105
2001	5	492.083
2002	374	371.752
2003	608	414.576
2004	1163	416.830
2005	0	466.729
2006	2	553.991
2007	0	467.616
2008	0	441.518
2009	1	489.478
2010	0	611.548
2011	0	565.523
2012	0	565.268
2013	0	591.315
2014	0	798.631
2015	0	908.201
2016	0	936.338

Fuente: Ministerio de Agricultura y ganadería, Coordinación general del sistema de información Nacional, Comercio Exterior, Sinagap, 2016.

2.5 Contaminación del trigo por metales pesados

Los metales pesados son sustancias consideradas no degradables, por lo que se catalogan como contaminantes estables y persistentes en el medio ambiente, ocasionando alteraciones en los diferentes ecosistemas y reduciendo la calidad de vida de los seres vivos (Siebe, 1994).

La acumulación de arsénico en granos de trigo es de vital importancia ya que estudios recientes se han centrado en el arroz, mientras que hay poca información disponible sobre la acumulación, distribución y especiación en el trigo, que es el segundo cereal más importante. Es por esto que, en Europa, analizaron muestras de grano de 26 cultivares de trigo cultivados en cinco ensayos de campo situados en regiones agrícolas. El grano de cuatro ensayos contenía concentraciones bajas de As totales ($7,7 \pm 5,4 \mu\text{g kg}^{-1}$), lo que refleja bajos niveles de As en los suelos ($1,3\text{-}11 \text{ mg kg}^{-1}$). Por el contrario, en uno de los sitios de ensayo, el nivel de



As en el suelo era mayor (29 mg kg^{-1}) por lo que concentraciones mucho más altas ($69 \pm 17 \text{ } \mu\text{g kg}^{-1}$) estaban presentes en el grano de trigo (Zhao et al., 2010).

De igual manera D'Amato, et al., investigaron en el 2010 la extracción de arsénico en alimentos a base de trigo (grano entero, harina, Pan y pasta), donde se encontró que el 95% de As estaba presente en forma Inorgánica en las muestras. El trigo parece ser el principal contribuyente a la ingesta de arsénico inorgánico en países donde la dieta no se basa únicamente en el arroz. Así mismo Bhattacharya et al., 2010; investigaron la presencia de arsénico en arroz, trigo y algunos vegetales (coliflor, rábano), donde mostraron valores de arsénico en estos tres alimentos que sobrepasan los niveles permitidos, en el trigo se encontraron un contenido medio de arsénico de $0,126 \text{ mg kg}^{-1}$.

2.5.1 Arsénico

Elemento químico, cuyo símbolo es As y su número atómico es 33. El arsénico se encuentra distribuido ampliamente en la naturaleza (cerca de $5 \times 10^{-4} \%$ de la corteza terrestre). El peso atómico es de 74.922, el punto de fusión es de $614,85 \text{ } ^\circ\text{C}$, punto de ebullición $817,85 \text{ } ^\circ\text{C}$. Es clasificado químicamente como un metaloide con propiedades tanto de metal como de elemento no metálico (ATSDR, 2007).

2.5.1.1 Fuentes de exposición

El arsénico es un elemento natural que se encuentra en la corteza terrestre, está presente tanto en el aire, agua y tierra. La exposición a altos niveles de arsénico inorgánico puede deberse a diversas causas, como el consumo de agua contaminada o su uso para la preparación de comidas, para el riego de cultivos alimentarios y para procesos industriales, así como al consumo de tabaco y de alimentos contaminados (OMS, s. f. b).

El arsénico se puede encontrar en aguas subterráneas y en agua superficiales. No obstante, es más frecuente en aguas subterráneas, porque el mineral que se encuentra en el subsuelo, al estar tanto tiempo en contacto con el agua, termina por disolverse. Este proceso de disolución, por ser largo, produce altas concentraciones de este metaloide en el agua (Saa, 2009) (Carabantes & Fernicola, 2003).

El arsénico se utiliza como agente de aleación de cobre y plomo para su uso en baterías de coche, en otros casos para el procesamiento de vidrio para eliminar el color verde que producen las impurezas compuestas de vidrio, pigmentos, textiles, papel, adhesivos



metálicos, protectores de la madera debido a su toxicidad para los insectos, bacterias y hongos. El arsénico se emplea en la fabricación de plaguicidas, pesticidas, herbicidas y aditivos para piensos y productos farmacéuticos. (OMS, s. f. b). La utilización de plaguicidas arsenicales ha sido considerada como la fuente principal de contaminación ambiental en las últimas décadas. Las plantas absorben Arsénico bastante fácil, así que altas concentraciones pueden estar presentes en la comida (Metales pesados y Arsénico, s. f.).

La Figura 4 muestra el Esquema del ciclo biogeoquímico del arsénico propuesto por Frost y Mckensie.

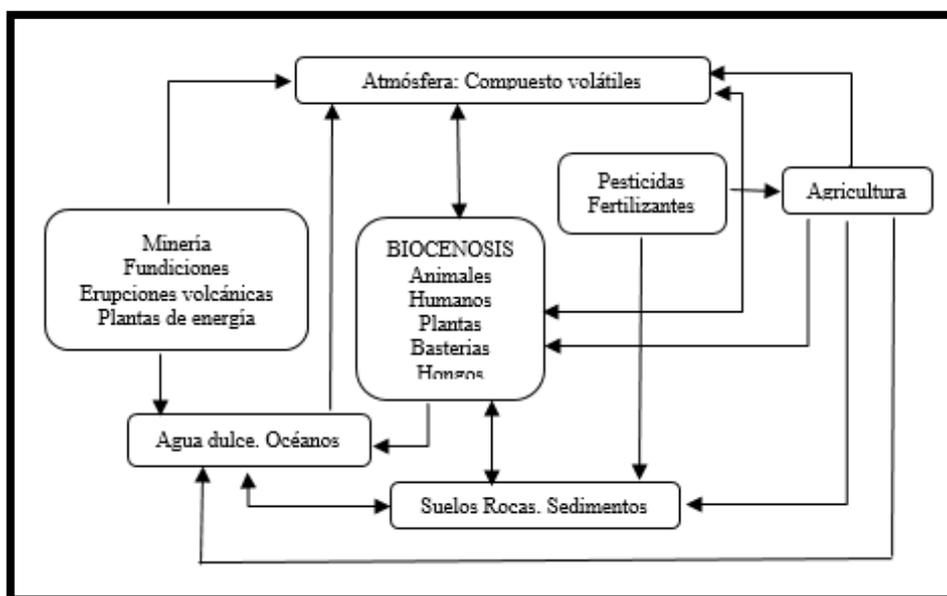


Figura 4. Esquema del ciclo biogeoquímico del arsénico

Fuente: (Ramírez, 2013). Exposición ocupacional y ambiental al arsénico. Actualización bibliográfica para investigación científica.

2.5.1.2 Toxicocinética del arsénico

Absorción: El arsénico y sus compuestos se introducen al organismo principalmente por:

- Inhalación es la vía de ingreso más importante, aunque su absorción está condicionada por el tamaño de las partículas, por su solubilidad y por la forma química del compuesto. Las partículas grandes se depositan en el tracto respiratorio superior para desde allí pueden ser removidas por las vibrisas o por el moco hacia el exterior o al tubo digestivo (Ramírez, 2013). Las partículas menores a 7 μ m en el pulmón se absorben en una proporción de un 75 – 85 % de lo inhalado.



- Ingestión, en donde el sistema gastrointestinal absorbe en promedio el 80% del arsénico; esta cantidad es variable según algunas características del compuesto y del individuo.
- Absorción a través de la piel, los arseniales húmedos se absorben bien, mientras que los arseniales secos solo se absorben un 2% (Ramírez, 2013).

Distribución: El arsénico una vez absorbido se distribuye a través de la sangre por todo el cuerpo (Galvao & Corey, 1987). Su posdistribución dentro de las 24 horas lo lleva al hígado, pulmón, riñón y bazo donde se acumula. Una pequeña cantidad atraviesa las barreras hematoencefálicas y placentarias. Dentro de las siguientes 30 horas se deposita en el cabello y uñas (Ramírez, 2013).

Metabolismo: Una vez que el arsénico se distribuye por el torrente sanguíneo se incorpora en los glóbulos blancos, glóbulos rojos, y otras células que reducen el arsenato (As^{5+}) a arsenito (As^{3+}) para posteriormente ser metilado en el hígado dando metabolitos que pueden ser excretados con mayor facilidad (Giaverini, 2015).

Excreción: La vía principal de eliminación es la urinaria, sin embargo, la mayoría de los tejidos desecha el arsénico, excepto la piel, el pelo y las uñas. La vida media del arsénico inorgánico en el organismo es de 10 horas y la de compuestos metilados es de 30 horas; sin embargo, se puede detectar concentraciones bajas en orina hasta 10 días después de la exposición (Giaverini, 2015).

2.5.1.3 Toxicodinamia y Toxicidad del arsénico

El As^{3+} se une a los grupos sulfhidrilo (SH), condicionándolo a que sufra las reacciones bioquímicas solamente en presencia de agua. Es así que el As^{3+} inhibe al piruvato deshidrogenasa, entre otras enzimas, por lo que produce un déficit de acetilcoenzima A; llevando a la inhibición de la gluconeogénesis y aumento de la glucogenólisis, por lo que disminuyen los hidratos de carbono. Por otra parte, el As^{5+} sustituye al fosfato, lo que inhibe la glucogenólisis y desacopla la fosforilación oxidativa. (Rodríguez, 2000).

El arsénico es un contaminante fruto de la actividad humana que forma parte del medio ambiente y que tiene capacidad para entrar en la cadena alimentaria (Alloway, 2012). Los principales alimentos afectados, y considerados como las vías transcendentales de exposición de los consumidores, son productos elaborados a base de cereales como el trigo y arroz (Zhang, Liu, Tian, & He, 2009).



El arsénico es un elemento químico natural, que para el ser humano puede ser tóxico o no dependiendo de la dosis y su origen. En las plantas de trigo, el arsénico se combina con oxígeno y azufre (elemento importante para la formación de la planta) formando compuestos inorgánicos de arsénico, considerados tóxicos (Man Mohan, Diaz de Ackermann, & Castro, 2003).

La absorción de arsénico por la planta de trigo es generalmente el primer paso de su entrada a la cadena alimentaria. La absorción y posterior acumulación dependen del ingreso del arsénico desde el suelo a la raíz de la planta, el paso del arsénico por las membranas de las células corticales de la raíz, el transporte de este desde las células corticales al xilema desde donde el arsénico se transporta de la raíz a los tallos y la posible movilización del arsénico desde las hojas hacia el tejido de almacenamiento usados como alimento, en este caso los granos de trigo (Peñaherrera, 2011)

Según la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC), el arsénico corresponde a la categoría de "cancerígeno para los seres humanos" (Grupo 1). Los efectos suelen aparecer a largo plazo en forma de distintos tipos de cáncer, trastornos neurológicos, problemas cardiovasculares, endocrinos y renales. El arsénico inorgánico no cambia las características organolépticas del alimento, de ahí que la contaminación no se percibe al consumirlo (Cahavarrías, 2014).

2.6 Valores referenciales

Los límites máximos establecidos por el Codex Alimentarius, para el Arsénico es de 0.2 mg/Kg. Mientras que la EFSA dice que la ingesta semanal tolerable provisional de 15 ug/kg por peso corporal establecido por el Comité Mixto FAO / OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA), lo que se traduce en una ingesta diaria admisible (IDA) de 2.14×10^{-3} mg/Kg, ya no es apropiado ya que los datos han demostrado que el arsénico inorgánico causa cáncer de pulmón y vejiga urinaria además de la piel y que se ha reportado una serie de efectos adversos en exposiciones menores que las revisadas por el JECFA, pero hasta la fecha no se ha establecido una ingesta semanal tolerable por lo que se utilizará ese valor (EFSA, 2009).



2.7 Evaluación de riesgo toxicológico

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) considera el riesgo como: la posibilidad de efectos nocivos para la salud humana o para los sistemas ecológicos (EPA, 2013).

Para la EPA (1991) el riesgo en términos generales depende principalmente 3 factores:

- La cantidad de una sustancia química presente en el medio ambiente (suelo, agua, aire, etc.)
- La exposición que tiene una persona o receptor ecológico con el medio ambiente contaminado
- La toxicidad inherente del químico.

Por otra parte, la evaluación de riesgos es el proceso mediante el cual se hacen juicios científicos sobre el potencial de toxicidad en humanos. El Consejo Nacional de Investigación (1983), NRC por sus siglas en inglés, ha definido que la evaluación de riesgos incluye los siguientes componentes: identificación de peligros, evaluación de dosis-respuesta, evaluación de exposición y caracterización de riesgos (EPA, 1991).

Por lo general, la identificación de peligros para efectos no cancerígenos se suele realizar junto con la evaluación de la relación dosis-respuesta, ya que la determinación de un peligro a menudo depende de si existe una relación dosis-respuesta. Una ventaja de este enfoque es que refleja el riesgo dentro del contexto de la dosis, la ruta, la duración y el momento de la exposición, los cuales son importantes para comparar la información de toxicidad disponible para posibles escenarios de exposición humana (EPA, 1991).

Una declaración del potencial para el riesgo humano y las consecuencias de la exposición puede provenir solo de la integración de la identificación del peligro y la evaluación de la relación dosis-respuesta con las estimaciones de exposición humana en la caracterización del riesgo final (EPA, 1991).

2.7.1 Identificación del peligro y Evaluación Dosis – Respuesta

La identificación de peligros y la evaluación de dosis-respuesta involucra examinar todos los datos disponibles en humanos y en animales de experimentación, las dosis, rutas, tiempos asociados y la duración de exposiciones, para determinar si un agente causa toxicidad en una población y bajo qué condiciones de exposición. El nivel de efecto adverso no observado (NOAEL) y/o el nivel de efecto adverso observado más bajo (LOAEL) se determinan para cada estudio y tipo de efecto (EPA, 1991).



La dosis de referencia (DRf) proporciona una indicación del riesgo asociado con las exposiciones cerca del NOAEL, teniendo en cuenta la variabilidad en los datos y la pendiente de la curva dosis-respuesta (EPA, 1991).

2.7.2 Evaluación de la exposición

El NRC (1983), describió la evaluación de la exposición como una de las cuatro áreas principales de la evaluación de riesgos. El objetivo principal de una evaluación de la exposición en esta aplicación es a menudo estimar la dosis, que se combina con datos de dosis-respuesta específicos del tóxico (generalmente de estudios en animales) para estimar el riesgo. Dependiendo del propósito de la evaluación de riesgos, la evaluación de la exposición deberá enfatizar ciertas áreas además de la cuantificación de la exposición y la dosis (EPA, 1992).

La evaluación de la exposición identifica las poblaciones humanas expuestas o potencialmente expuestas a un agente, describe su composición y tamaño, y presenta los tipos, magnitudes, frecuencias y duraciones de exposición al agente. Además de proporcionar una estimación de los niveles de exposición humana para poblaciones particulares de todas las fuentes potenciales (EPA, 1992).

2.7.3 Caracterización del riesgo

La caracterización del riesgo es la culminación del proceso de evaluación del riesgo. El cual se resume en los siguientes pasos:

- Integra las caracterizaciones individuales de la identificación de peligros, la respuesta a la dosis y las evaluaciones de exposición;
- Proporciona una evaluación general de la calidad de la evaluación y el grado de confianza de los autores en las estimaciones de riesgo y las conclusiones extraídas;
- Describe los riesgos para las personas y las poblaciones en términos de extensión y gravedad del daño probable; y
- Comunica los resultados de la evaluación de riesgos al gerente de riesgos (EPA, 1992).

En otras palabras, la caracterización del riesgo, la identificación del peligro, la evaluación de la respuesta a la dosis y la evaluación de la exposición para determinadas



poblaciones se combinan para estimar alguna medida del riesgo toxicológico. El NOAEL se puede comparar con las diversas estimaciones de la exposición humana para calcular los márgenes de exposición (MOE) (EPA, 1991).

2.7.3.1 Caracterización del riesgo para efectos carcinogénicos

A continuación, se detallan algunos conceptos dados por la EPA (2005) para abordar este tema:

Punto de partida (POD): Para cada respuesta tumoral, se debe estimar un punto de partida (POD) a partir de los datos observados para marcar el comienzo de la extrapolación a dosis más bajas tales como el NOAEL, LOAEL, etc. El POD es una dosis estimada cerca del extremo inferior del rango observado sin una importante extrapolación a dosis más bajas. Por extrapolación lineal, el POD se usa para calcular un factor de pendiente (FP), y por extrapolación no lineal, el POD se utiliza en el cálculo de DRf o de concentración (CRf). En una caracterización de riesgo, el POD es parte de la determinación de un margen de exposición. Con los ajustes apropiados, también se puede usar como la base para el ranking de peligros que compara diferentes agentes o efectos sobre la salud.

Extrapolación lineal: La extrapolación lineal se debe usar cuando hay datos de MOA para indicar que se espera que la curva de dosis - respuesta tenga un componente lineal debajo del POD. Los agentes que generalmente se consideran lineales en esta región incluyen:

- Agentes que son reactivos al ADN y tienen actividad mutagénica directa, o
- Agentes para los cuales la exposición humana o las cargas corporales son altas y cerca de las dosis asociados con eventos precursores clave en el proceso carcinogénico, de modo que las exposiciones históricas a este y otros agentes que actúan a través de un modo de acción común se encuentran en la porción creciente, aproximadamente lineal, de la curva dosis-respuesta. La pendiente de esta línea, conocida como factor de pendiente, es una estimación de límite superior de riesgo por incremento de dosis que puede utilizarse para estimar las probabilidades de riesgo para diferentes niveles de exposición.

Cuando el peso de la evaluación de la evidencia de todos los datos disponibles es insuficiente para establecer el modo de acción para un sitio tumoral y cuando es científicamente plausible sobre la base de los datos disponibles, se utiliza la extrapolación lineal como enfoque predeterminado, porque la extrapolación lineal generalmente se



considera enfoque de protección de la salud. En general, los enfoques no lineales no deberían utilizarse en los casos en que no se haya determinado el modo de acción.

Extrapolación no lineal: Se debe seleccionar un enfoque no lineal cuando hay datos suficientes para determinar el modo de acción y concluir que no es lineal en dosis bajas y que el agente no demuestra actividad mutagénica u otra actividad consistente con la linealidad a dosis bajas. Es importante prestar especial atención cuando los datos respaldan un modo de acción no lineal, pero también hay una sugerencia de mutagenicidad.

Dependiendo de la fuerza de la sugerencia de mutagenicidad, la evaluación puede justificar la conclusión de que la mutagenicidad no actúa a dosis bajas y centrarse en un enfoque no lineal, o alternativamente, la evaluación puede utilizar enfoques tanto lineales como no lineales.

Con los anteriores conceptos se puede realizar la caracterización de riesgos para efectos carcinogénicos:

- Con extrapolaciones lineales, el riesgo por debajo del POD suele ser aproximado multiplicando el factor de pendiente por una estimación de la exposición, es decir, $\text{Riesgo} = \text{Factor de pendiente} \times \text{Exposición}$. Para los niveles de exposición por encima del POD, se usa el modelo de respuesta a la dosis en lugar de esta aproximación.
- Con extrapolaciones no lineales, el método de evaluación de riesgos depende del procedimiento utilizado. Si se ha determinado una función no lineal de respuesta a la dosis, se puede usar con la exposición esperada para estimar un riesgo. Si se calculó una DRf o CRf, el peligro puede expresarse como un cociente de riesgo (HQ), definido como la relación de una estimación de exposición sobre la dosis de referencia (DRf) o la concentración de referencia (CRf), es decir, $\text{HQ} = \text{Exposición} / (\text{DRf} \text{ o } \text{CRf})$. A partir del cociente de riesgo, generalmente se puede inferir si el modo de acción no lineal es relevante al nivel de exposición ambiental en cuestión (EPA, 2005).

Interpretación: Una declaración de una población la cual se cree que están por encima de un cierto nivel de riesgo para efectos carcinógenos, podría ser un nivel de riesgo excesivo tal como 10^{-6} . Por otra parte, para el riesgo de efectos no carcinogénicos, podría ser la porción de la población que exceda la DRf o la CRf, un nivel basado en el efecto como el nivel de efectos adversos más bajo observado (NOAEL, LOAEL, etc) (EPA, 1992)



CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO DE ESTUDIO

Este estudio es de tipo no experimental, descriptivo, de corte transversal, para poder evaluar el riesgo toxicológico al que está expuesta la población que consume harina de trigo en la ciudad de Cuenca.

3.2. VARIABLES E INDICADORES

3.2.1. Variables

3.2.1.1. Variables independientes

Constan como variables independientes, el género, la edad, el peso, así como la cantidad de harina de trigo que consume la población expuesta. Por otra parte, en las muestras de harina de trigo, constan como variables independientes las concentraciones de arsénico en dicho alimento.

3.2.1.2. Variables dependientes

Están como variables dependientes, concentraciones de As por marca comercial, la dosis de exposición, el cociente de peligro, y el riesgo de cáncer, de la población expuesta a las concentraciones de As en la harina de trigo.

3.2.2. Indicadores

Concentraciones de As por debajo o encima del límite máximo establecido en el Codex Alimentarius. Valores de Margen de Exposición por encima o por debajo de 1, Valores de Cocientes de Peligro por encima o debajo de 1. Valores de riesgo de cáncer por encima o debajo de 1×10^{-6} .

3.3. RECOLECCIÓN DE DATOS

Con el fin de conseguir una información relevante que nos ayude en la consecución de los objetivos planteados en la investigación, se aplicara una encuesta que estará encaminada para determinar los lugares de mayor expendio, sea este mercado o supermercado, además para determinar las 3 marcas comerciales de mayor consumo, determinar el tipo de harina de trigo consumida y finalmente la frecuencia y concentración consumida (ANEXO 1).



3.4. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.4.1. Población

La población para la realización de las encuestas, estuvo constituida por los habitantes de la ciudad de Cuenca, que consume harina de trigo en forma de diferentes alimentos (Harina, Pan). Por otra parte, la población para el muestreo de la harina de trigo, fue determinada mediante la encuesta previamente mencionada, en la cual se determinó los puntos de venta de mayor afluencia de la población, así como otros datos importantes que sirvieron para realizar el estudio, entre los que incluyen: la marca, la frecuencia y la cantidad consumida del cereal, Por otro lado, también mediante encuesta ayudó a recolectaron datos de la población como: género, la edad, el peso, la cantidad de consumo de la harina de trigo en forma de harina y pan. (ANEXO 1).

3.4.2. Tamaño de la muestra y muestreo

El número de encuestas necesarias para la determinación del lugar de muestreo de la harina de trigo, se calculó mediante la Ecuación 1, con un 95% de intervalo de confianza y un error del 5%, y dado que no se conoce el valor de p , entonces se asume $p=0,5$, ya que, con dicho valor de p , se determina el número máximo de encuestas necesarias para la determinación de una proporción, cuando el tamaño de la población se considera infinita (Montgomery & Runger, 2011), por lo que, el número de encuestas necesarias fueron de 385.

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2}}{E} \right)^2 p(1 - p) \quad (1)$$

La encuesta fue aleatoria estratificada proporcional, los estratos estuvieron constituidos por las parroquias de la zona urbana de Cuenca (Figura 5), el número de encuestas para cada parroquia, fue calculada mediante el número de habitantes de cada parroquia, los cuales fueron obtenidos mediante la densidad poblacional (Bermeo, 2013), y la superficie de cada parroquia, obtenida mediante la plataforma del Geovisor Municipal de la Alcaldía de Cuenca (GAD Municipal CUENCA, s. f.), como se puede observar en la Tabla 6.

Los puntos en donde se realizaron las encuestas en cada parroquia (Figura 6), fueron creados aleatoriamente mediante el software Arcgis versión 10.5, con la ayuda del mapa cartográfico de la ciudad de Cuenca, obtenido del Geoportal del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, s. f.)

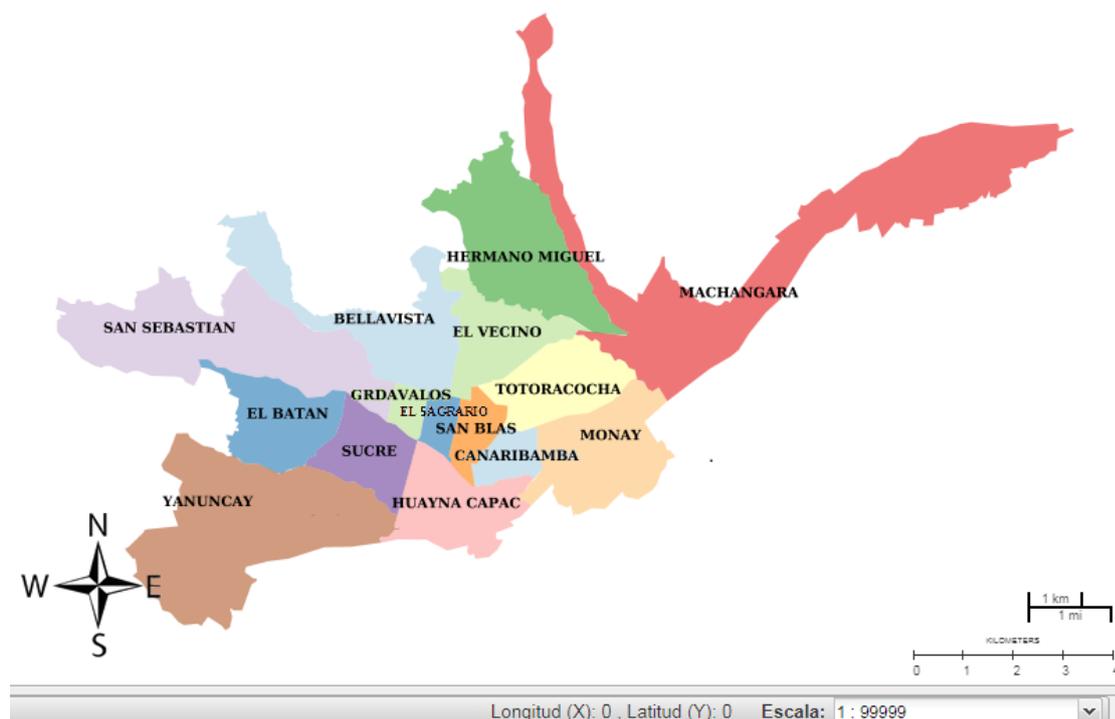


Figura 5. Parroquias urbanas de la ciudad de Cuenca

Fuente: GAD Municipal CUENCA. (s. f.). Geovisor municipal. Recuperado a partir de <http://ide.cuenca.gob.ec/geovisor/map/viewer.seam;jsessionid=Lj+uNej7nDyEOxChOd52F5PE.undefined>

Tabla 6

Número de encuestas por parroquia urbana de Cuenca

Parroquia	Densidad poblacional (hab/Km ²)	Superficie (Km ²)	N	%	n
Bellavista	6512	5,37	34969	11,04	42
Cañaribamba	10241,5	1,15	11778	3,72	14
El Batán	4080,5	3,42	13955	4,40	17
El Sagrario	8482	0,74	6277	1,98	8
El Vecino	8482	3,32	28160	8,89	34
Gil Ramírez Dávalos	10241,5	0,63	6452	2,04	8
Hermano Miguel	2334	6,61	15428	4,87	19
Huayna Cápac	2334	3,76	8776	2,77	11
Machángara	2334	14,68	34263	10,81	42
Monay	4080,5	4,93	20117	6,35	24
San Blas	6512	1,24	8075	2,55	10
San Sebastián	4080,5	9,53	38887	12,27	47
Sucre	6512	2,62	17061	5,38	21
Totoracocha	8482	3,42	29008	9,15	35
Yanuncay	4080,5	10,7	43661	13,78	53
Total		72,12	316867	100,00	385

Fuente: GAD Municipal CUENCA. (s. f.). Geovisor municipal. Recuperado a partir de <http://ide.cuenca.gob.ec/geovisor/map/viewer.seam;jsessionid=Lj+uNej7nDyEOxChOd52F5PE.undefined>; Bermeo, H. (2013). IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES A NIVEL CANTONAL-CUENCA. Recuperado a partir de <http://repositorio.cedia.org.ec/handle/123456789/842>.

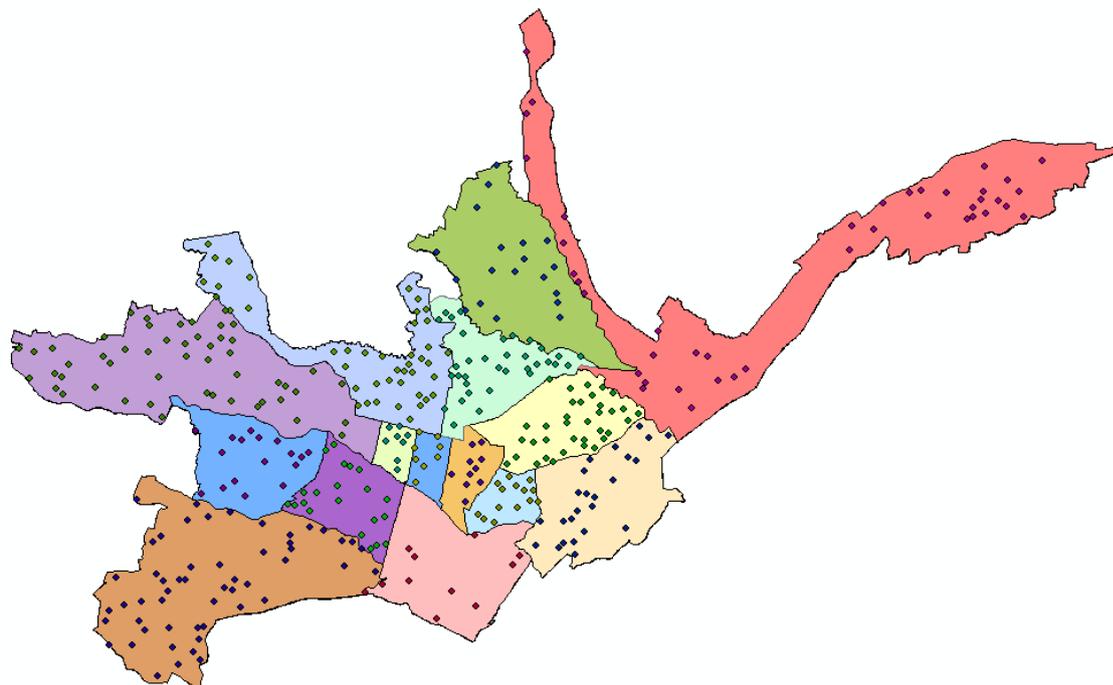


Figura 6. Puntos aleatorios en cada parroquia urbana de la ciudad de Cuenca
Fuente: Software ARCGIS

Por otro lado para establecer el número de muestras necesarias para la determinación de la concentración media del As en las muestras de harina de trigo, se realizó un muestreo piloto con quince muestras, para así estimar la desviación estándar (δ) y mediante la Ecuación 2 obtener n para el cálculo de la media de concentración del As (Montgomery & Runger, 2011).

El muestreo realizado fue de forma aleatoria estratificada de acuerdo al grado de afluencia de público, diez muestras fueron obtenidas de las tres marcas más consumidas por la población, determinados mediante encuesta como se observa en la Tabla 7, y las cinco muestras restantes de la harina de trigo más utilizada por los panaderos para la elaboración de pan, la cual fue la marca comercial “Pan de Oro”, obtenida mediante encuesta a los panaderos de la ciudad de Cuenca como se observa en la Figura 7, gracias a una lista, facilitada por parte del Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO), de las panaderías registradas (ANEXO 2).

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \delta}{E} \right)^2 \tag{2}$$



Tabla 7
Número de muestras de harina de trigo por marca comercial

Marca	Frecuencia	Porcentaje	<i>n</i>
YA	163	56,79	4
Granel	64	22,30	3
Santa Lucia	44	15,33	3
Otras	16	5,57	
Total	287	100	10

Fuente: Encuesta

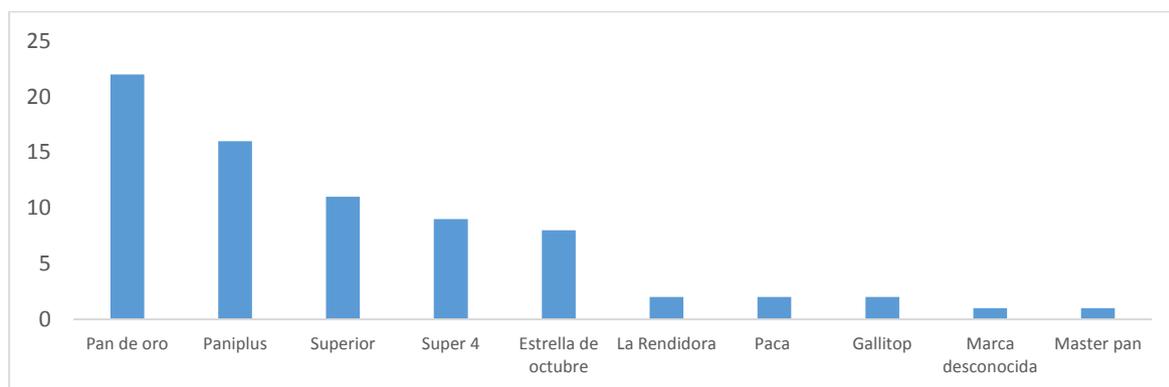


Figura 7. Gráfico de frecuencias de las marcas comerciales usadas por los panaderos cuencanos

Para el cálculo de encuestas necesarias para determinar la proporción de marcas comerciales usadas por los panaderos se utilizó la ecuación 2 y debido a que se trata de una población finita (ANEXO 2), se utilizó el factor de corrección que se muestra en la ecuación 3 (Rose et al., 2015).

$$na = \frac{n}{1 + \frac{(n-1)}{N}} \tag{3}$$

na: tamaño de muestra ajustada

n: tamaño de muestra para población infinita (385)

N: tamaño de la población (91)

El lugar para la recolección de las muestras de harina más consumida por los cuencanos fue determinado mediante la encuesta a la población cuencana, el cual como se



observa en la Figura 8, es en los supermercados “Coral Centro”. Por otra parte el lugar para la toma de muestras de harina de trigo de la marca “Pan de Oro”, fueron seleccionadas al azar, de las panaderías que utilizan esta marca comercial (ANEXO 2).

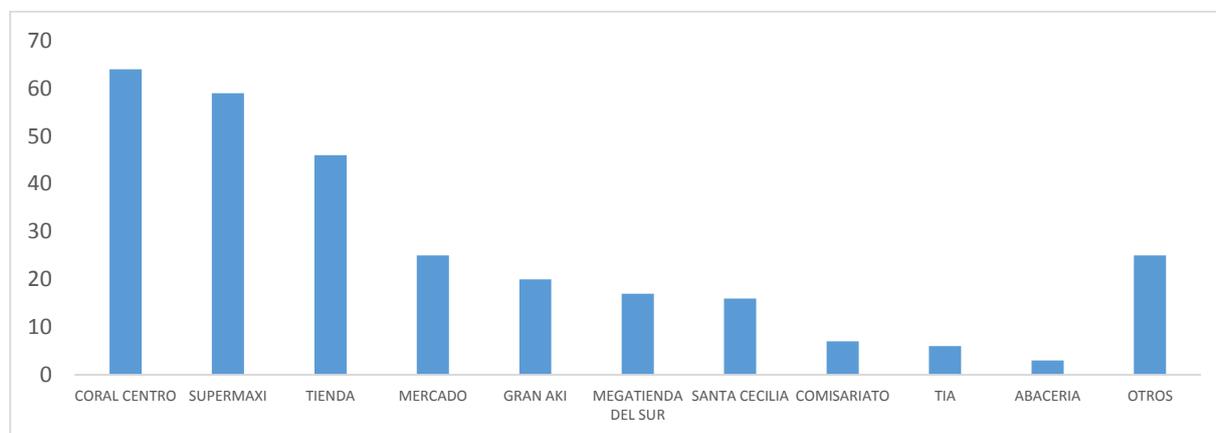


Figura 8. Gráfico de frecuencias de los lugares en donde la población encuestada acude a comprar harina de trigo

3.5. MÉTODOS Y TÉCNICAS

La recolección de las muestras de harina de trigo más consumida por los cuencanos de acuerdo con la Tabla 7, fue tomada de su empaque original, colocado en una funda plástica hermética (Ziploc) para su transporte al laboratorio. Por otra parte, la harina de trigo más utilizada por los panaderos cuencanos, de acuerdo con la Figura 7, fue obtenida a granel, almacenada y transportada en la funda plástica (Ziploc). Para ambos casos la cantidad total, llevada al laboratorio para los respectivos análisis de la concentración de As, fue de aproximadamente 250 g.

3.5.1. Determinación del arsénico

La determinación de arsénico se realizó en el LABORATORIO “MSV” Análisis de Alimentos, Aguas y suelos, ubicado en la ciudad de Cuenca. El método utilizado fue la Espectroscopia de Absorción Atómica por Generación de Hidruros (AOAC 986.15); que es uno de los métodos más ampliamente utilizados para la cuantificación de arsénico.

Este método puede medir a concentraciones desde 0.0002mg/kg de muestra que normalmente no se pueden medir en equipos de absorción atómica. También tiene una alta eliminación de errores, alta frecuencia de muestreo y una alta sensibilidad (Cases & Hens, 1988).



Fundamento: Consiste en una reacción capaz de generar hidrógeno nascente en el seno de la disolución donde se halla el analito (Armienta et al., 2009). Para la generación de los hidruros de Arsénico, se utiliza el HCl, por su facilidad de manejo y la ausencia de reacciones secundarias, y una solución patrón que consiste en disolver el As_2O_3 en Na(OH) al 20% y acidificarlo en HCl.

Digestión:

- a.- Pesar en una proporción de 0.3 gramos de harina de trigo, en un frasco de digestión, y añadir 5mL de ácido nítrico.
- b.- Cerrar el frasco y calentar en un horno a 150°C durante 2 horas.
- c.- Enfriar y transferir a un matraz aforado de 10 ml, diluir al volumen del matraz con agua destilada y homogenizar.
- d.- Transferir la solución de prueba digerida a un balon de ebullición fondo plano de 50 ml y agregar 1 ml de solución de $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$.
- e.- Calentar en una placa caliente, a baja temperatura para secar; aumentar la temperatura hasta aproximadamente 375°C .
- f.- Colocar el matraz en un horno a 450°C por aproximadamente 30min, para oxidar cualquier materia carbonosa y descomponer el exceso de $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$.
- g.- Enfriar y disolver el residuo con 2 ml de ácido clorhídrico (HCl) 8M, añadir 0.1 ml de KI 20% para reducir As^{5+} a As^{3+} , dejar reposar durante por lo menos 2 min.
- h.- Preparación de las soluciones estándar:
 - h-1.- Solución patrón: disolver 1.32 g de As_2O_3 con el mínimo volumen posible de NaOH 20% en un balon de aforo de 1 L de capacidad, acidificar con HCl (1 + 1), completar el volumen con agua destilada.
 - h-2.- Soluciones estándar: Pipetear 10 ml de la solución patrón en un balón de aforo de 100 ml y diluir con agua destilada. Pipetear 1, 2, 3, 4 y 5 ml de la solución diluida a diferentes balones de aforo y completar los volúmenes con agua destilada, para obtener soluciones de 1, 2, 3, 4 y 5 $\mu\text{g}/\text{ml}$.
 - h-3.- En seis frascos de 50 ml (del mismo tipo que los utilizados para la porción de prueba) colocar 2.0 ml de solución de MgCl_2 .
 - h-4.- En cinco de los frascos añadir 50 μl de las respectivas soluciones estándar, de modo que las series contendrán: 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.20 y 0.25 mg de As. (Pueden usarse otras cantidades de acuerdo a la sensibilidad del sistema).



h-5.- Añadir 0,1 ml de KI al 20% a cada matraz, mezclar y dejar reposar por 2 min.

Determinación

- a.- Añadir 2,0 mL de solución de NaBH_4 4% al distribuidor de reactivos del generador e insertar el tope de goma firmemente en el cuello del frasco que contiene la solución de ensayo o el estándar.
- b.- Trazar la curva de calibración para cada patrón y así obtener los μg de As en las soluciones de ensayo en esta curva.
- c.- Corregir el blanco del reactivo. AOAC (2016).

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

3.6.1. Comparación de las concentraciones de arsénico en las diferentes marcas comerciales obtenidas con el Codex Alimentarius

Dado que las concentraciones del arsénico en la harina de trigo estuvieron por debajo del límite de detección (0,0002 mg/Kg), no fue posible obtener valores para realizar un análisis estadístico de diferencia de medias entre la media de concentración del arsénico con el límite máximo establecidos en el Codex Alimentarius, que es de 0.2 mg/Kg. Así mismo no fue posible obtener valores para realizar un análisis estadístico de diferencia de medias entre la media de concentración del arsénico entre las diferentes marcas comerciales (ANEXO 3).

3.7 RIESGO TOXICOLÓGICO

Debido que la concentración de arsénico en todas las muestras de harina de trigo fue inferior a 0,0002 mg/Kg, no se pudo obtener datos para realizar una evaluación precisa del riesgo toxicológico que supone su consumo. Sin embargo, presumiendo el máximo valor posible de concentración de arsénico presente en la harina de trigo de 0,0002 mg/Kg, se realizó la evaluación del riesgo toxicológico.

3.7.1 Riesgo toxicológico del arsénico en la harina de trigo comercializada en la ciudad de Cuenca.

Dentro de los componentes de la evaluación del riesgo según el método EPA constan cuatro componentes:



3.7.1.1 Identificación del peligro.

3.7.1.2 Evaluación de la curva dosis – respuesta.

La curva dosis-respuesta sirve de base para establecer un nivel seguro de exposición humana que se denomina dosis de referencia (DRf) o ingreso diario admisible (IDA).

Para esto se determinará mediante los índices toxicológicos de la Tabla 8:

Tabla 8
Índices Toxicológicos del Arsénico

ÍNDICE	ARSENICO	FUENTE
NOAEL	8×10^{-4} mg/kg/día	(US EPA, 1991)
DRf	3×10^{-4} mg/kg/día	(US EPA, 1991)
FP	1.5 (mg/kg)/día	(US EPA, 1995)
IDT	2.14×10^{-3} mg/kg/día	EFSA, 2009

3.7.1.3 Evaluación de la exposición

La evaluación de la exposición es la determinación (cualitativa y cuantitativa) de la magnitud, frecuencia y duración de la exposición y dosis interna. Con lo cual se obtiene la dosis de exposición

7.3.3.3.1 Dosis de exposición (DE)

$$DE = \frac{\text{Nivel de sustancia química} \left(\frac{mg}{kg}\right) \times \text{Tasa de ingestión} \left(\frac{kg}{día}\right) \times \text{Factor de exposición}}{\text{Peso corporal (Kg)}} \quad (4)$$

$$FE = \frac{\text{Número de días de exposición} \times \text{Número de años de exposición}}{\text{Período de vida (365 días x 70 años)}} \quad (5)$$

3.7.1.4 Caracterización de riesgo.

Para la caracterización del riesgo se determinará mediante las siguientes fórmulas (US EPA, 1991, 2000, 2005), mediante los datos de la Tabla 8.

Cociente de peligro (HQ) y margen de exposición (MOE) para no cancerígenos

$$HQ = \frac{\text{Dosis de exposición (DE)}}{\text{Dosis de referencia oral (RfD) o ingesta diaria admisible (IDA)}} \quad (6)$$

$$MOE = \frac{\text{Máximo nivel de exposición experimental (NOAEL)}}{\text{Dosis de exposición (DE)}} \quad (7)$$



Riesgo Individual (RI) y poblacional (RP) para cancerígenos.

$$RI = \text{Factor de Pendiente (FP) o Unidad de riesgo (UR)} \times \text{Dosis de exposición (DE)} \quad (8)$$

$$RP = \text{Riesgo Individual (RI)} \times \text{Factor de exposición (FE)} \quad (9)$$



CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN

4.1.1. Género

Como se observa en la Tabla 9, 329 de los encuestados fueron mujeres y los 56 restantes fueron hombres, con un porcentaje del 85,5 % y del 14,5% para mujeres y hombres respectivamente.

Tabla 9

Porcentaje de la población encuestada con respecto al género

Género	Frecuencia	Porcentaje
Femenino	329	85,5
Masculino	56	14,5
Total	385	100

4.1.2. Edad

En la Tabla 10, se observa los estadísticos descriptivos de la edad media de los encuestados con respecto al género, mientras que en la Tabla 11, se puede apreciar las edades medias de los encuestados con respecto al género y agrupados de acuerdo al rango de edad, en tres niveles, los cuales, van desde 15 a los 24 años, de los 25 a los 64 años y de 65 años en adelante.

Tabla 10

Estadísticos descriptivos de la edad de la población encuestada

	Femenino	Masculino
<i>N</i>	323	54
Media (años)	48,95	39,3
Máximo (años)	85	81
Mínimo (años)	15	16
<i>SD</i> (años)	17,31	17,63

Fuente: Encuesta

Tabla 11

Media de la edad de la población de acuerdo al rango de edades

Rango de edades	Femenino	Masculino
15 – 24	20,04	19,64
25 – 64	45,46	42,83
65 +	72,95	76,25

Fuente: Encuesta



4.1.3. Peso

En la Tabla 12 se muestra los estadísticos descriptivos de la población encuestada con respecto al peso corporal, por otra parte, en la Tabla 13, se indican los pesos medios de la población con respecto al género y de acuerdo al rango de edades.

Tabla 12
Estadísticos descriptivos del peso de la población

	Femenino	Masculino
n	285	42
Media (Kg)	62,87	73,8
Máximo (Kg)	101,2	120
Mínimo (Kg)	36	45,4
SD (Kg)	10,04	14,62

Fuente: Encuesta

Tabla 13
Media de peso en Kg de la población de acuerdo al rango de edades

Rango de edades	Femenino	Masculino
15 - 24	55,71	69,29
25 - 64	63,37	75,25
65 +	63,94	71,9

Fuente: Encuesta

4.1.4. Consumo de harina

4.1.4.1. Consumo de harina como tal sin un tratamiento industrial previo

El porcentaje de la población en general que consume harina es del 74,5%, como se puede apreciar en la Tabla 14. En la Tabla 15, se muestra el porcentaje de la población que consume harina de acuerdo al género, encontrándose un 73,9% de consumo para las mujeres, por otro lado, el porcentaje de consumo por parte de los hombres es superior con un 78,6%.

Tabla 14
Porcentaje de la población que consume harina

	Frecuencia	Porcentaje
Si	287	74,5
No	98	25,5
Total	385	100

Fuente: Encuesta



Tabla 15

Porcentaje de la población que consume harina de acuerdo al género

	Femenino		Masculino	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Si	243	73,9	44	78,6
No	86	26,1	12	21,4
Total	329	100	56	100

Fuente: Encuesta

La Tabla 16 muestra los estadísticos descriptivos de la cantidad de consumo diario de harina de trigo de la población femenina y masculina en general, como se puede observar, la media de consumo de la harina en el caso de las mujeres es de 18,52 g ($SD=10,18$), y para los hombres de 22,04 g ($SD=15,83g$), En la Tabla 17 se indican las medias de consumo de harina de trigo, según el rango de edad.

Tabla 16

Estadísticos descriptivos de la cantidad de consumo de harina por género

	Femenino	Masculino
n	243	44
Media (g)	18,52	22,04
Máximo (g)	60,61	60,61
Mínimo (g)	1,52	15,15
SD (g)	10,18	15,83

Fuente: Encuesta

Tabla 17

Media de consumo en g de harina de acuerdo a edades

Rango de edades	Femenino	Masculino
15 - 24	20,45	19,28
25 - 64	18,42	24,69
65 +	17,37	15,15

Fuente: Encuesta

4.1.4.2. Consumo de harina presente en el pan

El porcentaje de la población en general que consume pan es del 94,8% (Tabla 18), el porcentaje de mujeres que consumen pan es del 93,6%, mientras que, el porcentaje de consumo de la población masculina es del 100% (Tabla 19).



Tabla 18
Porcentaje de la población en general que consume pan

	Frecuencia	Porcentaje
Si	365	94,8
No	20	5,2
Total	385	100

Fuente: Encuesta

Tabla 19
Porcentaje de la población según el género que consume pan

	Femenino		Masculino	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Si	309	93,6	56	100
No	20	6,1	0	0
Total	329	100	56	100

Fuente: Encuesta

En la Tabla 20, se puede apreciar la cantidad de harina de trigo usada por tipo de pan, recolectada de varios autores. Para el cálculo de la cantidad de harina, usada para cada tipo de pan, se realizó el promedio de las diferentes cantidades investigadas, como se puede observar en la Tabla 21.

Tabla 20
Cantidad de harina de trigo usada por tipo de pan

Tipo de pan	Cantidad de harina por pan (g)	de Peso del Pan (g)	Referencia
Enrollado	40	70	Campoverde, 2012
Enrollado	30,3	-	Bernal, 2015
Pan Blanco	33,3	50	Campoverde, 2012
Rodilla de cristo	33,3	70	Campoverde, 2012
Rodilla de cristo	22,7	-	Bernal, 2015
Pan de huevo	37,5	60	Campoverde, 2012
Pan de huevo	28,6	30	Andrade y Vélez, 2015
Palanqueta	33,3	50	Campoverde, 2012
Empanada de dulce	35,7	80	Campoverde, 2012
Empanada de dulce	34,1	-	Bernal, 2015
Empanada de sal	34,1	-	Bernal, 2015
Pan de agua	28,6	30 g	Andrade y Vélez, 2015
Pan integral	14,3	30 g	Andrade y Vélez, 2015
Mestizo cuencano	26	-	Bernal, 2015
Pan dulce	30	60 g	Mora y Ruano, 2012



Tabla 21

Media de la cantidad de harina de trigo usada en cada tipo de pan

Tipo de pan	Cantidad de harina (g)
Aleatorio - promedio de todos los panes	29,97
Empanada	34,62
Enrollado	35,15
Mestizo	25,97
Palanqueta	33,33
Pan blanco	33,33
Pan de agua	28,57
Pan de huevo	33,04
Pan dulce	30,00
Pan Integral	14,29
Pan mixto - igual que pan mestizo	25,97
Rodilla de cristo	28,02
Supan igual a pan Blanco	33,33

Con la ayuda de los datos de la Tabla 21, se pudo realizar el cálculo de los estadísticos descriptivos de la cantidad de harina de trigo, consumida al día en forma de pan por la población, como se puede apreciar en la Tabla 22, en donde, la media de consumo para la población femenina fue de 49,2 g ($SD=26,9$) y para la población masculina fue de 64,4 g ($SD=42,2$). Por otro lado, en la Tabla 23 se muestran las medias en g de consumo de harina de trigo en forma de pan, de acuerdo al rango de edades.

Tabla 22

Estadísticos descriptivos del consumo de harina de trigo a través del pan

	Femenino	Masculino
N	309	56
Media (g)	49,24	64,36
Máximo (g)	166,67	200
Mínimo (g)	7,14	14,29
SD (g)	26,92	42,21

Fuente: Encuesta

Tabla 23

Media en g del consumo de harina de trigo a través del pan de acuerdo al rango de edades

Rango de edades	Femenino	Masculino
15 – 24	55,02	88,61
25 – 64	49,14	55,01
65 +	47,09	69,39

Fuente: Encuesta



4.1.4.3. Consumo total de harina de trigo

Como se puede observar en la Tabla 24, se encuentran los estadísticos descriptivos del consumo total de harina de trigo, es decir; se trata de la suma del consumo de la harina de trigo como tal y la harina de trigo en forma de pan. En la Tabla 25 se puede apreciar la media de consumo total en gramos de harina de trigo con respecto al rango de edades.

Tabla 24
Estadísticos descriptivos del consumo total de harina de trigo

	Femenino	Masculino
n	313	56
Media (g)	62,98	81,67
Máximo (g)	181,82	201,21
Mínimo (g)	14,29	25,97
<i>SD</i> (g)	30,71	45,78

Fuente: Encuesta

Tabla 25
Media en g de consumo total de harina de trigo con respecto al rango de edades

Rango de edades	Femenino	Masculino
15 - 24	72,068	103,763
25 - 64	62,897	73,529
65 +	58,759	84,543

Fuente: Encuesta

4.1.4.4. Consumo de pastas a base de trigo

Mediante la encuesta, también se obtuvieron datos de la cantidad de consumo de pastas (fideos y tallarines), obteniéndose que el 92,5 % de la población encuestada consume este alimento a base de trigo, con una media de consumo de fideos al día de 0,13 g (*SD*=0,22 g), mientras que la media de consumo diario de tallarines es de 0,25 g (*SD*=0,65 g), pero debido a que para la elaboración de pastas, generalmente se usa como materia prima sémola de trigo candeal (Silva, Pizarro, Cortés, Morales, & Acevedo, s. f.; Molfese, Astiz, & Seghezzeo, 2017), no se puede extrapolar a dichos alimentos, el análisis de las concentraciones



halladas en el presente trabajo, por ello estos datos están separados del consumo total de harina.

4.2. Concentración de arsénico en muestras de harina de trigo

Las concentraciones de As en el 100% de las muestras de harina de trigo se presentaron por debajo de 0,0002 mg/Kg (Tabla 26), valores que no superan el límite máximo establecido en el Codex Alimentarius (0,2mg/Kg).

4.3. Evaluación de riesgo toxicológico

Como se indicó Concentración de arsénico en las muestras de harina de trigo en el Capítulo III de Materiales y Métodos, en el punto de Riesgo Toxicológico, la evaluación del riesgo toxicológico que implica el consumo de harina de trigo en la ciudad de Cuenca, se realizó en base al máximo valor presumible de la concentración de arsénico encontradas en las muestras de harina de trigo.

Tabla 26
Concentración de arsénico en las diferentes marcas de harina de trigo

Nº muestra	Marca	Código	As (mg/Kg)
1	YA	Y1	< 0,0002
2	YA	Y2	< 0,0002
3	YA	Y3	< 0,0002
4	YA	Y4	< 0,0002
1	Santa Lucia	S1	< 0,0002
2	Santa Lucia	S2	< 0,0002
3	Santa Lucia	S3	< 0,0002
1	Granel	M1	< 0,0002
2	Granel	M2	< 0,0002
3	Granel	M3	< 0,0002
1	Pan de oro	P1	< 0,0002
2	Pan de oro	P2	< 0,0002
3	Pan de oro	P3	< 0,0002
4	Pan de oro	P4	< 0,0002
5	Pan de oro	P5	< 0,0002

4.3.1. Dosis de exposición

El cálculo de la dosis de exposición (DE) se realizó mediante la fórmula que se encuentra en el capítulo III de Materiales y Métodos, en el punto de riesgo toxicológico, mediante los datos de consumo de harina de trigo, así como de peso de la población,



obtenidos en el capítulo III de Resultados, obteniéndose valores tal como se indican en la Tabla 27.

4.3.2. Cociente de peligro

El cociente de peligro (HQ) se realizó mediante los valores de la DE y mediante el valor de DRf, que se encuentra en la Tabla 8 (Índices toxicológicos del Arsénico).

4.3.3. Margen de exposición

El margen de exposición (MOE) fue calculado mediante el dato del NOAEL, que se encuentra en la Tabla 8 (Índices toxicológicos del Arsénico), y el valor de la DE, como se puede observar en la Tabla 27

4.3.4. Para efectos cancerígenos

4.3.4.1. Riesgo individual

El Riesgo individual (RI) de padecer algún tipo de cáncer asociado a la exposición oral al arsénico por medio de la harina de trigo, fue calculado mediante el valor de FP, que se encuentra en la Tabla 8 (Índices toxicológicos del Arsénico), y de la DE, tal como se puede apreciar en la Tabla 27.

4.3.4.2. Riesgo poblacional

El riesgo poblacional (RP) de padecer algún tipo de cáncer asociado al consumo de harina de trigo por la presencia a estos niveles de arsénico, fueron calculados mediante el valor del RI y del número de habitantes expuestos a este alimento, mediante los datos del censo poblacional (INEC, 2010) y considerando que el 95,84 % de la población cuencana consume harina de trigo en forma de algún alimento se obtiene que la población femenina expuesta es de 255019 hab., mientras que la población masculina expuesta es de 229534 hab. Tal como se puede apreciar en la Tabla 27.



Tabla 27

Indicadores de Riesgo Toxicológico al arsénico mediante el consumo de harina de trigo

	Mujeres	Hombres
DE (mg/Kg-día)	2,00E-07	2,21E-07
HQ	6,68E-04	7,38E-04
MOE	3,99E+03	3,61E+03
RI	3,01E-07	3,32E-07
RP	7,66E-02	7,62E-02



CAPITULO V: DISCUSIÓN

Los alimentos pueden ser una importante fuente de As por vía oral en humanos, el cual al ingresar al organismo en dosis superiores a la ingesta diaria tolerable (IDA: 2.14×10^{-3} mg/Kg) puede causar serias repercusiones en la salud humana. Estudios recientes se han centrado en el arroz, mientras que hay poca información disponible sobre la acumulación de As en el trigo, el cual es el segundo cereal más importante para cereales alimenticios, y el cual parece ser el principal contribuyente a la ingesta de arsénico en países como Europa y otros países occidentales, en donde la dieta no se basa únicamente en el arroz. (Zhao et al., 2010; D'Amato, 2010).

Aunque el porcentaje de las personas encuestadas que indican un consumo de harina de trigo como tal es del 74,5 %, de pan de 94,8%, y de pastas (Fideos, tallarines) del 92,5 %, se realizó el análisis de la información en base al consumo diario de la harina como tal y del pan, debido a que para la elaboración de pastas, generalmente se usa como materia prima sémola de trigo candeal (Silva, Pizarro, Cortés, Morales, & Acevedo, s. f.; Molfese, Astiz, & Seghezzeo, 2017), y no se puede extrapolar a dichos alimentos, el análisis de las concentraciones halladas en el presente trabajo.

Se realizó el análisis de la concentración de arsénico en quince muestras de harina de trigo (*Triticum spp.*), de las cuales diez muestras fueron de las tres marcas más comercializadas en la ciudad de Cuenca, obtenidas mediante encuesta, y de cinco muestras de harina de trigo más usada por los panaderos, para la elaboración de pan,

Mediante encuesta a 385 habitantes en las parroquias urbanas de la ciudad de Cuenca, se obtuvo datos de consumo de harina de trigo de la población, así como otros datos útiles. Se encontró que cerca del 96 % de la población consume harina de trigo, de los cuales el 74,5 % compra harina de trigo y la consume, mientras que el 94.8% de la población consume harina de trigo en forma de pan. La media de consumo de harina de trigo en la población femenina es de 18.5 g ($SD=10.2$ g), mientras que la media de consumo para la población masculina es de 22 g ($SD=15.8$ g). Por otra parte, la media de consumo de harina en forma de pan en la población femenina es de 49.4 g ($SD=26.9$ g), mientras que la media de consumo de la población masculina es de 64.4 g ($SD=42.2$ g). Por medio de estos datos se pudo obtener un consumo total de harina de trigo, el cual para la población femenina es de 63 g ($SD=30.7$ g), y para la población masculina es de 81.7 g ($SD=45.8$ g).



La determinación de la concentración de arsénico en muestras de harina de trigo, se realizó por medio de espectroscopia de absorción atómica por generación de hidruros, de las quince muestras de harina de trigo dio como resultado que en el 100 % de las muestras, las concentraciones de arsénico se encuentran por debajo del límite máximo establecido en el Codex Alimentarius (0.2mg/kg), valores que coinciden con estudios realizados en otros países, en donde, las concentración en muestras de trigo son bajas, y la incorporación de As en humanos es mínima, en trigo cultivados en suelos no contaminados (Zhao et al., 2010; Llorente et al., 2014).

Debido a que las concentraciones de arsénico en las muestras de harina de trigo estaban por debajo al límite de detección ($<0,0002$ mg/Kg), no fue posible obtener valores con los cuales realizar la evaluación del riesgo toxicológico. Sin embargo, suponiendo que en la harina de trigo se encuentra el máximo valor de concentración de arsénico (0,0002 mg/Kg), se obtiene valores de cociente de peligro (HQ) tanto para la población femenina como la población masculina es inferior a 1, así mismo los valores del margen de exposición (MOE), tanto para la población femenina como para la población masculina es superior a 1, lo cual indica que el consumo de harina de trigo con estos niveles de arsénico no representan un riesgo de manifestar algún efecto tóxico no cancerígeno relacionado al arsénico. Por otra parte, el riesgo individual de presentar algún efecto cancerígeno relacionado al arsénico es inferior a 1×10^{-6} , lo cual representa un riesgo aceptable, al igual que el riesgo de la población cuencana a estos niveles de arsénico en la harina de trigo es inferior a la unidad.



CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Mediante el presente estudio, se pudo obtener datos útiles de la población de estudio, como edad, peso, género, así como datos de consumo de harina de trigo, pudiendo determinar que la población cuencana presenta un alto consumo de harina de trigo en forma de sus derivados como el pan, obteniéndose consumo medio de harina de trigo de 63 g (SD=30,7), por parte de la población femenina. Por otra parte el consumo medio de la población masculina es superior de 81,7 g (SD=45,8).

Se realizó el análisis de concentración de arsénico en diez muestras de harina de trigo de las tres marcas más comercializadas en la ciudad de Cuenca (“YA”, “Santa Lucia” y a granel), así como de cinco muestras de la harina más utilizadas por los panaderos de la ciudad de Cuenca (“Pan de oro”), realizando la determinación de un total de quince muestras de harina de trigo.

Las concentraciones de arsénico en el 100 % de las muestras analizadas estuvieron por debajo del límite de detección (0,0002 mg/Kg), con lo que se puede decir que las concentraciones en las muestras de harina de trigo, no superan el límite máximo establecido en el Codex Alimentarius (0,2 mg/Kg).

Debido a que las concentraciones en las muestras estuvieron por debajo del límite de detección, la evaluación del riesgo toxicológico fue realizado con el valor del límite de detección de 0,0002 mg/Kg. Concluyendo así que no existe un riesgo toxicológico de la población Cuencana expuesta a estos niveles de arsénico por el consumo de harina de trigo con estos niveles de arsénico, debido a que las dosis de exposición son inferiores a la dosis de referencia oral (DRf), obteniéndose valores de cociente de peligro (HQ), inferiores a 1.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar más estudios de análisis de arsénico en diferentes alimentos que son de gran consumo en la población.

Se recomienda realizar análisis de concentración de otros metales pesados, en el alimento abordado en este trabajo, debido principalmente a que, el consumo de alimentos a base de harina de trigo es alto en la dieta de los cuencanos, y a los efectos perjudiciales sobre la salud que conlleva la exposición a los metales pesados.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alimentarius, C. (1985). Norma del Codex para la harina de trigo. *Codex Alimentarius*.
- Agencia para sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades ATSDR. (s. f.). Evaluación toxicológica y de vías de exposición. Recuperado 20 de enero de 2017, a partir de https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/pha_professional2/module3/sv7.html
- Alay, G. F., Lomas, M. N., Mallafre, J. M. L., & Roig, J. L. D. (2012). Riesgo tóxico por metales presentes en los alimentos: Toxicología alimentaria. Ediciones Díaz de Santos
- Alloway, B. J. (2012). Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. Springer Science & Business Media.
- Andrade, M., & Vélez, C. (2015). Evaluación de mejoradores de masa para la panadería disponibles en la ciudad de Cuenca. Universidad de Cuenca, Cuenca - Ecuador. Recuperado a partir de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/24606>
- Armienta, M. A., Esparza, C. de, Luisa, M., López, C. M., Piñeiro, A. E., & Sassone, A. H. (2009). Determinación de arsénico por el método: absorción atómica-generación de hidruros-FIAS, 65-78
- Argente Martínez, L., Garatuza Payán, J., Ontiveros, A., M, M., González, Y., A, E., ... González Aguilera, J. (2017). Estrés térmico en cultivo del trigo. Implicaciones fisiológicas, bioquímicas y agronómicas. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 57-67.
- Arriaga, H. O., Chindichimo, H. O., & Sempe, M. (1980). EL CARACTER VITREO DEL GRANO DE TRIGO, 15.
- Association of Official Analytical Chemists AOAC. (2016). Official Methods of Analysis (Larimer, G, Vol. 1). 20th ed. Rockville MD: AOAC International, p. 243, 258.
- ATSDR. (2007). Arsénico. Recuperado 23 de abril de 2018, de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.pdf



- Bala, B. K., Haque, M. A., Hossain, A., & Majumdar, S. (2010). Post Harvest Loss and Technical Efficiency of Rice, Wheat and Maize Production System: Assessment and Measures for Strengthening Food Security, 210.
- Barbieri, P., Echeverría, H., & Sainz Rozas, H. (2009). Nitratos en el suelo a la siembra o al macollaje como diagnóstico de la nutrición nitrogenada en trigo en el Sudeste Bonaerense. *Ciencia del suelo*, 27(1), 41-47.
- Curtis, B. (2015). Wheat in the world. Recuperado 13 de mayo de 2018, de <http://www.fao.org/docrep/006/y4011e/y4011e04.htm>
- Benalcázar, T., & Iván, D. (2010). Introducción y evaluación agronómica de 7 cultivares y 2 líneas promisorias de trigo (*triticum vulgare*. l) en 3 localidades de la provincia de Chimborazo. Recuperado a partir de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/841>
- Bhattacharya, P., Samal, A. C., Majumdar, J., & Santra, S. C. (2010). Arsenic Contamination in Rice, Wheat, Pulses, and Vegetables: A Study in an Arsenic Affected Area of West Bengal, India. *Water, Air, & Soil Pollution*, 213(1-4), 3-13. <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0361-9>.
- Bermeo, H. (2013). IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES A NIVEL CANTONAL-CUENCA. Recuperado a partir de <http://repositorio.cedia.org.ec/handle/123456789/842>
- Bernal, M. (2015). Estudio del pan tradicional del complejo Patrimonial Todos Santos para la elaboración de sus recetas. Universidad de Cuenca, Cuenca - Ecuador. Recuperado a partir de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/22326>
- Borlaug, N. E., & Dowswell, C. R. (2002). Perspectivas de la agricultura mundial para el siglo XXI. Recuperado de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr:8080/handle/11554/6662>



- Brizio, P., Benedetto, A., Squadrone, S., Curcio, A., Pellegrino, M., Ferrero, M., & Abete, M. C. (2016). Heavy metals and essential elements in Italian cereals. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 9(4), 261-267. <https://doi.org/10.1080/19393210.2016.1209572>
- Byerlee, D., & de Polanco, E. H. (1983). Wheat in the world food economy: Increasing role in developing countries. *Food Policy*, 8(1), 67-75. [https://doi.org/10.1016/0306-9192\(83\)90026-X](https://doi.org/10.1016/0306-9192(83)90026-X)
- Calvo, R., Ignacio, N., & Echeverría, H. E. (2006). Estrategias de fertilización nitrogenada en trigo: balance hídrico para el sur bonaerense. *Ciencia del suelo*, 24(2), 115-122.
- Campoverde, A. (2012). Proyecto de elaboración de una panadería tradicional cuencana. Universidad de Cuenca, Cuenca - Ecuador. Recuperado a partir de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3267>
- Carabantes, A. G., & Fernicola, N. A. G. G. de. (2003). Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 39(4), 365-372. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322003000400003>
- CARCAMO VARGAS, G. I., & MENA BASTÍAS, C. P. (2006). Alimentación saludable. *Horizontes Educativas*, (11).
- Casarett, & Doull. (2001). Manual de Toxicología. Recuperado a partir de <https://es.scribd.com/doc/215957376/Manual-de-Toxicologia-Casarett>
- Cahavarrías, M. (2014, marzo 20). Niveles de arsénico en alimentos. EROSKI CONSUMER. Recuperado a partir de <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2014/03/20/219561.php>
- Cases, M. V., & Hens, A. G. (1988). Técnicas analíticas de separación. Reverte.



- CEPAL, N., FAO, & IICA. (2015). Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2015-2016. Recuperado a partir de <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/39023>
- CODEX. (2009). Norma general del codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. Recuperado a partir de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXS_193s.pdf
- Costarr, A. (1978). COMPOSICION QUIMICA DE SUBPRODUCTOS DE TRIGO Y ARROZ Y DE GRANOS DE MAIZ Y SORGO UTILIZADOS EN COSTA RICA., 7.
- De la Horra, A. E., Seghezzi, M. L., Molfese, E., Ribotta, P. D., & León, A. E. (2012). Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos. *Agriscientia*, 29(2), 81-89.
- Díaz-Aguilar, I., Larqué-Saavedra, M. U., Alcántar-González, G., Carrillo-González, R., & Vázquez-Alarcón, A. (2001). ALTERACIÓN DE ALGUNOS PROCESOS FISIOLÓGICOS EN TRIGO POR LA ADICIÓN DE PLOMO. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 17(2), 79-90.
- D'Amato, M., Aureli, F., Ciardullo, S., Raggi, A., & Cubadda, F. (2010). Arsenic speciation in wheat and wheat products using ultrasound- and microwave-assisted extraction and anion exchange chromatography inductively coupled plasma mass spectrometry, 26(1), 207-213. <https://doi.org/10.1039/C0JA00125>
- Don, J. P. (2008). *Cereales Y Forrajes*. Editorial MAXTOR.
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. (2010). Scientific Opinion on Lead in Food: Lead in Food. *EFSA Journal*, 8(4), 1570. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1570>
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2009). Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal*, 7(10), n/a-n/a. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1351>



FAO. (s. f.-a). Botánica de la planta de trigo - EJM Kirby. Recuperado 22 de junio de 2018, de

<http://www.fao.org/docrep/006/y4011e/y4011e05.htm>

FAO. (s. f.-b). Cereales, raíces feculentas y otros alimentos con alto contenido de carbohidratos.

Recuperado 22 de junio de 2018, de <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0u.htm>

FAO. (s. f.-c). WHEAT Post-harvest Operations.

FAO. (s. f.). WHEAT Post-harvest Operations. Recuperado 21 de mayo de 2018, a partir de

<http://www.fao.org/3/a-ax448e.pdf>

FAO. (s. f. c). Cereales, raíces feculentas y otros alimentos con alto contenido de carbohidratos.

Recuperado 22 de abril de 2018, a partir de

<http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0u.htm>

FAO. (2014). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Recuperado a partir de <http://www.fao.org/home/es/>

Ferrano, D. O., & Rositano, F. (2011). Conocimiento e insumos en la agricultura moderna. *Ciencia hoy*, 21(122), 17-22.

Fernícola, N. A. G. G. de. (1988). Evaluación de riesgo (pp. 34-51). Presentado en Simposio Regional sobre la Problemática de las Sustancias Químicas y la Salud Ambiental, OPS.

Recuperado a partir de

<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=102327&indexSearch=ID>

GAD Municipal CUENCA. (s. f.). Geovisor municipal. Recuperado 20 de junio de 2017, a partir de

<http://ide.cuenca.gob.ec/geovisor/map/viewer.seam;jsessionid=Lj+uNej7nDyEOxChOd52F5P>
[E.undefined](#)



- G. Allen, R., S. Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Food & Agriculture Org.
- Galvao, L., & Corey, G. (1987). Arsénico.
- García, A. G. (1999). *Cultivos herbáceos extensivos*. Mundi-Prensa Libros.
- García-González, M. M., Farías-Rodríguez, R., & Peña-Cabriales, J. J. (2005). *Azospirillum spp. y Azotobacter beijerinckii*, 9.
- Giaverini, N. O. (2015). EXPOSICIÓN LABORAL A ARSÉNICO, 10.
- González, F. G. (1987). Uso del código decimal para describir el ciclo de cultivo de trigo, 3.
- Gooding, M. J., & Davies, W. P. (2007). *Wheat production and utilization : systems, quality and the environment*. Wallingford. CAB International. Recuperado a partir de <http://library.wur.nl/WebQuery/clc/941546>
- Gilchrist-Saavedra, L. (1995). *Guía práctica para la identificación de algunas enfermedades de trigo y cebada*. México: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
- Gutiérrez, I. M., Marza, F., Butrón, R., Quispe, F., & Gutiérrez, G. (2015). Evaluación de quince cultivares de trigo duro en condiciones semiáridas. *Revista Científica de Investigación INFO-INIAF*, 37.
- Hernández Córdova, N., Soto Carreño, F., & Plana Llerena, R. (2015). Comportamiento del crecimiento y rendimiento del cultivo del trigo (*Triticum aestivum* L.) en tres fechas de siembra. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 86-92.
- Hernández, E. (2006). *Tecnología de Cereales y Oleaginosas* (Vol. 1). Bogota.
- Holguín, B., & Alvarado, A. (2017). COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE HARINA DE TRIGO EN ECUADOR. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 16.



- Horra, A. E., Seghezze, M. L., Molfese, E., Ribotta, P. D., & León, A. E. (2012). Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos. *Agriscientia*, 29(2), 81-89.
- Huang, M., Zhou, S., Sun, B., & Zhao, Q. (2008). Heavy metals in wheat grain: Assessment of potential health risk for inhabitants in Kunshan, China. *Science of The Total Environment*, 405(1–3), 54-61. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.07.004>
- Hui, Y. H. (2008). *Bakery Products: Science and Technology*. John Wiley & Sons.
- INEC - MAG - SICA. (2002). *III Censo Nacional Agropecuario: Resultados Nacionales y Provinciales* (Ministerio de Agricultura y Ganadería.). [S.l.] : Ecuador: Editorial INEC - MAG - SICA, 2002. Recuperado de <https://postharvest.nri.org/>
- INEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos. (s. f.). Registro de Descargas Cartográficas. Recuperado 20 de mayo de 2017, a partir de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/registro-de-descargas-cartograficas/>
- INEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC. (2010). Censo Población y Vivienda 2010. Recuperado a partir de http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es
- INIAP. (2014). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Recuperado a partir de Inventario Tecnológico del Programa de Cereales
- INIAP. 2011. Guía del Cultivo de trigo. INIAP. Quito, Ecuador.
- Idrees, S., Shabir, S., Ilyas, N., Batool, N., & Kanwal, S. (2015). Evaluación de cadmio en trigo (*Triticum aestivum* L.) en un medio hidropónico. *Agrociencia*, 49(8), 917-929.
- Inzunza-Ibarra, M. A., Catalán-Valencia, E. A., Sánchez-Cohen, I., Villa-Castorena, M., & Román-López, A. (2010). Modelo de producción de trigo bajo déficit hídrico en dos períodos de crecimiento. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 335-344.



- J. C. Zadoks, T. T. Chang, & C. F. Konzak. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals - ZADOKS - 1974 - Weed Research - Wiley Online Library. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>
- Jacome, A. M., Calle, S. Q., & Pastor L., B. (2002). Producción y proceso de comercialización de trigo tropicalizado en el litoral ecuatoriano. Recuperado a partir de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/3628>
- Jomova, K., Jenisova, Z., Feszterova, M., Baros, S., Liska, J., Hudecova, D., ... Valko, M. (2011). Arsenic: toxicity, oxidative stress and human disease. *Journal of Applied Toxicology*, 31(2), 95-107. <https://doi.org/10.1002/jat.1649>
- Juárez, Z. N., & Bárcenas-Pozos, M. E. (2014). El grano de trigo: características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento, 14.
- Kamran, A., Iqbal, M., & Spaner, D. (2014). Flowering time in wheat (*Triticum aestivum* L.): a key factor for global adaptability. *Euphytica*, 197(1), 1-26. <https://doi.org/10.1007/s10681-014-1075-7>
- Kent, N.L. (1971). Tecnología de los cereales. Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UCC.xis&method>
- Kent, Norman Leslie, & Evers, A. D. (1994). *Technology of Cereals: An Introduction for Students of Food Science and Agriculture*. Woodhead Publishing.
- León, A. E., & Rosell, C. M. (2007). *De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. Córdoba [Argentina: Hugo Báez.
- Llorente-Mirandes, T., Calderón, J., Centrich, F., Rubio, R., & López-Sánchez, J. F. (2014). A need for determination of arsenic species at low levels in cereal-based food and infant cereals. Validation of a method by IC-ICPMS. *Food Chemistry*, 147, 377-385. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.138>



- Man Mohan, K., Diaz de Ackermann, M., & Castro, M. (2003). Estrategias y metodologías utilizadas en el mejoramiento de trigo: un enfoque multidisciplinario. CIMMYT.
- Martiren, J. L., & Rayes, A. (2016). La industria argentina de harina de trigo en el cambio de siglo. Límites y alcances, 1880-1914. *H-industri@: Revista de historia de la industria, los servicios y las empresas en América Latina*, 0(18), 1-27
- Medina, M., & José, P. (2016). Análisis de humedad, acidez y gluten húmedo en harina de trigo panificable, para determinar su calidad y vida útil. Recuperado de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7756>
- Metales pesados y Arsénico. (s. f.), 16.
- Méndez, J. P., Ramírez, C. A. G., Gutiérrez, A. D. R., & García, F. P. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. [PLANT CONTAMINATION AND PHYTOTOXICITY DUE TO HEAVY METALS FROM SOIL AND WATER]. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29–44. Recuperado a partir de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911243003>
- Miralles, D. J., & González, F. G. (2008). Historia del Trigo en Argentina: Perspectivas ecofisiológicas del pasado, presente y futuro para aumentar el rendimiento. Recuperado a partir de Congreso Aapresid, Rosario
- Miller, T. D. (1992). La identificación y su entendimiento para un mejor manejo de los cultivos, 4.
- Mir, V., Eduardo, H., Limón Ortega, A., Espitia Rangel, E., Amaro, M., & Antonio, L. (2011). Sistemas de siembra en trigo: encarando la escasez de agua causada por el calentamiento global. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(SPE2), 281-293.



- Molfese, E., Astiz, V., & Seghezzi, M. (2017). Evaluación de la calidad del trigo candeal (*Triticum turgidum* L. subsp. durum) en los programas de mejoramiento de Argentina. *RIA*, 43(3). Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/ria/v43n3/v43n3a16.pdf>
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2011). *Applied statistics and probability for engineers*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Mora, A., & Ruano, T. (2013). *Incidencia de la masa de oca (Oxalis tuberosa) como sustituto parcial de la harina de trigo (Triticum spp.) para la elaboración de pan dulce*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra - Ecuador. Recuperado a partir de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2132>
- Morales, S., & Enrique, C. (2011). Introducción y evaluación agronómica de seis cultivares y dos líneas promisorias de trigo (*triticum vulgare* l), en tres localidades de la provincia Bolívar. Recuperado a partir de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/839>
- Morales, G. C. (2004). *Ensayos Toxicológicos Y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas*. IDRC.
- MORATÓ, N. G. (s. f.). Cereales, verduras y agua del grifo son las principales fuentes alimentarias de exposición al plomo. Recuperado a partir de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/williamsoler/en_familia_1_2_3_4_5.pdf
- Moreno, I., & Ramírez, A. (2001). EL CULTIVO DEL TRIGO. ALGUNOS RESULTADOS DE SU PRODUCCIÓN EN CUBA, 14.
- Murzaeva, S. V. (2004). Effect of Heavy Metals on Wheat Seedlings: Activation of Antioxidant Enzymes. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 40(1), 98-103.
<https://doi.org/10.1023/B:ABIM.0000010363.69146.bd>
- National Research Council. (1983) Risk assessment in the federal government: managing the process. Committee on the Institutional Means for the Assessment of Risks to Public Health.



Commission on Life Sciences, National Research Council. Washington, DC: National Academy Press, pp. 17-83.

Nelson, J. H. (1985). Wheat: it's processing and utilization. *American Journal of Clinical Nutrition (USA)*. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US8932090>

Novoa, R., & Villaseca, S. (1987). REQUERIMIENTOS DE SUELO Y CLIMA EN TRIGOS DE PRIMAVERA, 3.

Nuttonson, M. Y. (1957). Wheat-Climatic Relationships and the Use of Phenology in Ascertaining the Thermal and Photo-thermal Requirements of Wheat. *Soil Science*, 83(2), 163.

Núñez, A., Martínez, S., Moreno, S., Cárdenas, M., García, G., Hernández, J., FCB, U. (2008).

Determinación de metales pesados (aluminio, plomo, cadmio y níquel) en rábano (*Raphanus sativus* L.), brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) y calabacín (*Cucurbita pepo* L. var. *italica*). Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México, 1-5

NTE INEN - CODEX 192: Harina de trigo. Requisitos. (2016). Recuperado 23 de abril de 2018, a partir de http://apps.normalizacion.gob.ec/filesserver/2017/nte_inen_codex_192.pdf

OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025 (Summary in Spanish) / Perspectivas Agrícolas

OCDE-FAO 2016-2025 | READ online. (s. f.). Recuperado 18 de junio de 2018, de

https://read.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2016-2025/summary/spanish_9fdf5311-es

OECD/FAO (2016), OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2016-2025, OECD Publishing, París.

DOI: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-es

Olivo, M. (2015). Calidad de harinas, un factor que decide la siembra.

Olsen, E. D. (1990). Métodos ópticos de análisis (9na. Edición). España: Reverte

OMS. (b). Arsénico. Recuperado 23 de junio de 2018, de <http://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/arsenic>



OMS. (s. f. b). Arsénico. Recuperado 23 de mayo de 2018, a partir de <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>

Orantes, C., Garrido, E., Espinoza, N., & Quiroga, R. (2011). RESISTENCIA DE VARIOS GENOTIPOS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) A *Fusarium graminearum* Schwabe CULTIVADOS EN CHIAPAS, MEXICO. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/939/93915703020.pdf>

Orozco, N., & Yolanda, M. (2011). Caracterización del Sistema de Producción de Trigo (*Triticum aestivum* L.) en las provincias de Chimborazo y Bolívar. Recuperado a partir de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/656>

Peña, R., Herrera, P., Villaseñor, E., Gómez, M., Mendoza, M., & Monterde, R. (2006). *Calidad de la cosecha de trigo en México. Ciclo otoño-invierno 2005-2006*. México: CONASIST, Av. Cuauhtemoc No. 1617.

Peñaherrera, D. (2011). Manejo integrado de los cultivos de Trigo y Cebada. INIAP Archivo Histórico.

Preston, K. R., Morgan, B. C., Kilborn, R. H., & Tipples, K. H. (1989). Assessment of Heat Damage in Canadian Hard Red Spring Wheats¹. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 22(1), 63-69. [https://doi.org/10.1016/S0315-5463\(89\)70303-5](https://doi.org/10.1016/S0315-5463(89)70303-5)

PUZZI, D. 1986. Abastecimiento e armazenamento de graos. Campinas, SP, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 603 p.

Raber, G., Stock, N., Hanel, P., Murko, M., Navratilova, J., & Francesconi, K. A. (2012). An improved HPLC–ICPMS method for determining inorganic arsenic in food: Application to rice, wheat and tuna fish. *Food Chemistry*, 134(1), 524-532. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.113>



- Ramírez, A., Plana, R., & Moreno, I. (2001). Efectos de la tecnología de siembra sobre el cultivo del trigo (*Triticum aestivum* L.) en condiciones tropicales. *Cultivos Tropicales*, 22(2), 15-19.
- Ramírez, A. V. (2013). Exposición ocupacional y ambiental al arsénico: actualización bibliográfica para investigación científica. *Anales de la Facultad de Medicina*, 74(3), 237-248.
- Ribot, G. G., Silva, P., & Acevedo, E. (2012). Morphological and Physiological Traits of Assistance in the Selection of High Yielding Varieties of Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. spp. Durum) for the Rainfed Mediterranean Environments of Central Chile. *American Journal of Plant Sciences*, 03(12), 1809-1819.
<https://doi.org/10.4236/ajps.2012.312A222>
- Rodríguez, E. M. (2000). *Manual de toxicología básica*. Ediciones Díaz de Santos.
- Rojas, J., Guzmán, J. L., Hernández, M. A., & Hinojosa, L. (2015). Evaluación de la transferencia y especiación de arsénico en cultivos de maíz (*Zea mays*). Recuperado a partir de <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=5156>, <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=5156>
- Rodríguez, M. H., & Gallego, A. S. (1999). *Tratado de nutrición*. Ediciones Díaz de Santos
- Saa, R. S. (2009). El arsénico en la contaminación de aguas subterráneas, (3), 7.
- Salazar-López, N. J., & Madrid, M. L. A. (2011). Herbicida Glifosato: Usos, toxicidad y regulación. *Biotecnia*, 13(2), 23–28.
- Salkind, N. J., & Rasmussen, K. (Eds.). (2007). *Encyclopedia of measurement and statistics*. Thousand Oaks, Calif: SAGE Publications
- Sánchez, M. E. M., Hernández, L. P., & Borlaug, N. (s. f.). El trigo: una historia de diversidad y mejoramiento, 9.
- Saucedo, M. C. C., Castañeda, C. L., Moreno, J. M., & León, T. B. C. (2004). CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE CEBADA Y TRIGO, 27, 9.



- Schuhmacher–Wolz, U., Dieter, H. H., Klein, D., & Schneider, K. (2009). Oral exposure to inorganic arsenic: evaluation of its carcinogenic and non-carcinogenic effects. *Critical Reviews in Toxicology*, 39(4), 271-298. <https://doi.org/10.1080/10408440802291505>
- Seghezzeo, M. L. (s. f.). CALIDAD EN TRIGO CANDEAL, 72.
- Siebe, C. (1994). ACUMULACIÓN Y DISPONIBILIDAD DE METALES PESADOS EN SUELOS REGADOS CON AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE RIEGO 03, TULA, HIDALGO, MÉXICO. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 10(1), 15-21.
- Silva, P., Pizarro, T., Cortés, P., Morales, B., & Acevedo, E. (s. f.). Las pastas de calidad y el trigo candeal. *Antumapu*. Recuperado de http://www.trigocandeal.uchile.cl/doc/Paola_Silva.pdf
- Soto, F., Hernández, N., & Plana, R. (2009). Influencia de la temperatura en la duración de las fases fenológicas del trigo harinero (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) y triticale (X *Triticum secale* Wittmack) y su relación con el rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 30(3), 32-36.
- Tashiro, T., & Wardlaw, I. F. (1990). The Effect of High Temperature at Different Stages of Ripening on Grain Set, Grain Weight and Grain Dimensions in the Semi-dwarf Wheat 'Banks'. *Annals of Botany*, 65(1), 51-61. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087908>
- Tejera, R. L., Luis, G., González-Weller, D., Caballero, J. M., Gutiérrez, Á. J., Rubio, C., & Hardisson, A. (2013). Metales en harina de trigo: estudio comparativo y control de su seguridad. *Nutrición Hospitalaria*, 28(2), 506-513. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.2.6287>
- Thompson, D. N., Shaw, P. G., & Lacey, J. A. (2003). Post-Harvest Processing Methods for Reduction of Silica and Alkali Metals in Wheat Straw. En *Biotechnology for Fuels and Chemicals* (pp. 205-218). Humana Press, Totowa, NJ. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-0057-4_16



- Tong, J., Guo, H., & Wei, C. (2014). Arsenic contamination of the soil–wheat system irrigated with high arsenic groundwater in the Hetao Basin, Inner Mongolia, China. *Science of The Total Environment*, 496, 479487. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.073>
- Torres Escribano, S. (2011). Bioaccesibilidad de arsénico y mercurio en alimentos con potencial riesgo toxicológico. Universitat de València. Recuperado a partir de <http://www.tdx.cat/handle/10803/78990>
- Tysko, M. B., & Rodríguez, M. B. (2006). Respuesta de trigo-soja en doble cultivo a la fertilización con azufre elemental pre-tratado. *Ciencia del suelo*, 24(2), 139-146
- US EPA, O. (s. f.). Arsenic, inorganic CASRN 7440-38-2 | IRIS | US EPA, ORD. Recuperado 18 de marzo de 2017, a partir de https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicalLanding.cfm?substance_nmbr=278
- US EPA. (1991). Juilines foro Develo mental Toxícate Rick Assessment, 83.
- US EPA. (1992). Guidelines for Exposure Assessment, 139.
- US EPA. (2005). Guidelines for Carcinogen Risk Assessment, 166.
- US EPA. (2013). About Risk Assessment [Collections and Lists]. Recuperado 20 de enero de 2018, a partir de <https://www.epa.gov/risk/about-risk-assessment>
- UC. Pontificia Universidad Católica de Chile. (s. f.). Trigo. Recuperado a partir de http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/trigo.htm
- Valarezo, R. S. (2008). El Problema Agroeconómico Del Trigo En El Ecuador Y Su Gestión Más Viable. INIAP Archivo Histórico
- Vázquez, L., Vizcarra, M., Salazar, A., Castillo, A., & Guerrero, I. (2001). EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE INDUSTRIAL QUALITY OF TWO VARIETIES OF MEXICAN WHEAT. *International Journal of Food Properties*, 4(3), 419-430. <https://doi.org/10.1081/JFP-100108645>



- Vázquez-Chávez, L. (2008). SECADO POR LECHO FLUIDIZADO DEL TRIGO Y SU CALIDAD FLUIDIZED BED DRYING OF WHEAT AND ITS QUALITY, 7(2), 8.
- Villar, L. (s. f.). Cultivo de Trigo. Recuperado de <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/Cultivo+de+Trigo.pdf>
- Williams, C., & David, D. (1983). The effect of superphosphate on the Cd content of soils and plants. ResearchGate. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1071/SR9730043>
- Xu, Y., Liang, X., Xu, Y., Qin, X., Huang, Q., Wang, L., & Sun, Y. (2017). Remediation of Heavy Metal-Polluted Agricultural Soils Using Clay Minerals: A Review. *Pedosphere*, 27(2), 193-204. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60310-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60310-2)
- Zalme, C., & Gabriela, A. (2015). Influencia de la política comercial del Ecuador: caso diferimiento arancelario del trigo 2007-2014. Recuperado a partir de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/11254>
- Zhang, W. D., Liu, D. S., Tian, J. C., & He, F. L. (2009). Toxicity and accumulation of arsenic in wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties of China. *Phyton (Buenos Aires)*, 78(2), 147-154.
- Zhao, F.-J., Stroud, J. L., Eagling, T., Dunham, S. J., McGrath, S. P., & Shewry, P. R. (2010). Accumulation, Distribution, and Speciation of Arsenic in Wheat Grain. *Environmental Science & Technology*, 44(14), 5464-5468. <https://doi.org/10.1021/es100765g>
- Zhao, F.-J., Stroud, J. L., Eagling, T., Dunham, S. J., McGrath, S. P., & Shewry, P. R. (2010). Accumulation, distribution, and speciation of arsenic in wheat grain. *Environmental Science & Technology*, 44(14), 5464-5468. <https://doi.org/10.1021/es100765g>
- Z.N. Juárez, M.E. Bárcenas-Pozos, & L.R. Hernández. (2014). *El grano de trigo: características generales y algunas problemáticas y soluciones a su almacenamiento*. Recuperado de <http://web.udlap.mx/tsia/files/2015/05/TSIA-81-Juarez-et-al-2014.pdf>



Zumarán, O. R., & Yglesias, L. A. (2013). Optimización de las propiedades físicas, nutritivas y sensoriales del pan elaborado con harina de espárrago, kiwicha y trigo. *Revista CIENCIA Y TECNOLOGÍA*, 9(3), 23-34.

Zúñiga R., J. (2007). VALOR NUTRICIONAL Y POTENCIAL, 4.



ANEXO 1

MAESTRÍA EN TOXICOLOGIA AMBIENTAL E INDUSTRIAL ENCUESTA DE CONSUMO DE LA HARINA DE TRIGO EN LA CIUDAD DE CUENCA

FECHA DE ENCUESTA (dd/mm/aa): _____

ID DE LA ENCUESTA: _____

EDAD: _____

GÉNERO M _____ F _____

PESO (kg/libras): _____

1.- ¿Consumes harina de trigo en forma de diferentes alimentos?

Si: _____ No: _____

2.- ¿En forma de que alimento consumes la harina de trigo?

3.- ¿Compra harina de trigo como tal?

Si: _____ No: _____

4.- ¿Dónde compra la harina de trigo?

Mercado: _____

Supermercado: _____

Otros: _____

5.- ¿Qué marca de harina de trigo consumes?

6.- ¿Qué día de la semana compra la harina de trigo?

LUNES: _____

MARTES: _____

VIERNES: _____

MIÉRCOLES: _____

SÁBADO: _____

JUEVES: _____

DOMINGO: _____

7.- ¿Cuántas libras de harina de trigo consumes?

_____ Libras Semana _____ Mes _____

8.- ¿Consumes Pan?

Si: _____ No: _____

9.- ¿De dónde obtiene el Pan?

_____ Dirección (panadería): _____



10.- ¿Tipo de Pan que generalmente consume?

11.- ¿Frecuencia de consumo?

_____ Unidades Diarias: _____ Semanales: _____

Comentarios:



ANEXO 2

Lista de panaderías, de las parroquias urbanas de la ciudad de Cuenca, registradas en el MIPRO.

- Las panaderías resaltadas son en las que se realizaron las encuestas.
- Las muestras de harina de trigo “pan de oro” fueron obtenidas de las panaderías, 21, 25, 37, 72 y 89.

N	Parroquia	Taller	Dirección
1	BELLAVISTA	PANADERIA PINOS	LUIS CORDERO No 13-26 y VEGA MUÑOZ
2	BELLAVISTA	PANADERIA LOS ANGELES	JOSE MIGUEL ORTEGA No S/N y PLATON
3	BELLAVISTA	PANADERIA CARACOL	ESTEVEZ DE TORAL No S/N y RAFAEL MARIA ARIZAGA
4	BELLAVISTA	DELICIAS DE MI TIERRA	BENIGNO MALO No S/N y VEGA MUÑOZ
5	BELLAVISTA	Panaderia el manantial	PIO BRAVO No 5-19 y MARIANO CUEVA
6	BELLAVISTA	EL CLON DEL PAN	ABELARDO J. ANDRADE No 14-12 y ESPADAÑA
7	BELLAVISTA	VICTORIA'S PANADERIA	AVENIDA DE LAS AMERICAS No 10-90 y ABELARDO J. ANDRADE
8	BELLAVISTA	jim's mini donuts	AV. ABELARDO J. ANDRADE No S/N y HUMBOLDT
9	BELLAVISTA	Panaderia y pasteleria española	PUCARA No S/N y SICALPA
10	CAÑARIBAMBA	PANADERIA SAN AGUSTIN	Camilo Ponce Enriquez No s/n y
11	CAÑARIBAMBA	PANADERIA EL PALACIO	PASEO DE LOS CAÑARIS No S/N y HERNANDO LEO PULLA
12	CAÑARIBAMBA	PANADERIA JESSICA	AV. VIRACOCABAMBA No 3-50 y QUILLAÑAN
13	CAÑARIBAMBA	PANADERIA Y PASTELERIA LA ANTOJERIA	VIRACOCABAMBA No 2-91 y GUAPONDELIG
14	EL BATÁN	CAKE BOSS	GRAN COLOMBIA No 22-369 y DE LOS MANZANEROS
15	EL BATÁN	EL TRADICIONAL SABOR DE AMBATO	AV LAS AMERICAS No SN y EL BATAN
16	EL BATÁN	SN	CIUADELA LA FLORIDA No S/N y N/A
17	EL BATÁN	EL RINCON CUENCANO	AV. 12 DE ABRIL No S/N y UNIDAD NACIONAL
18	EL BATÁN	fabripan	ROBERTO CRESPO No S/N y AV. ESCANDON
19	EL BATÁN	PAN SABROSO PAN	AV. 12 DE ABRIL No S/N y AV. DE LAS AMERICAS
20	EL SAGRARIO	GANACHE	BOLIVAR No 6-27 y HERMANO MIGUEL
21	EL SAGRARIO	PAN DE GUALACEO	GRAN COLOMBIA No 3-96 y VARGAS MACHUCA



22	EL SAGRARIO	panaderia el relampago	HERMANO MIGUEL No 11-60 y GASPAS SANGURIMA
23	EL SAGRARIO	panaderia california	HONORATO VAZQUEZ No 5-07 y MARIANO CUEVA
24	EL SAGRARIO	PANADERIA y pasteleria EL TRIGAL	GASPAS SANGURIMA No 3-85 y VARGAS MACHUCA
25	EL SAGRARIO	GONZALEZ QUINTANA JOSE MARCELINO	VARGAS MACHUCA No 9-64 y GRAN COLOMBIA
26	EL SAGRARIO	PANADERIA CENTRAL	MARISCAL SUCRE No 5-11 y MARIANO CUEVA
27	EL SAGRARIO	PAN DEL AZUAY	CALLE LARGA No 10-54 y PADRE AGUIRRE
28	EL SAGRARIO	SOYA PAN ELIMPS	MANUEL VEGA No S/N y HONORATO VAZQUEZ
29	EL SAGRARIO	PANADERIA Y PASTELERIA LA FRANCESA	MARISCAL LAMAR No y OCTAVIO CORDERO
30	EL SAGRARIO	LA PONDEROSA	LUIS CORDERO No 12-98 y ANTONIO VEGA MUÑOZ
31	EL SAGRARIO	SABORS PLACE	VARGAS MACHUCA No 12-83 y GASPAS SANGURIMA
32	EL SAGRARIO	PANADERIA CORPUS	HERMANO MIGUEL No 6-68 y PRESIDENTE CORDOVA
33	EL VECINO	RICO PAN	Turuhuayco No 2-139 y calle vieja
34	EL VECINO	PANADERIA EL TRIGAL	MANUEL PLAZA No S/N y BARRIAL BLANCO
35	EL VECINO	PANADERIA MARIA AUXILIADORA	JUAN LAVALLE No 3-21 y GENERAL MIRE
36	EL VECINO	PANERIA GOURMET	AV. DE LAS AMERICAS No S/N y EL TABLON
37	EL VECINO	panaderia san sebastian	OBISPO MIGUEL LEÓN No 4- 66 y MARIANO VEINTIMILLA
38	EL VECINO	PANADERIA y pasteleria EL CISNE	AVENIDA MIRAFLORES No 2-10 y PASILLO
39	GIL RAMÍREZ DÁVALOS	EUROPAN PLACE	MARISCAL SUCRE No 13-12 y JUAN MONTALVO
40	GIL RAMÍREZ DÁVALOS	PANADERIA Y PASTELERIA EL ESQUISITO PAN	Presidente Cordova No 9-35 y Padre Aguirre
41	GIL RAMÍREZ DÁVALOS	LEATHER SHOP	GENERAL TORRES No 7-33 y PRESIDENTE CORDOVA
42	HERMANO MIGUEL	EL EXQUISITO PAN AMBATENO	VIA PATAMARCA No S/N y
43	HERMANO MIGUEL	EL SUPER PAN DE AMBATO	AV. PATAMARCA No S/N y COJIMIES
44	HERMANO MIGUEL	PANADERIA CARMITA	JUAN LAVALLE No 3-45 y
45	HERMANO MIGUEL	PANADERIA ALEX	SAN SILVESTRE No C-2 y
46	HUAYNACÁPAC	PANADERIA EL REDONDEL	AV. PAUCARBAMBA No S/N y AV. 12 DE ABRIL
47	HUAYNACÁPAC	EL TALLER DE AKU	JAIME ROSALES No 2-93 y CALLE EL RETORNO
48	HUAYNACÁPAC	PASTELERIA DEL RIO	AV. 27 DE FEBRERO No 1-190 y AV. DIEZ DE AGOSTO
49	HUAYNACÁPAC	PANADERIA SAN	JORGE CARRERA No 4-94 y GIL



		MIGUEL	GILBERT
50	MACHÁNGARA	DULCE PAN	PATOCOCHA No y PUCACOCHA
51	MACHÁNGARA	SUPER PAN DE AMBATO	FEDERIGO CONZALEZ SUAREZ No S/N y PASEO MACHANGARA
52	MONAY	EL PARAISO DEL PAN	POPAYAN No L-18 y ASUNCION
53	MONAY	panADERIA SAN JACINTO	puebla de los angeles No It-3 y washington
54	MONAY	maboli	Av. Gonzales Suarez No y N/A
55	SAN BLAS	PANADERIA MEDITERRANEO	HERMANO MIGUEL No 4-11 y CALLE LARGA
56	SAN BLAS	el pan frances	VARGAS MACHUCA No 10-84 y LAMAR
57	SAN BLAS	SABOR LATINO	VEGA MUNOZ No 3-10 y TOMAS ORDONEZ
58	SAN BLAS	PANADERIA CROCANTITOS	JUAN JOSE FLORES No 5-99 y GARCIA MORENO
59	SAN BLAS	PASTIPAN ATENAS	AV. GONZALEZ SUÁREZ No 3-81 y GARCIA MORENO
60	SAN BLAS	DELI KEY	HONORATO VAZQUEZ No 1-122 y MIGUEL ANGEL ESTRELLA
61	SAN BLAS	PANADERIA D SAMA	GUAPONDELIG No 7-13 y JUAN JOSE FLORES
62	SAN BLAS	PANADERIA CORAZON DE LA CIUDAD	ROCAFUERTE No 3-62 y AV. HUAYNA CÁPAC
63	SAN SEBASTIÁN	PANADERIA MELIDA	SANGURIMA No 17-74 y OCTAVIO CORDERO
64	SAN SEBASTIÁN	PANADERIA Y PASTELERIA MI DULCE PASTEL	MIGUEL HEREDIA No 5-03 y MARISCAL LAMAR
65	SAN SEBASTIÁN	PANADERIA RINCON COLONIAL	CORONEL TALBOT No 8-02 y SUCRE
66	SAN SEBASTIÁN	PANADERIA Y PASTELERIA PAN DEL PASO	MARISCAL LAMAR No 10-60 y GENERAL TORRES
67	SAN SEBASTIÁN	panaderia y pasteleria el manjar	AV. ORDOÑEZ LAZO No S/N y CESAR ANDRADE
68	SAN SEBASTIÁN	PANADERIA Y PASTELERIA PASTEL PAN	MANUEL RADA No SN y AV. ORDOÑEZ LAZO
69	SUCRE	ilforno	Pedro Berroeta No 1799 y Ricardo Munoz
70	SUCRE	DOLCETTO	JUAN CUESTA No S/N y ALFONSO MORENO MORA
71	SUCRE	Mosanti reposteria	Remigio Crespo Toral No 2-82 y Agustín Cueva
72	SUCRE	A PUNTO DE NIEVE	ALFONSO MORENO No 2-23 y JOSE ESCUDERO
73	SUCRE	d lu reposteria	ALFONSO MORENO MORA No 5-12 y CESAR DÁVILA ANDRADE
74	TOTORACOCHA	PANADERIA EL RINCON DEL SABOR	RUMIURCO No S/N y CURARAY
75	TOTORACOCHA	nova alimentos	RUMI URCO No y GUAPONDELIG ESQUINA
76	TOTORACOCHA	panaderia domingo lopez	ALTAR No 1-96 y ORIENTE
77	TOTORACOCHA	PAN Y PASTAS DE	AV. GONZALEZ SUÁREZ No S/N y



		GUALACEO	MANUEL PAREDES
78	TOTORACOCHA	PAN Y PASTA ZOILITA	AV. HURTADO DE MENDOZA No S/N y ANTISANA
79	TOTORACOCHA	PANADERIA PANKEY	AV. DE LOS ANDES No S/N y SARA URCO
80	TOTORACOCHA	PANADERIA Y PASTELERIA PASTEL PAN	Avenida Yanahurco No S/N y Cordillera
81	TOTORACOCHA	SU PANADERIA	AV. HURTADO DE MENDOZA No 3-293 y SARA URCO
82	TOTORACOCHA	Panaderia pan rico	Av. Yanahurco No y Rio Upano
83	YANUNCAY	panaderia iberia	PEDRO ALVAREZ No S/N y AV. DON BOSCO
84	YANUNCAY	GALLETAS LA CUENCANITA	VIA A NARANCA Y No S/N y PANAMERICANA SUR
85	YANUNCAY	Strawberry & sal	Urb Porton Sevilla Ave.1 de Mayo No SN y Canton Samborodom
86	YANUNCAY	PANADERIA Y PASTELERIA EMILIA & ALEXIS	Av. Don Bosco No s/n y el Salado
87	YANUNCAY	PANADERIA Y PASTELERIA LA ONCE	AV. PRIMERO DE MAYO No S/N y LIZARDO ABAD
88	YANUNCAY	sweety bakery	LOS JUGLARES No S/N y FRANCISCO DE ORELLANA
89	YANUNCAY	panaderia y pasteleria delicias del trigo	Gregorio Maranon No L-A y Felipe II
90	YANUNCAY	DELICENTRO PANILANDIA	RICARDO DURAN No S/N y PEDRO BOUGER
91	YANUNCAY	LA CESTA DEL PAN PANADERIA Y PASTELERIA	AV. DON BOSCO No S/N y FERNANDO DE ARAGON



ANEXO 3



INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV-IE 93317
Orden de ingreso: OI-477-17

CLIENTE: Leticia Lastenia Huinisaca Quizhpe.
DIRECCIÓN: Gualaquiza.
IDENTIFICACION: Y1
PROCEDENCIA: N/A
TIPO DE MUESTRA: Alimento
CODIGO DE LA MUESTRA: 17477
TIPO DE ENVASE: Funda de Polietileno.
LOTE: N/A

FECHA DE RECEPCIÓN: 13/11/2017
FECHA DE ANALISIS: 15/11/2017
FECHA DE ENTREGA: 04/12/2017
FECHA DE ELAB/TOMA: 11/11/2017
FECHA DE CAD: N/A
FORMA DE CONSERVACIÓN: Ambiente fresco y seco
MUESTREO: Por el cliente

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS
ARSENICO	**ABSORCION ATOMICA	mg/Kg	<0.0002
CENIZA	**AOAC923.03	%	0.72

**Resultado proporcionado por laboratorio subcontratado.


 Dra. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO



Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio, no siendo extensivo a cualquier lote. Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio. Los valores de incertidumbre se encuentran disponibles en el laboratorio MSV.

FMC2101-05

Página 1 de 1

PR **Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)**
Telf: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com



ANEXO 3



INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV- IE 93217
Orden de ingreso: OI-476-17

CLIENTE: Leticia Lastenia Huinisaca Quizhpe.
DIRECCIÓN: Gualaquiza.
IDENTIFICACION: Y2
PROCEDENCIA: N/A
TIPO DE MUESTRA: Alimento
CODIGO DE LA MUESTRA: 17476
TIPO DE ENVASE: Funda de Polietileno.
LOTE: N/A

FECHA DE RECEPCIÓN: 13/11/2017
FECHA DE ANALISIS: 15/11/2017
FECHA DE ENTREGA: 04/12/2017
FECHA DE ELAB/TOMA: 11/11/2017
FECHA DE CAD: N/A
FORMA DE CONSERVACIÓN: Ambiente fresco y seco
MUESTREO: Por el cliente

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS
ARSENICO	**ABSORCION ATOMICA	mg/Kg	<0.0002
CENIZA	**AOAC923.03	%	0.76

**Resultado proporcionado por laboratorio subcontratado.


 Dra. Sandra Guaraca Maldonado
 GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio, no siendo extensivo a cualquier lote. Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio. Los valores de incertidumbre se encuentran disponibles en el laboratorio MSV.

FMC2101-05

Página 1 de 1

PR Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)
Telf: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com



ANEXO 3



INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV- IE 93117
Orden de ingreso: OI-475-17

CLIENTE: Leticia Lastenia Huinisaca Quizhpe. DIRECCIÓN: Gualaquiza. IDENTIFICACION: Y3 PROCEDENCIA: N/A TIPO DE MUESTRA: Alimento CODIGO DE LA MUESTRA: 17475 TIPO DE ENVASE: Funda de Polietileno. LOTE: N/A	FECHA DE RECEPCIÓN: 13/11/2017 FECHA DE ANALISIS: 15/11/2017 FECHA DE ENTREGA: 04/12/2017 FECHA DE ELAB/TOMA: 11/11/2017 FECHA DE CAD: N/A FORMA DE CONSERVACIÓN: Ambiente fresco y seco MUESTREO: Por el cliente
--	--

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS
ARSENICO	**ABSORCION ATOMICA	mg/Kg	<0.0002
CENIZA	**AOAC923.03	%	0.68

**Resultado proporcionado por laboratorio subcontratado.

Dra. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio, no siendo extensivo a cualquier lote. Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio. Los valores de incertidumbre se encuentran disponibles en el laboratorio MSV.

FMC2101-05

Página 1 de 1

PR **Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)**
Telf: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com



ANEXO 3



INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV- IE 92917
Orden de ingreso: OI-473-17

<p>CLIENTE: Leticia Lastenia Huinisaca Quizhpe. DIRECCIÓN: Gualaquiza. IDENTIFICACION: S1 PROCEDENCIA: N/A TIPO DE MUESTRA: Alimento CODIGO DE LA MUESTRA: 17473 TIPO DE ENVASE: Funda de Polietileno. LOTE: N/A</p>	<p>FECHA DE RECEPCIÓN: 13/11/2017 FECHA DE ANALISIS: 15/11/2017 FECHA DE ENTREGA: 04/12/2017 FECHA DE ELAB/TOMA: 11/11/2017 FECHA DE CAD: N/A FORMA DE CONSERVACIÓN: Ambiente fresco y seco MUESTREO: Por el cliente</p>
---	---

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS
ARSENICO	**ABSORCION ATOMICA	mg/Kg	<0.0002
CENIZA	**AOAC923.03	%	0.48

**Resultado proporcionado por laboratorio subcontratado.

Dra. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio, no siendo extensivo a cualquier lote. Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio. Los valores de incertidumbre se encuentran disponibles en el laboratorio MSV.

FMC2101-05

Página 1 de 1

PR Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)
Telf: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com



ANEXO 3



INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV- IE 92817
Orden de ingreso: OI-472-17

<p>CLIENTE: Leticia Lastenia Huinísaca Quizhpe. DIRECCIÓN: Gualaquiza. IDENTIFICACION: S2 PROCEDENCIA: N/A TIPO DE MUESTRA: Alimento CODIGO DE LA MUESTRA: 17472 TIPO DE ENVASE: Funda de Polietileno. LOTE: N/A</p>	<p>FECHA DE RECEPCIÓN: 13/11/2017 FECHA DE ANALISIS: 15/11/2017 FECHA DE ENTREGA: 04/12/2017 FECHA DE ELAB/TOMA: 11/11/2017 FECHA DE CAD: N/A FORMA DE CONSERVACIÓN: Ambiente fresco y seco MUESTREO: Por el cliente</p>
---	---

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS
ARSENICO	**ABSORCION ATOMICA	mg/Kg	<0.0002
CENIZA	**AOAC923.03	%	0.78

**Resultado proporcionado por laboratorio subcontratado.

Drá. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO



Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio, no siendo extensivo a cualquier lote. Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio. Los valores de incertidumbre se encuentran disponibles en el laboratorio MSV.

FMC2101-05

Página 1 de 1

PR Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)
 Telf: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com



ANEXO 3



INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV- IE 92717
Orden de ingreso: OI-471-17

CLIENTE: Leticia Lastenia Huinisaca Quizhpe. DIRECCIÓN: Gualaquiza. IDENTIFICACION: S3 PROCEDENCIA: N/A TIPO DE MUESTRA: Alimento CODIGO DE LA MUESTRA: 17471 TIPO DE ENVASE: Funda de Polietileno. LOTE: N/A	FECHA DE RECEPCIÓN: 13/11/2017 FECHA DE ANALISIS: 15/11/2017 FECHA DE ENTREGA: 04/12/2017 FECHA DE ELAB/TOMA: 11/11/2017 FECHA DE CAD: N/A FORMA DE CONSERVACIÓN: Ambiente fresco y seco MUESTREO: Por el cliente
--	--

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS
ARSENICO	**ABSORCION ATOMICA	mg/Kg	<0.0002
CENIZA	**AOAC923.03	%	0.57

**Resultado proporcionado por laboratorio subcontratado.



Dra. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio, no siendo extensivo a cualquier lote. Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio. Los valores de incertidumbre se encuentran disponibles en el laboratorio MSV.

FMC2101-05

Página 1 de 1

PR **Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)**
Tel: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com



ANEXO 3



INFORME DE RESULTADOS

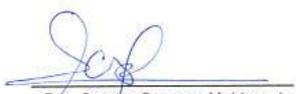
Informe N°: MSV- IE 92617
Orden de ingreso: OI-470-17

<p>CLIENTE: Leticia Lastenia Huínisaca Quizhpe. DIRECCIÓN: Gualaquiza. IDENTIFICACION: M1 PROCEDENCIA: N/A TIPO DE MUESTRA: Alimento CODIGO DE LA MUESTRA: 17470 TIPO DE ENVASE: Funda de Polietileno. LOTE: N/A</p>	<p>FECHA DE RECEPCIÓN: 13/11/2017 FECHA DE ANALISIS: 15/11/2017 FECHA DE ENTREGA: 04/12/2017 FECHA DE ELAB/TOMA: 11/11/2017 FECHA DE CAD: N/A FORMA DE CONSERVACIÓN: Ambiente fresco y seco MUESTREO: Por el cliente</p>
---	---

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS
ARSENICO	**ABSORCION ATOMICA	mg/Kg	<0.0002
CENIZA	**AOAC923.03	%	0.68

**Resultado proporcionado por laboratorio subcontratado.



Dra. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio, no siendo extensivo a cualquier lote. Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio. Los valores de incertidumbre se encuentran disponibles en el laboratorio MSV.

FMC2101-05

Página 1 de 1

PR Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)
Telf: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com



ANEXO 3



INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV- IE 92517
Orden de ingreso: OI-469-17

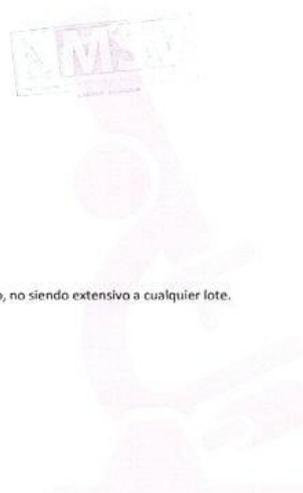
<p>CLIENTE: Leticia Lastenia Huinisaca Quizhpe DIRECCIÓN: Gualaquiza IDENTIFICACION: M2 PROCEDENCIA: N/A TIPO DE MUESTRA: Alimento CODIGO DE LA MUESTRA: 17469 TIPO DE ENVASE: Funda de Polietileno. LOTE: N/A</p>	<p>FECHA DE RECEPCIÓN: 13/11/2017 FECHA DE ANALISIS: 15/11/2017 FECHA DE ENTREGA: 04/12/2017 FECHA DE ELAB/TOMA: 11/11/2017 FECHA DE CAD: N/A FORMA DE CONSERVACIÓN: Ambiente fresco y seco MUESTREO: Por el cliente</p>
---	---

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS
ARSENICO	**ABSORCION ATOMICA	mg/Kg	<0.0002
CENIZA	**AOAC923.03	%	0.71

**Resultado proporcionado por laboratorio subcontratado.

Dra. Sandra Guaraca Maldonado
 GERENTE DE LABORATORIO



Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio, no siendo extensivo a cualquier lote. Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio. Los valores de incertidumbre se encuentran disponibles en el laboratorio MSV.

FMC2101-05

Página 1 de 1

PR Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)
 Telf: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com



ANEXO 3



INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV- IE 92417
Orden de ingreso: OI-468-17

CLIENTE: Leticia Lastenia Huinisaca Quizhpe. DIRECCIÓN: Gualaquiza IDENTIFICACION: M3 PROCEDENCIA: N/A TIPO DE MUESTRA: Alimento CODIGO DE LA MUESTRA: 17468 TIPO DE ENVASE: Funda de Polietileno. LOTE: N/A	FECHA DE RECEPCIÓN: 13/11/2017 FECHA DE ANALISIS: 15/11/2017 FECHA DE ENTREGA: 04/12/2017 FECHA DE ELAB/TOMA: 11/11/2017 FECHA DE CAD: N/A FORMA DE CONSERVACIÓN: Ambiente fresco y seco MUESTREO: Por el cliente
---	--

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS
ARSENICO	**ABSORCION ATOMICA	mg/Kg	<0.0002
CENIZA	**AOAC923.03	%	1.01

**Resultado proporcionado por laboratorio subcontratado.

 Dra. Sandra Guaraca Maldonado
 GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio, no siendo extensivo a cualquier lote. Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio. Los valores de incertidumbre se encuentran disponibles en el laboratorio MSV.

FMC2101-05

Página 1 de 1

CB Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)
 Telf: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com



ANEXO 3



INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV- IE 80418
Orden de ingreso: OI-314-18

CLIENTE: LETICIA LASTENIA HUINISACA QUIZHPE. DIRECCIÓN: GUALAQUIZA. IDENTIFICACION: P1 PROCEDENCIA: N/A TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO CODIGO DE LA MUESTRA: 18314 TIPO DE ENVASE: FUNDA DE POLIETILENO. LOTE: N/A	FECHA DE RECEPCIÓN: 30/05/2018 FECHA DE ANALISIS: 01/06/2018- 07/06/2018 FECHA DE ENTREGA: 15/06/2018 FECHA DE ELAB/TOMA: 30/05/2018 FECHA DE CAD: N/A FORMA DE CONSERVACIÓN: AMBIENTE FRESCO Y SECO MUESTREO: POR EL CLIENTE
--	--

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS
ARSENICO	**ABSORCION ATOMICA	mg/Kg	< 0.0002
CENIZA	**AOAC923.03	%	1.01

**Resultado proporcionado por laboratorio subcontratado.

Dra. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio, no siendo extensivo a cualquier lote. Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio. Los valores de incertidumbre se encuentran disponibles en el laboratorio MSV.

FMC2101-05

Página 1 de 1

LD **Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)**
Telf: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com



ANEXO 3



INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV- IE 80518
Orden de ingreso: OI-315-18

<p>CLIENTE: LETICIA LASTENIA HUINISACA QUIZHPE. DIRECCIÓN: GUALAQUIZA. IDENTIFICACION: P2 PROCEDENCIA: N/A TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO CODIGO DE LA MUESTRA: 18315 TIPO DE ENVASE: FUNDA DE POLIETILENO. LOTE: N/A</p>	<p>FECHA DE RECEPCIÓN: 30/05/2018 FECHA DE ANALISIS: 01/06/2018- 07/06/2018 FECHA DE ENTREGA: 15/06/2018 FECHA DE ELAB/TOMA: 30/05/2018 FECHA DE CAD: N/A FORMA DE CONSERVACIÓN: AMBIENTE FRESCO Y SECO MUESTREO: POR EL CLIENTE</p>
--	---

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS
ARSENICO	**ABSORCION ATOMICA	mg/Kg	< 0.0002
CENIZA	**AOAC923.03	%	1.00

**Resultado proporcionado por laboratorio subcontratado.

Dra. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio, no siendo extensivo a cualquier lote. Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio. Los valores de incertidumbre se encuentran disponibles en el laboratorio MSV.

FMC2101-05

Página 1 de 1

LD Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)
Telf: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com



ANEXO 3



INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV- IE 80618
Orden de ingreso: OI-316-18

CLIENTE: LETICIA LASTENIA HUINISACA QUIZHPE. DIRECCIÓN: GUALAQUIZA. IDENTIFICACION: P3 PROCEDENCIA: N/A TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO CODIGO DE LA MUESTRA: 18316 TIPO DE ENVASE: FUNDA DE POLIETILENO. LOTE: N/A	FECHA DE RECEPCIÓN: 30/05/2018 FECHA DE ANALISIS: 01/06/2018- 07/06/2018 FECHA DE ENTREGA: 15/06/2018 FECHA DE ELAB/TOMA: 30/05/2018 FECHA DE CAD: N/A FORMA DE CONSERVACIÓN: AMBIENTE FRESCO Y SECO MUESTREO: POR EL CLIENTE
--	--

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS
ARSENICO	**ABSORCION ATOMICA	mg/Kg	< 0.0002
CENIZA	**AOAC923.03	%	0.95

**Resultado proporcionado por laboratorio subcontratado.

Dra. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio, no siendo extensivo a cualquier lote. Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio. Los valores de incertidumbre se encuentran disponibles en el laboratorio MSV.

FMC2101-05

Página 1 de 1

LD Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)
Telf: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com



ANEXO 3



INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV- IE 80718
Orden de Ingreso: OI-317-18

CLIENTE: LETICIA LASTENIA HUINISACA QUIZHPE. DIRECCIÓN: GUALAQUIZA. IDENTIFICACION: P4 PROCEDENCIA: N/A TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO CODIGO DE LA MUESTRA: 18317 TIPO DE ENVASE: FUNDA DE POLIETILENO. LOTE: N/A	FECHA DE RECEPCIÓN: 30/05/2018 FECHA DE ANALISIS: 01/06/2018- 07/06/2018 FECHA DE ENTREGA: 15/06/2018 FECHA DE ELAB/TOMA: 30/05/2018 FECHA DE CAD: N/A FORMA DE CONSERVACIÓN: AMBIENTE FRESCO Y SECO MUESTREO: POR EL CLIENTE
--	--

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS
ARSENICO	**ABSORCION ATOMICA	mg/Kg	< 0.0002
CENIZA	**AOAC923.03	%	0.98

**Resultado proporcionado por laboratorio subcontratado.

Dra. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio, no siendo extensivo a cualquier lote. Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio. Los valores de incertidumbre se encuentran disponibles en el laboratorio MSV.

FMC2101-05

Página 1 de 1

LD Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)
Telf: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com



ANEXO 3



INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV-IE 80818
Orden de Ingreso: OI-318-18

CLIENTE: LETICIA LASTENIA HUINISACA QUIZHPE. DIRECCIÓN: GUALAQUIZA. IDENTIFICACION: P5 PROCEDENCIA: N/A TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO CODIGO DE LA MUESTRA: 18318 TIPO DE ENVASE: FUNDA DE POLIETILENO. LOTE: N/A	FECHA DE RECEPCIÓN: 30/05/2018 FECHA DE ANALISIS: 01/06/2018- 07/06/2018 FECHA DE ENTREGA: 15/06/2018 FECHA DE ELAB/TOMA: 30/05/2018 FECHA DE CAD: N/A FORMA DE CONSERVACIÓN: AMBIENTE FRESCO Y SECO MUESTREO: POR EL CLIENTE
--	--

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS
ARSENICO	**ABSORCION ATOMICA	mg/Kg	< 0.0002
CENIZA	**AOAC923.03	%	0.93

**Resultado proporcionado por laboratorio subcontratado.

Dra. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio, no siendo extensivo a cualquier lote. Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio. Los valores de incertidumbre se encuentran disponibles en el laboratorio MSV.

FMC2101-05

Página 1 de 1

LD Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)
Telf: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com