



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA



CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Efectos toxicológicos del consumo de lectina de frijoles en la población de la ciudad de Ambato.

Trabajo de Titulación, Modalidad Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Cynthia Stephanie Coca Cando.

Tutor: Dra. Liliana Alexandra Cerda Mejía.

Ambato – Ecuador

Enero 2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dra. Liliana Alexandra Cerda Mejía

CERTIFICA

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad de Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos y Biotecnología, de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, 21 de diciembre del 2020.

Dra. Liliana Alexandra Cerda Mejía

C.I. 180414808-6

TUTORA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Cynthia Stephanie Coca Cando, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Cynthia Stephanie Coca Cando

C.I. 180522082-7

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Presidente del Tribunal

PhD. Dayana Cristina Morales Acosta

C.I.: 180413557-0

Mg. Mayra Fernanda Chico Terán

C.I.: 1003327044

Ambato, 11 de enero del 2021

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Cynthia Stephanie Coca Cando

C.I. 180522082-7

AUTORA

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado principalmente a quienes han sido mis acompañantes todos los días de mi vida, quienes han depositado todo su esfuerzo y amor para que yo pueda alcanzar este sueño, mis padres Fernando y Carmita, quienes admiro y amo.

A mis hermanos Verónica y Stalin por el gran ejemplo que me han dado en el transcurso de los años.

A mi sobrino Raúl Fernando que me llena de alegría y nuevas experiencias, jamás imaginé que una persona tan chiquita me iba a invadir de emociones.

A mis abuelitos Papá Joaquín, Mamita Mariana, Papito Ángel y Mamita Cortez; mis raíces, mis ángeles, que siempre me llenaron y llenan de consejos, de amor, de anécdotas y de hermosas experiencias que jamás olvidaré.

A todas las personas que han sido mi mano derecha y nunca me han soltado, con su sola presencia me animan el alma.

A todas las personas que han pasado por momentos de angustia y dolor en este confinamiento, para todos ellos deposito mi fe de esperanza, ya pronto saldremos de esta.

AGRADECIMIENTO

Tras recorrer una de las etapas más lindas de mi vida, la universidad, me llené de momentos y personas que han marcado mucho mi camino, personas que hasta hoy las llevo en mi corazón y alma. A todos ellos quiero agradecerles por enseñarme el valor de la amistad y por todo el apoyo brindado.

A mis maestros que han dejado huella en mí con su sabiduría y valiosa experiencia que avivaron mis ganas de seguir adelante y luchar por este sueño.

A mi tutora de tesis, Inge Lili, que a más de ser una excelente docente, es una excelente persona y ha sido una amiga en quien confiar dentro de la institución.

Y finalmente quiero agradecer profundamente a mis padres y hermanos que nunca me dejaron sola, dando todo por mí y haciendo de mi vida lo que en verdad es, una vida.

ÍNDICE GENERAL DEL CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DEL CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPITULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1 Leguminosas.....	1
1.1.2 Frijoles.....	2
1.1.2.1 Especies de Frijoles	2
1.1.2.1.1 <i>Phaseolus vulgaris</i>	2

1.1.2.1.1.2 Componentes	4
1.1.2.2 Legislación Alimentaria	6
1.1.2.3 Componentes antinutricionales	7
1.1.3 Lectinas	7
1.1.3.1 Clasificación de lectinas vegetales	7
1.1.3.2 Aplicaciones	8
1.1.3.3 Estructura.....	8
1.1.3.4 Efectos toxicológicos	10
1.1.4 Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETAs)	10
Objetivos	11
1.1.5 Objetivo General	11
1.1.6 Objetivos Específicos	11
CAPITULO II	12
METODOLOGÍA	12
2.1 Modalidad revisión bibliográfica	12
2.2 Determinación de la población y muestra	12
2.2.1 Población	12
2.2.2 Muestra	12
2.3 Validación de la encuesta.....	13
2.4 Instrumento de recolección de información.....	14
2.4.1 Encuesta.....	14

2.5	Procesamiento de la información	14
2.6	Análisis e interpretación de resultados.....	14
CAPITULO III.....		15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		15
3.1	Análisis y discusión de los resultados.....	15
3.1.1	Variedades de frijoles que contienen lectinas	15
3.1.2	Efectos sobre la salud del consumo de frijoles.....	16
3.1.3	Efectos toxicológicos de las lectinas	16
3.1.4	Tratamiento de los frijoles para eliminar las lectinas.....	17
3.1.5	Análisis de los resultados de la encuesta.....	18
CAPÍTULO IV.....		30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		30
4.1	Conclusiones	30
4.2	Recomendaciones.....	31
BIBLIOGRAFÍA		32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura general de las lectinas de leguminosas. (A) Tetrámero con dominios de reconocimiento de carbohidratos (rojo); (B) Amplificación del monómero: laminas β (amarillo), giros α (púrpura), sitios de unión de metales (área de esfera verde y gris) y dominio de reconocimiento de carbohidratos (área ocupada por la molécula gris y roja).....	9
Figura 2. Rangos de edad de las personas encuestadas.....	19
Figura 3. Género al que pertenecen los encuestados	19
Figura 4. Frecuencia del consumo de frijoles	20
Figura 5. Tipo de frijol que se consume.....	20
Figura 6. Forma de consumo del frijol.....	21
Figura 7. Personas que cocinan frijoles	21
Figura 8. Personas que ponen a remojar los frijoles	22
Figura 9. Tiempo de remojo de los frijoles.....	22
Figura 10. Tipo de cocción de los frijoles.....	23
Figura 11. Personas que hierven los frijoles	24
Figura 12. Tiempo de cocción de los frijoles.....	24
Figura 13. Intensidad de llama de cocción.....	25
Figura 14. Personas que conocen que es una intoxicación alimentaria	25
Figura 15. Personas que conocen la intoxicación por frijoles mal cocidos	26
Figura 16. Personas que conocen la temperatura para intoxicación en frijoles	26

Figura 17. Personas que han presentado náuseas.....	27
Figura 18. Personas que han presentado vómitos	27
Figura 19. Personas que han presentado diarrea	28
Figura 20. Personas que conocen a las lectinas	28
Figura 21. Personas que conocen la intoxicación por lectinas.....	29

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Tamaño de la muestra.....	12
Ecuación 2. Alfa de Cronbach	13

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes presentes en frijoles <i>Phaseolus vulgaris</i> (100 g de semilla cruda en base seca).....	3
Tabla 2. Componentes nutricionales de diferentes frijoles secos seleccionados.	5
Tabla 3. Contenido de almidón resistente de diferentes frijoles seleccionados	5
Tabla 4. Contenido de fibra total de diferentes frijoles seleccionados.....	6

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de la encuesta.....	40
Anexo 2. Instrumento de validación de la encuesta.....	44
Anexo 3. Cálculo del tamaño de la muestra	46
Anexo 4. Cálculo del Alfa de Cronbach	46

RESUMEN

Los frijoles proporcionan nutrientes como carbohidratos, proteínas, fibra, minerales y vitaminas; por lo que se destacan como un alimento de importancia nutricional y económica en cualquier país de mundo. Pero, por otro lado, existen compuestos antinutricionales y tóxico que pueden afectar a la salud humana. Entre estos componentes se encuentran las lectinas vegetales, que son proteínas con alta especificidad para reconocer carbohidratos, por lo que, al ingerirlos a través de frijoles mal cocidos, se unen fácilmente a las superficies celulares del intestino delgado, interfieren con el paso de nutrientes y llegan hasta dañar la pared intestinal ocasionando proliferación bacteriana. La toxicidad se puede presentar con náuseas, vómitos y diarrea. Sin embargo, las lectinas se pueden desactivar al cocinarlos adecuadamente. Por esa razón, surge la necesidad de ampliar el tema mediante una búsqueda bibliográfica y la aplicación de una encuesta virtual, metodologías utilizadas debido a la emergencia sanitaria ocasionada por el Covid-19, que permitan alcanzar los objetivos planteados y hallar los efectos toxicológicos que las lectinas del frijol pueden implicar para la salud de los habitantes de la ciudad de Ambato.

Palabras claves: Frijoles, leguminosas, lectinas vegetales, toxicología alimentaria, ETAs.

ABSTRACT

Beans provide nutrients like carbohydrates, protein, fiber, minerals, and vitamins; so, they stand out as a food of nutritional and economic importance in any country in the world. But, on the other hand, there are antinutritional and toxic compounds that can affect human health. Among these components are plant lectins, which are proteins with high specificity to recognize carbohydrates, therefore, when ingested through undercooked beans, they easily bind to the cell surfaces of the small intestine, interfere with the passage of nutrients and they even damage the intestinal wall causing bacterial proliferation. Toxicity can present with nausea, vomiting, and diarrhea. However, lectins can be deactivated by cooking them properly. For this reason, the need arises to broaden the subject through a bibliographic search and the application of a virtual survey, methodologies used due to the health emergency caused by Covid-19, which allow achieving the objectives set and finding the toxicological effects that the Lectins from beans may affect the health of the inhabitants of the city of Ambato.

Keywords: Beans, legumes, plant lectins, food toxicology, ETAs.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

En América Latina, los frijoles se consideran como un alimento tradicional y su consumo es eminente por su biodisponibilidad territorial **(He et al., 2018 & Suárez Martínez et al., 2016)**. En Ecuador, existe una demanda elevada de esta leguminosa por parte de la población, siendo así uno de los componentes más importantes dentro de la alimentación ecuatoriana **(Carrera & Canacuán, 2011)**.

Sin embargo, los frijoles pueden ser perjudiciales para la salud humana si no se manipulan correctamente, porque contienen varios compuestos antinutricionales. Entre ellos se puede mencionar compuestos como: polifenoles, taninos, proteasas, lectinas (proteínas), antivitaminas, oligosacáridos no digeribles, alérgenos y fitatos. En efecto, las lectinas, son los principales contribuyentes de efectos toxicológicos de estas leguminosas **(Suárez Martínez et al., 2016)**.

1.1.1 Leguminosas

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) considera leguminosas a las plantas que tienen su fruto dentro de una vaina y denomina legumbres a las semillas comestibles secas de la misma familia **(FAO, 2016)**.

Las leguminosas son muy importantes dentro de la dieta humana ya que proporcionan el 33% de proteína y representan el 27% de la producción agrícola en el mundo. Su clasificación es variada, pero principalmente se conocen tres familias: *Cesalpinaceae*, *Mimosaceae* y *Fabaceae* **(Llamas & Acedo, 2016)**.

Entre las semillas de leguminosas más conocidas están las arvejas, la soja, el maní **(Vlasova et al., 2016)**, las habas, las lentejas **(FAO, 2016)** y los frijoles; como por ejemplo el frijol común seco (*Phaseolus vulgaris*) que es la leguminosa de mayor consumo en el mundo **(Suárez Martínez et al., 2016)**.

1.1.2 Frijoles

Los frijoles maduros y secos son una fuente rica de carbohidratos, proteínas, fibra dietética, minerales y vitaminas; por este motivo son excelentes recursos nutricionales y económicos en cualquier país del mundo (**Hayat et al., 2014**).

Según **Ganesan & Xu, (2017)**, la cantidad de proteína de los frijoles varía entre el 15 y 35% dependiendo del cultivar. Dicho de otro modo, cien gramos de frijoles comunes secos proporcionan aproximadamente de 9 a 35 gramos de proteína que representan casi el 20% del consumo recomendado para un adulto al día.

1.1.2.1 Especies de Frijoles

Dentro de las principales especies de frijoles se encuentran: *Phaseolus vulgaris* L. como el frijol común, *Phaseolus acutifolius*, *Phaseolus lunatus* como el frijol lima, *Phaseolus coccineus*, y *Phaseolus polyanthus* (**Suárez Martínez et al., 2016**).

1.1.2.1.1 *Phaseolus vulgaris*

Esta especie de frijol se encuentra distribuido en varias provincias del Ecuador especialmente de la región Sierra como Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Azuay y Loja. Pertenece a la familia *Leguminosae/Fabaceae*, subfamilia *Faboideae/Papilionoideae*, a la tribu *Phaseoleae* y subtribu *Phaseolinae* (**FAO, 2018b**).

Los frijoles comunes (*P. vulgaris* L.) son un buen complemento para el arroz, la yuca y el maíz (**Vlasova et al., 2016**) que normalmente se consumen en tierras ecuatorianas por su alto contenido de proteínas y carbohidratos que estos poseen (Tabla 1). Los frijoles comunes secos ricos en polifenoles contribuyen a la salud de los humanos con propiedades antioxidantes, antidiabéticas, antiinflamatorias y anticancerígenas (**Ganesan & Xu, 2017**).

Tabla 1. Componentes presentes en frijoles *Phaseolus vulgaris* (100 g de semilla cruda en base seca).

Componente / unidad	Cantidad
Agua (g / 100 g)	12,10
Energía (kcal)	337
Carbohidratos (%)	69,11
Proteína (%)	25,40
Gordo (%)	1,70
Ceniza (%)	3,78
Fibra (%)	17,4
Azúcares (%)	4,41
Almidón (%)	37,42
Ácidos grasos saturados (%)	0,193
Ácidos grasos monoinsaturados (%)	0,145
Ácidos grasos poliinsaturados (%)	0,993
Calcio (mg)	167
Cobre (mg)	0,949
Hierro (mg)	6,24
Magnesio (mg)	199
Manganeso (mg)	1,613
Fósforo (mg)	463
Potasio (mg)	1348
Sodio (mg)	5,69
Zinc (mg)	4,15
Tiamina (mg)	0,882
Riboflavina (mg)	0,186
Niacina (mg)	2,489
Ácido pantoténico (mg)	0,846
Folato total (mg)	0,414
Vitamina B6 (mg)	0,487
Betaína (mg)	0,113

Tocoferol total (mg)	2,5
----------------------	-----

Fuente: Suárez Martínez et al. (2016)

1.1.2.1.1.1 Clasificación de *Phaseolus vulgaris*

- **Frijoles pintos**

Son ovalados, medianos y con piel color marrón. Las hemaglutininas en forma aislada de estos frijoles poseen actividades antifúngicas, antidiabéticas y antitumorales (Ganesan & Xu, 2017).

- **Frijoles blancos**

Son ovalados, pequeños y con piel blanca. Son favorables durante la colitis experimental porque reducen los biomarcadores inflamatorios a nivel local y sistémico, y desfavorables al mismo tiempo por causar daño en la mucosa colónica (Zhang et al., 2014).

- **Frijoles rojos**

Como su nombre lo indica su piel es de color rojo, son ovalados, pequeños y de textura suave. Promueven la salud humana por sus actividades antiinflamatorias, antiproliferativas, inmunomoduladoras y antitumorales (Chan et al., 2013).

- **Frijoles negros**

Son ovalados, medianos, de piel color negra, de textura suave y sabor dulce. Son ricos en antocianinas y otros compuestos fenólicos que le permiten gran aplicación como colorantes alimentarios naturales (Mojica et al., 2017).

1.1.2.1.1.2 Componentes

En la Tabla 2, se describen los componentes más importantes en cuanto a proteínas y minerales de diferentes tipos de frijoles secos y seleccionados. El cual señala que una porción (0,5 de taza) de frijoles cocidos provee entre 7,5 y 7,7 gramos de proteína.

Tabla 2. Componentes nutricionales de diferentes frijoles secos seleccionados.

Frijoles (peso en g por media taza de frijoles cocidos)	Proteína (g)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Calcio (mg)	Potasio (mg)	Magnesio (mg)	Folato (µg)
Frijoles negros (86 g)	7,6	1,8	0,96	23	305	60	128
Frijoles (88,5 g)	7,7	2,0	0,9	31	358	37	115
Frijoles blancos (85,5 g)	7,5	2,15	0,9	63	354	48	127
Frijoles pintos (85,5 g)	7,7	1,8	0,8	40	373	43	147

Fuente: Messina (2014)

En la Tabla 3, se describe el contenido de almidón resistente presente en cien gramos de diferentes frijoles cocidos oscilando entre 1,7 a 4,2 gramos dependiendo el tipo. En frijoles el contenido de almidón resistente es más alto en comparación con otros granos que con normalidad se consumen (Messina, 2014).

Tabla 3. Contenido de almidón resistente de diferentes frijoles seleccionados

Frijoles	Almidón resistente (g / 100 g de frijoles cocidos)
Frijoles negros	1,7
Frijoles	2,0
Frijoles blancos	4,2
Frijoles pintos	1,9

Fuente: Messina (2014)

En la Tabla 4, una porción (0,5 de taza) de frijoles cocidos contiene entre 5,2 y 7,7 gramos de fibra total. Junto con las proteínas, son los componentes más altos presentes en frijoles y varían dependiendo el tipo.

Tabla 4. Contenido de fibra total de diferentes frijoles seleccionados

Frijoles (peso en g por media taza de frijoles cocidos)	Fibra total (g)
Frijoles negros (86 g)	7,5
Frijoles (88,5 g)	5,7
Frijoles blancos (91 g)	5,2
Frijoles pintos (85,5 g)	7,7

Fuente: Messina (2014)

1.1.2.2 Legislación Alimentaria

En la normativa ecuatoriana existen dos pertenecientes al manejo de frijoles, entre ellas están:

- **NTE INEN 1561: Granos y cereales. Fréjol en grano.**

El frijol en grano destinado para consumo humano debe cumplir con ciertos requisitos. Esta normativa revela porcentajes máximos permitidos para granos partidos, abiertos y dañados (por calor, por hongos o por insectos) según su grado de clasificación (del 1 al 4). El contenido de humedad no debe superar el 13%, asimismo el contenido de impurezas no debe sobrepasar del 5% (NTE INEN 1561, 1987).

- **NTE INEN 1558: Cereales y leguminosas. Fréjol. Determinación del tiempo de cocción**

La norma establece el método para determinar el tiempo de cocción de los frijoles en laboratorio. Las semillas se ponen a remojar en agua durante 18 horas. En la metodología primero deja hervir agua sin tapar la olla de aluminio que la contiene, se agrega el frijol limpio hasta su punto de ebullición y a partir de ese momento se espera mínimo 90 minutos.

Transcurrido ese tiempo se toma una porción del frijol (50 g) en los cuales se ejercerán presión con los dedos índice y pulgar para probar la cocción, si menos del 90% no están cocidos deben permanecer 20 minutos más y así sucesivamente (NTE INEN 1558, 2013).

1.1.2.3 Componentes antinutricionales

Así como los frijoles brindan gran aporte nutricional también contienen compuestos a los que se les ha considerado antinutrientes, porque pueden intervenir en los procesos de digestión. Dentro de este grupo incluyen fitatos, oxalatos, inhibidores de proteasa y lectinas (Suárez Martínez et al., 2016). Sin embargo, dichos componentes antinutricionales han sido estudiados por varios científicos debido a que pueden ser beneficiosos para la salud (Messina, 2014).

1.1.3 Lectinas

En 1954, el término lectina fue propuesto por Boy y Shapleigh, cuya palabra en latín "Legere" significa seleccionado, elegido. De modo que enfatiza su capacidad de unirse selectivamente a azúcares específicos. El término trascendió posteriormente para abarcar todas las proteínas de unión a azúcares incluyendo a aquellas que inducen la aglutinación celular de origen no inmune aisladas de hongos, virus, bacterias, animales y plantas (Chávez Mendoza & Sánchez, 2017).

Las lectinas son proteínas o glicoproteínas distribuidas ubicuamente y de origen no inmune, especializadas en reconocimiento celular e interaccionan de manera reversible con los carbohidratos de dichas superficies celulares (Stillwell, 2013).

Se conoce que las lectinas se encuentran en mayor proporción en semillas de leguminosas (Hamid et al., 2013) y las más valoradas son las lectinas vegetales (Lagarda Diaz et al., 2017) disponibles en variedades de frijol *Phaseolus vulgaris*. No solamente se encuentran en plantas sino también en animales, virus, hongos y bacterias (Valdez Vega et al., 2014).

1.1.3.1 Clasificación de lectinas vegetales

Las lectinas vegetales incluyen más de 600 especies por lo que existe variabilidad en su clasificación (B. Jiang et al., 2017).

Se pueden clasificar en merolectinas, son aquellas que tienen un único sitio de unión a carbohidratos. Las hololectinas poseen dos o varios sitios de unión a

carbohidratos. Las chimerlectinas contienen un dominio de unión a carbohidratos y otro destinado a distintas actividades biológicas. Las superlectinas tienen dos o más dominios de unión a carbohidratos polivalentes (**Macedo et al., 2015**).

Actualmente, se reconocen 12 familias de lectinas vegetales, todas propuestas a diferentes sitios de unión a carbohidratos, de las más conocidas son: homólogos de aglutinina de *Agaricusbisporus*, amarantinas, homólogos de quitinasa de clase V, miembros de las familias de aglutininas de *Euonymus europaeus*, *Galanthus nivalis*, *Nicotiana tabacum*, ricina-B, proteínas con dominios de heveína, jacalinas, proteínas con dominios de lectina de leguminosas y proteínas de dominio LysM (**Macedo et al., 2015 & Q. L. Jiang et al., 2015**).

1.1.3.2 Aplicaciones

Las lectinas vegetales tienen afinidad con distintas aplicaciones principalmente por la afinidad que tienen hacia varios carbohidratos y su diversidad estructural. Tanto en el campo de la medicina como el agronómico han sido de gran interés. Las lectinas presentan potencial en cuanto a diagnóstico y terapia contra el cáncer por los efectos apoptóticos, autofágicos y citotóxicos que poseen (**Estrada Martínez et al., 2017**) incluso se dice que podrían permitir nuevos descubrimientos farmacológicos para combatir el cáncer por su actividad antitumoral (**Q. L. Jiang et al., 2015**).

Las lectinas de leguminosas tienen potencial insecticida por lo que son tóxicas para una extensa serie de insectos (**Lagarda Diaz et al., 2017**). En altas concentraciones representan una buena defensa contra insectos y patógenos. Hoy en día se investiga este potencial con genes sintéticos con dominios de lectinas en plantas (**Macedo et al., 2015**).

1.1.3.3 Estructura

El dominio no catalítico de las lectinas es el que les permite reconocer selectivamente y unirse de manera reversible a los azúcares libres específicos (glicanos) presentes en glicoproteínas y glicolípidos, manteniendo la estructura de los carbohidratos (**Q. L. Jiang et al., 2015**).

Generalmente, las lectinas vegetales tienen una estructura tridimensional compuesta por láminas β conectadas por giros α , giros β y dobleces (Figura 1). Las interfaces cuaternarias se forman entre láminas β las cuales están conectadas por bucles que forman cadenas antiparalelas carentes de hélices α (Lagarda Diaz et al., 2017).

El monómero de las lectinas *Phaseolus vulgaris* está formado principalmente por 3 hojas o láminas beta (β); entre ellas se encuentran una hoja trasera antiparalela de 6 hebras, una hoja frontal cóncava de 7 hebras y una hoja más pequeña de 5 hebras (Casas et al., 2016; He et al., 2018).

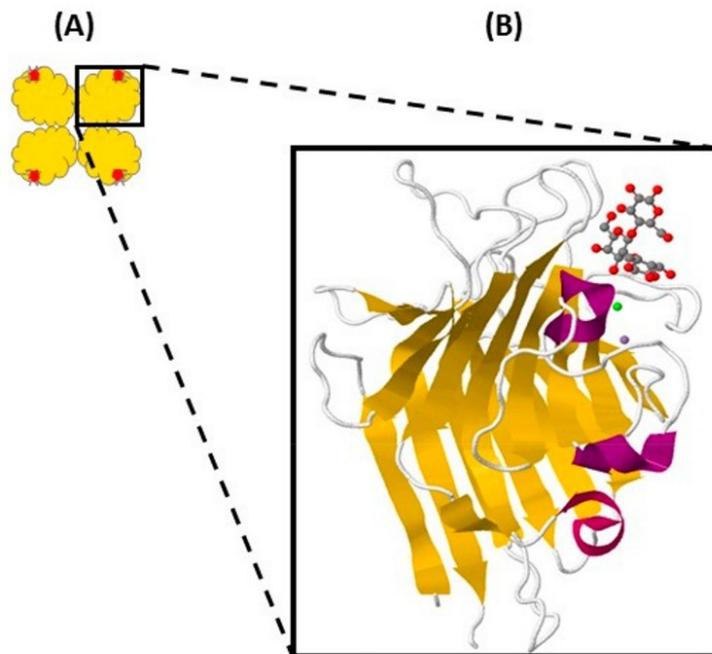


Figura 1. Estructura general de las lectinas de leguminosas. (A) Tetrámero con dominios de reconocimiento de carbohidratos (rojo); (B) Amplificación del monómero: láminas β (amarillo), giros α (púrpura), sitios de unión de metales (área de esfera verde y gris) y dominio de reconocimiento de carbohidratos (área ocupada por la molécula gris y roja)

Fuente: Lagarda Diaz et al., (2017)

En el frijol rojo (*Phaseolus vulgaris*), la proteína se compone de dos subunidades diferentes unidas de manera no covalente en cinco formas tetraméricas distintas (isolectinas) que consisten en dos cadenas polipeptídicas llamadas E y L. Estas

posibles isolectinas pueden formarse al azar (E₄, E₃L₁, E₂L₂, E₁L₃ y L₄), lo que crea un canal más grande al interior del tetrámero, evitando de esta manera que la proteína se degrade por proteólisis (He et al., 2018 & Nagae et al., 2014).

En el frijol común *P. vulgaris*, la lectina o fitohemaglutinina (PHA) adquiere este segundo nombre por la capacidad que tiene al unir azúcares y de hemoaglutinarse, misma que se compone de diferentes tetrámeros formados por dos cadenas de polipéptidos: una con propiedades de eritroaglutinación (PHA-E) y otra de leucoaglutinación (PHA-L) las cuales son similares en cuanto a la composición de carbohidratos y aminoácidos, pero son diferentes en cuanto a la unión específica con complejos (Casas et al., 2016).

La PHA-E es específico para complejos de tipo N-glicanos con una galactosa bisectada (Gal) y *N*-acetilglucosamina (GlcNAc), mientras que PHA-L se une específicamente a complejos de tipo N-glicanos tetra y triantenario con ramificación β6. Adicionalmente, los iones metálicos Ca²⁺ y Mn²⁺, muy cercanos a los sitios de unión de carbohidratos, pueden ayudar a constituir una conformación estable activa llamada "locked" con mayor afinidad por los sacáridos (He et al., 2018).

1.1.3.4 Efectos toxicológicos

Las lectinas, *in vitro* e *in vivo*, son tóxicas para las células de mamíferos porque al integrarlas a la dieta inhiben su crecimiento y tal efecto toxicológico surge cuando se inyectan en animales. Varias investigaciones han utilizado las lectinas como tratamiento alternativo para enfermedades, como el cáncer. En consecuencia, los investigadores prestan interés de estudiar dichas lectinas para conocer sus características, propiedades, implicaciones y funciones biológicas (Valadez Vega et al., 2014).

1.1.4 Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETAs)

En un informe presentado por la Organización Mundial de la Salud en 2015, para estimar la carga mundial de las enfermedades de transmisión alimentaria, señala que las ETAs son causadas por bacterias, virus, parásitos, toxinas y productos químicos. Son un problema de salud pública ya que cada año afectan a casi una de cada diez personas (OMS, 2015), y las generaliza como enfermedades de carácter infeccioso o tóxico (OMS, 2020).

Los patógenos o toxinas deben estar presentes en el alimento y a través de la ingestión ocurre una ETA, obviamente la cantidad debe ser considerable para poder causar alguna infección o intoxicación. Los síntomas más comunes que presentan son vómitos, diarrea, dolor abdominal y fiebre **(OPS, n.d.)**.

Objetivos

1.1.5 Objetivo General

- Determinar mediante una búsqueda bibliográfica los efectos toxicológicos del consumo de lectina de frijoles en la población de la ciudad de Ambato.

1.1.6 Objetivos Específicos

- Conocer a través de una revisión bibliográfica las variedades de frijoles que contienen lectinas.
- Indagar bibliográficamente los efectos sobre la salud del consumo de frijoles.
- Determinar el índice de consumo de frijol y las posibles consecuencias en la población del cantón Ambato.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1 Modalidad revisión bibliográfica

El presente estudio se realizó a través de la búsqueda, recopilación y análisis de información obtenidos de artículos científicos, revistas científicas, libros virtuales, tesis de grado, sitios web; con el propósito de exteriorizar el tema para alcanzar los objetivos planteados, descubrir los efectos toxicológicos que las lectinas del frijol pueden implicar para la salud de la ciudadanía ambateña y prevenir dichos efectos. La organización de la información se efectuó mediante el software de gestión bibliográfica Mendeley, a fin de evitar errores en el formato.

Además, la recolección de datos para el desarrollo de la investigación se ejecutó mediante una encuesta virtual la cual aportó información complementaria. Metodologías necesarias por la emergencia sanitaria ocasionada por el Covid-19 para evitar su propagación.

2.2 Determinación de la población y muestra

2.2.1 Población

La población objetivo son los habitantes de la ciudad de Ambato y según la proyección al 2020 realizada por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua es de 387309 personas (HGPT, 2019).

2.2.2 Muestra

El tamaño de la muestra se calculó mediante la aplicación de la fórmula:

$$n = \frac{N * Z\alpha^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z\alpha^2 * p * q}$$

Ecuación 1. Tamaño de la muestra

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Población total

$Za = 1,96$ (95% de nivel de confianza)

p = Probabilidad de éxito

q = Probabilidad de fracaso

d = Precisión (3%)

Reemplazando la Ecuación 1 se calculó un tamaño de muestra de 203 personas (ver Anexo 3) que aplicaron la encuesta, tomando en cuenta un nivel de confianza del 95% ($Za = 1.96$). La probabilidad de éxito fue del 95% y de fracaso del 5%, con un margen de error del 3% de una población total de 387309 habitantes.

2.3 Validación de la encuesta

La validación de la encuesta se ejecutó con expertos mediante el método Alfa de Cronbach, muy utilizado para medir la fiabilidad de la encuesta. El formato de la validación de la encuesta (ver Anexo 2) se diseñó de tal manera que las filas representen las preguntas (ítems) y en las columnas una escala de Likert de tres puntos donde 1 está “Totalmente en desacuerdo”, 2 “Indiferente (Ni en desacuerdo, ni de acuerdo)”, 3 “Totalmente de acuerdo” y una última con observaciones de ser necesarias (**González Alonso & Pazmiño Santacruz, 2015**). El encuestado para la validación marcó las opciones, según las indicaciones, las casillas a criterio personal y profesional.

El valor del Alfa de Cronbach se calculó en Excel mediante la varianza de los ítems con la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right]$$

Ecuación 2. Alfa de Cronbach

Dónde:

α = Alfa de Cronbach

K = Número de ítems

V_i = Varianza de cada ítem

V_t = Varianza total

El coeficiente de confiabilidad de este método fue 0.80 lo que significa que la encuesta tuvo un nivel de fiabilidad muy bueno para ser aplicado, puesto que **Tuapanta Dacto et al. (2017)** considera admisible una consistencia interna (α) entre 0.70 y 0.90.

2.4 Instrumento de recolección de información

2.4.1 Encuesta

El cuestionario, previamente autorizado por expertos, se elaboró de manera virtual mediante Google Forms, un software gratuito cuya programación recopila los datos en una hoja de cálculo de Excel descargable. El listado de preguntas se dividió por secciones para obtener la información de manera organizada (ver Anexo 1).

2.5 Procesamiento de la información

Inicialmente, la información recolectada se analizó con la intención de descartar aquellas respuestas incompletas, contradictorias y que no pertenecen a la ciudad de la población objetivo. En segundo lugar, se obtuvo la tabulación de datos en el programa Excel con representaciones gráficas pastel.

2.6 Análisis e interpretación de resultados

Las gráficas pastel sirvieron para un mejor análisis de datos, que en conjunto con la búsqueda bibliográfica del capítulo I, llevaron a la interpretación de estos y en efecto el cumplimiento de los objetivos planteados. Además, se evidenció el conocimiento de los ambateños frente al manejo que le dan a los frijoles dentro de sus hogares.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Variedades de frijoles que contienen lectinas

Al mencionar los frijoles como fuente de interés para el estudio bibliográfico, se hace referencia específicamente a las lectinas de tipo vegetal o fitohemaglutininas (PHA). Los frijoles pertenecen al género *Phaseolus*, por lo que todas estas variedades contienen lectinas y están presentes aproximadamente de 2 a 10% del total de proteína **(Castillo-Villanueva & Abdullaev, 2005)**.

Entre las principales especies de frijoles *Phaseolus* se encuentran *Phaseolus vulgaris* L. como el frijol común, *Phaseolus acutifolius* como el frijol tépari, *Phaseolus lunatus* como el frijol lima, *Phaseolus coccineus*, y *Phaseolus polyanthus* como el frijol del año **(Suárez Martínez et al., 2016)**.

En Ecuador, la variedad local de frijoles maduros o secos que se consume es de *Phaseolus vulgaris* **(FAO, 2018b)**. Dentro de este grupo, los frijoles rojos y blancos son variedades ricas en fitohemaglutininas **(Nader Nciri & Cho, 2018)**. El frijol rojo (*P. vulgaris*), es el que más efectos tóxicos se considera que tiene en personas que lo consumen **(He et al., 2018)** por consiguiente tiene más contenido de lectinas.

Estudios realizados por **Valadez Vega et al. (2011)** confirman que el frijol común está constituido también por lectinas y es el ejemplar de frijol más utilizado para caracterización y purificación.

Otros frijoles que contienen lectinas y se han demostrado por su utilización para investigaciones son los frijoles pintos **(Ganesan & Xu, 2017)**, los frijoles blancos **(Zhang et al., 2014)** y el frijol negro **(Mojica et al., 2017)**.

Se han reportados casos de intoxicación por alimentos relacionados con frijoles rojos mal cocinados en países como Canadá y el Reino Unido. Incluso este tipo de frijoles

rojos (*Phaseolus vulgaris*) no es permitido su comercialización en Sudáfrica por el riesgo tóxico al que pueden estar expuestos sus habitantes (Nader Nciri & Cho, 2018).

3.1.2 Efectos sobre la salud del consumo de frijoles

Las lectinas presentes en los frijoles son las responsables de causar efectos antinutricionales y toxicológicos que complican la salud de la persona que lo consume, específicamente si el frijol está crudo o poco cocido.

Suárez Martínez et al. (2016) afirma que las lectinas son capaces de sobrevivir dentro del tracto gastrointestinal de tal manera que se pueden unir a los glicoconjugados de la mucosa e incluso ingresar al sistema circulatorio, logrando posiblemente afectar otros órganos. Llegan a causar atrofia en ciertos órganos, hígado graso, pérdida de peso o dificultad para aumentar de peso.

Una alimentación continua basada en frijoles poco cocidos puede generar trastornos funcionales en distintos tejidos (N Nciri et al., 2015). Cuando la lectina se une a la pared intestinal puede alterar la morfología celular inclusive el metabolismo del intestino delgado, puede provocar el excesivo crecimiento de bacterias coliformes y dañar órganos como el intestino delgado, el timo, el hígado y el páncreas (Nader Nciri & Cho, 2018).

Está claro que, por vía oral, las lectinas persisten parcialmente sin degradarse dentro del intestino, por lo que tienen libertad para unirse con cualquier membrana celular de la mucosa intestinal. En efecto, llegan a ser contaminantes dentro del intestino y sobre la flora bacteriana. Sin embargo, la mayoría de las lectinas pueden ser inactivadas a altas temperaturas (Messina, 2014).

3.1.3 Efectos toxicológicos de las lectinas

Se ha evidenciado que el frijol Tépari (*Phaseolus acutifolius*) en forma cruda tiene efectos tóxicos para el hombre y los animales por la presencia de lectinas en sus semillas (Valdez Vega et al., 2011).

En un estudio para evidenciar la toxicidad, utilizando la fracción de lectina de este frijol el efecto tóxico se refleja en la unión de las lectinas al epitelio intestinal de las

ratas ya que interrumpen la absorción de los nutrientes. Por otro lado, se menciona que la administración de lectina puede incitar al sobrecrecimiento bacteriano en el intestino delgado. Este ensayo de digestión indica que las lectinas del frijol Tépari pueden durar de manera intacta en el tracto digestivo hasta 72 horas (**Ferriz Martínez et al., 2015**).

In vivo, la proteína lectina se adhiere a los carbohidratos de la superficie del intestino delgado causando daño en las paredes, motivo por el cual se ven afectadas las funciones de absorción, transporte de nutrientes y continuamente haciéndola más permeable. De esta manera el sistema inmunológico, al igual que otros órganos, se ven perjudicados. Según **Stanley & Sundaram (2014)** el efecto toxicológico de la lectina depende del complemento a glucanos de la célula a la que se adhiere.

Asimismo, la actividad de las enzimas digestivas sufre un cambio al combinarse las lectinas de los frijoles con la mucosa intestinal secretando excesivamente la proteína endógena por el daño celular, abriendo paso a que algunas bacterias ingresen al sistema circulatorio y afecten otras áreas. En otras palabras, uno de los efectos toxicológicos de las lectinas es la tendencia a contaminación bacteriana. Atendiendo a estas consideraciones, las consecuencias dependen de la fuente, la especie y la dosis (**Burks, 2010**).

Food and Drug Administration, (2010) publica que, al comer los frijoles crudos o poco cocidos, pueden provocar náuseas extremas, vómitos intensos y diarrea. La toxicidad de las lectinas se presenta en los seres humanos al estar expuestos a altas concentraciones de estas proteínas.

3.1.4 Tratamiento de los frijoles para eliminar las lectinas

En relación con las implicaciones, se ha detectado que ni el calor seco ni los hornos microondas convencionales son efectivos para destruir las lectinas del frijol común (**Suárez Martínez et al., 2016**).

Normalmente, a los frijoles primero se los deja en remojo para después someterlos a cocción por varias horas para preparación de guisos, sopas, platos con carne y son vitales en dietas vegetarianas por su alto contenido de proteínas y demás nutrientes que permiten reemplazar a los productos de origen animal (**Ganesan & Xu, 2017**).

Cocinar los frijoles mejora el perfil nutricional de estos, ya que reduce componentes tóxicos termolábiles y oligosacáridos manteniendo el contenido en proteína y fibra **(Alonso et al., 2010)**

Generalmente, cuando se cocinan los frijoles al vapor o en ollas de cocción lenta del tipo que se enchufan, cacerolas, entre otras; pueden involucrar una incorrecta preparación de manera que el consumidor esté en riesgo de intoxicación. En caso de haber ingerido frijoles crudos o poco cocidos, los síntomas aparecen al transcurrir una o tres horas ya sean náuseas, vómitos, dolor abdominal y diarrea. La sintomatología puede desaparecer dentro de un pequeño período de tiempo y pocas veces requieren de tratamiento u hospitalización.

La Food and Drug Administration establece primero que se remoje el grano en agua por al menos 5 horas y luego desechar el agua. Para eliminar las lectinas de los frijoles se recomienda hervirlos por 10 minutos a una temperatura de 100°C, tomando en consideración que en Ambato la temperatura de ebullición es de 96,2°C no está demás dejar incluso un poco más de tiempo. Al cocinar los frijoles a una temperatura menor, como a 80°C, su efecto tóxico puede aumentar hasta cinco veces **(Nader Nciri & Cho, 2018)**.

En olla de presión se recomienda cocinar los frijoles por menos de 90 minutos. Por otro lado, el beneficio de remojar los granos está en que disminuye el tiempo de cocción, conserva mejor los nutrientes y reduce las complicaciones digestivas **(Rodríguez-González & Fernández-Rojas, 2015)**, por lo que es importante consultar si las personas aplican esta técnica y las demás prácticas de cocción para posteriormente concluir.

3.1.5 Análisis de los resultados de la encuesta

La encuesta aplicada (ver Anexo 1) de manera virtual alcanzó el número de personas que representan a la población de la ciudad de Ambato, la cual alcanza los 387309 habitantes, valor proyectado al 2020 por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. Se obtuvieron respuestas de 203 personas que siguieron la secuencia del cuestionario conforme la experiencia conferida por cada una.

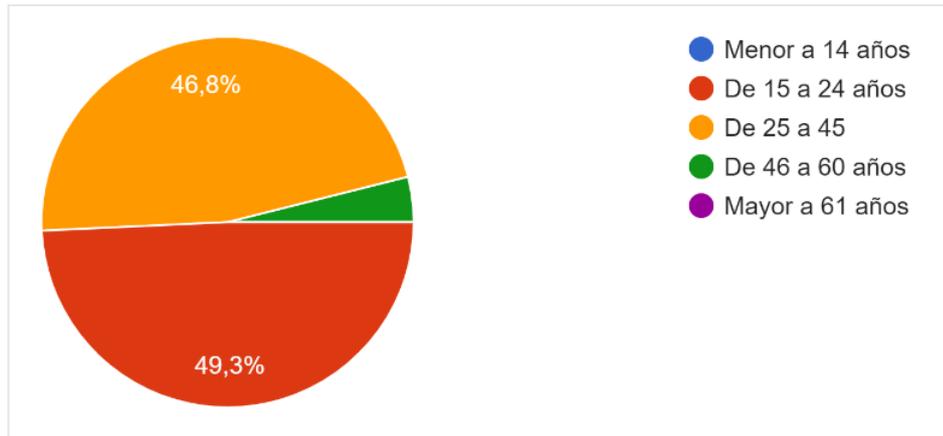


Figura 2. Rangos de edad de las personas encuestadas

La población objetivo para ser encuestada fue de 203 personas ambateñas, de las cuales la mayoría (195) se encontraron en un rango de edad entre 15 y 45 años (Figura 2) los restantes no sobrepasaron los 60 años. El grupo estuvo conformado por 115 mujeres y 88 hombres (Figura 3). A continuación, se analiza cada una de las preguntas de la encuesta.

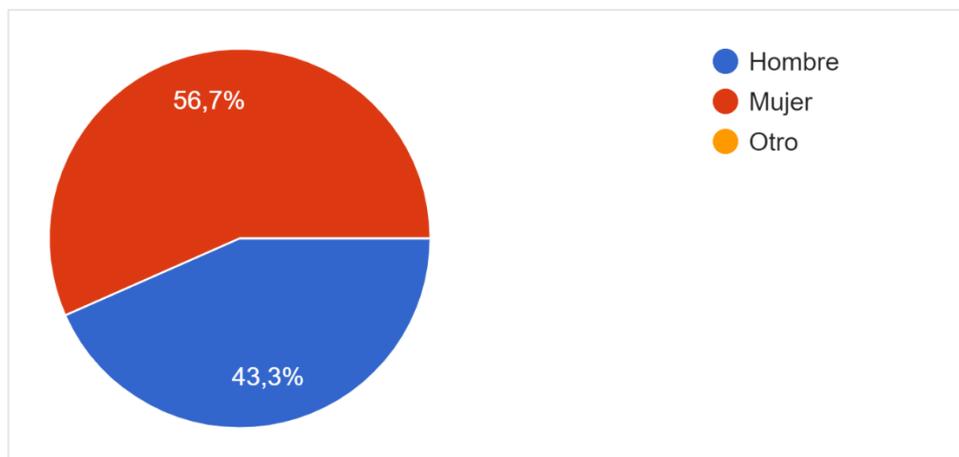


Figura 3. Género al que pertenecen los encuestados

1. ¿Con qué frecuencia consume usted frijoles?

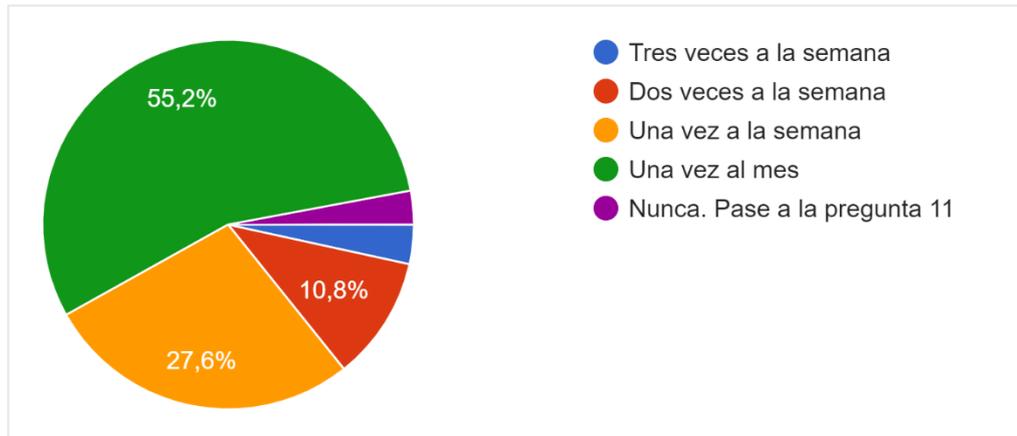


Figura 4. Frecuencia del consumo de frijoles

De 203 personas encuestadas, tan solo 6 individuos (3%) no incorporan nunca frijoles a su dieta. Seguido del 3,4% los consumen tres veces a la semana; el 10,8% consumen frijoles dos veces a la semana; los otros 27,6% de ellos una vez a la semana y finalmente el 55,2% (112 individuos) consumen frijoles una vez al mes. Por lo que, la mayoría de las personas encuestadas no incluyen con frecuencia los frijoles su dieta diaria.

2. ¿Qué tipo de frijol consume?

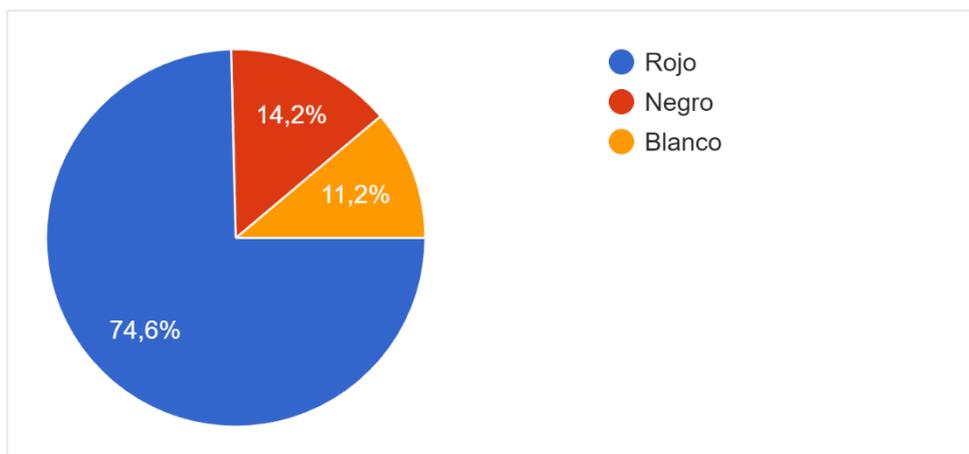


Figura 5. Tipo de frijol que se consume

Dentro de las personas que si consumen frijoles (197), el 74,6% prefiere consumir frijol rojo; el 14,2% frijol negro y el 11,2% restante come frijoles blancos. Esto quiere decir que actualmente la gente prefiere el frijol rojo, tomando en consideración que este tipo de frijol es el que mayor cantidad de lectinas posee, se debe advertir con mayor interés el consumo de frijoles crudos o poco cocidos.

3. ¿De qué manera consume usted frijoles?

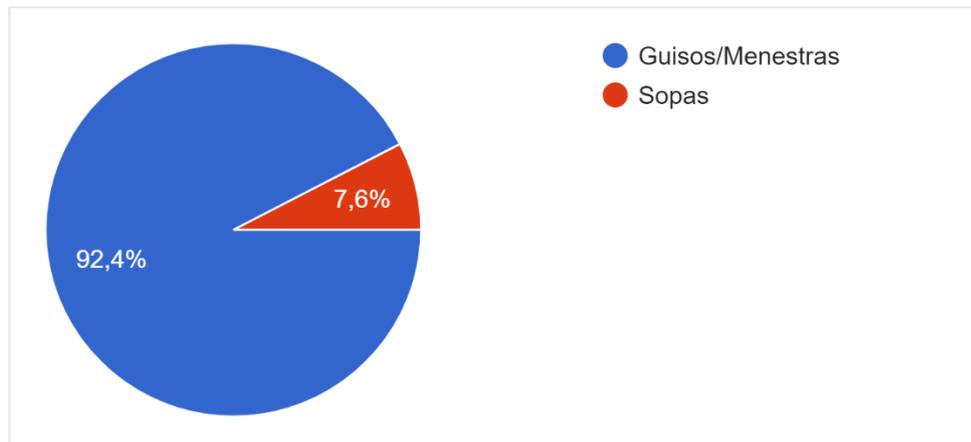


Figura 6. Forma de consumo del frijol

Entre las preferencias para incorporar frijoles a la alimentación, el 92,4% de personas lo hace a través de guisados o menestras, mientras que el 7,6% lo prefiere en sopas. En definitiva, la mayoría de los habitantes del cantón Ambato comen frijoles en guisos y menestras.

4. ¿Ha cocinado alguna vez frijoles?

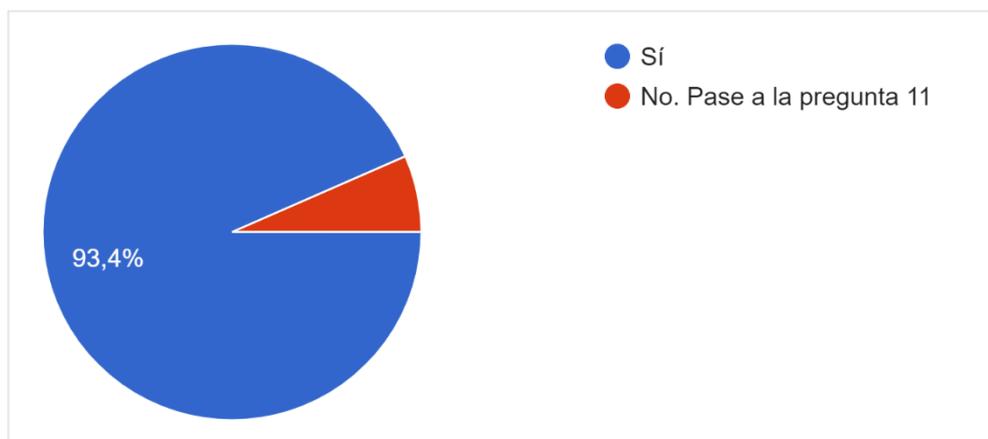


Figura 7. Personas que cocinan frijoles

El 93,4% de las personas si saben cocinar frijoles, por lo que será de utilidad para las respuestas posteriores. Por otro lado; 6,6% de los individuos no han cocinado jamás frijoles. Por lo que se descartaron para continuar las siguientes preguntas y en consecuencia, pasaron directamente a responder la sección de toxicidad (pregunta 11).

5. ¿Pone usted a remojar el frijol antes de cocinarlo?

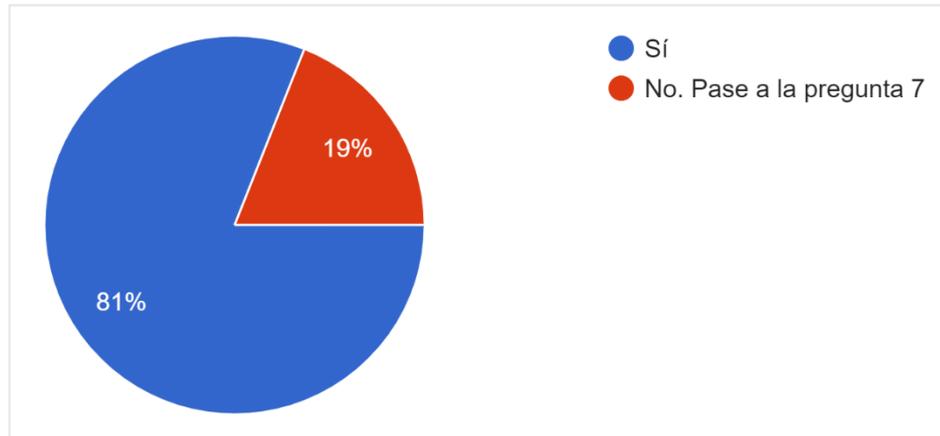


Figura 8. Personas que ponen a remojar los frijoles

En esta pregunta, 184 personas son los que han cocinado frijol, de los cuales el 81% pone a remojar los granos en agua antes de ser cocinados, el 19% que resta no remoja los frijoles y los lleva directo a cocción. Lo que involucra, posiblemente, que a este último grupo tenga complicaciones para cocer correctamente los frijoles.

6. ¿Cuánto tiempo deja los frijoles en remojo?

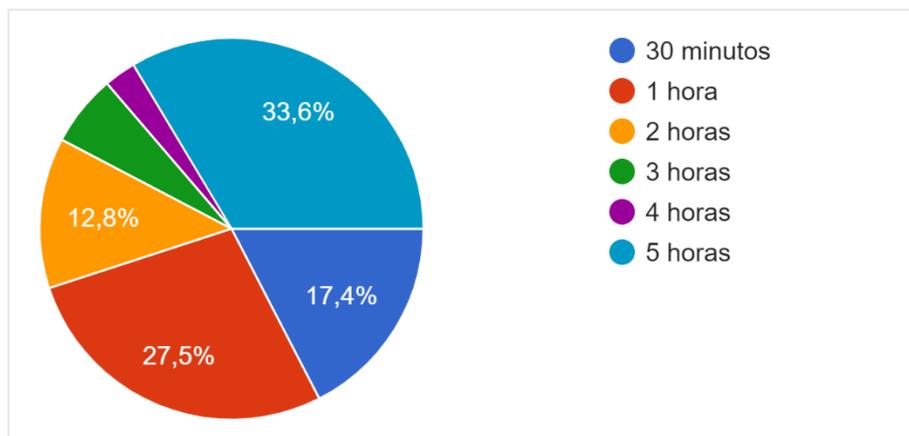


Figura 9. Tiempo de remojo de los frijoles

El tiempo de remojo de los frijoles oscila entre los 30 minutos y 5 horas. De las 149 personas que aplican esta técnica, menos de la mitad (33,6%) mantienen un periodo de remojo ideal de 5 horas; seguidamente el 27,5% deja 1 hora; 17,4% de los individuos remojan por 30 minutos; por 2 horas el 12,8% de los sujetos, el 6% mantiene 3 horas y finalmente el 2,7% deja en remojo los frijoles por 4 horas. Más de la mitad deja los frijoles en remojo por menos de 5 horas.

7. ¿En dónde pone usted a cocinar el frijol?



Figura 10. Tipo de cocción de los frijoles

La Figura 10 evidencia el tipo de olla donde generalmente ponen a cocinar el frijol, se observa que el 50,5% utilizan ollas de cocción rápida como por ejemplo las ollas de presión que aceleran el proceso lo que es recomendable porque evita la pérdida de nutrientes. El grupo restante (49,5%) utiliza ollas de cocción lenta como cacerolas, cazuelas, ollas convencionales u ollas que se enchufan a electricidad.

8. ¿Hierve usted los frijoles al cocinarlo?

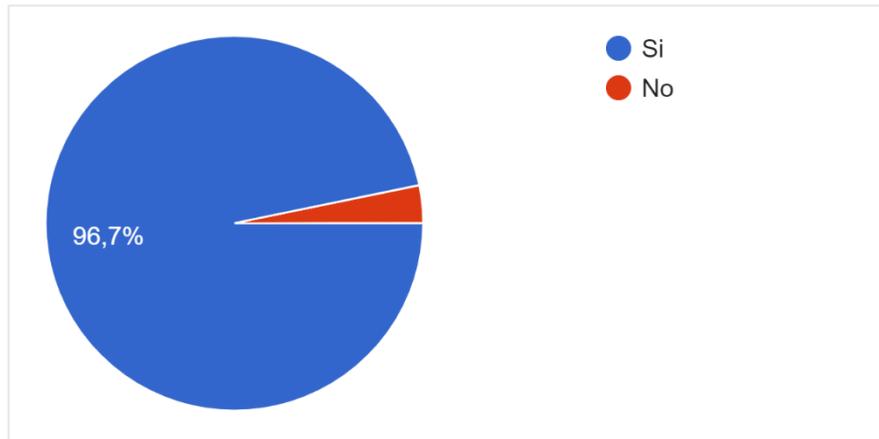


Figura 11. Personas que hierven los frijoles

En esta pregunta se cuestionó si al momento de cocinar llegan a hervir los frijoles. El 96,7% claramente si cumple con este requisito; sin embargo, existe un porcentaje (3,3%) que no llega a hervir los frijoles.

9. ¿Qué tiempo deja usted cocinando el frijol?

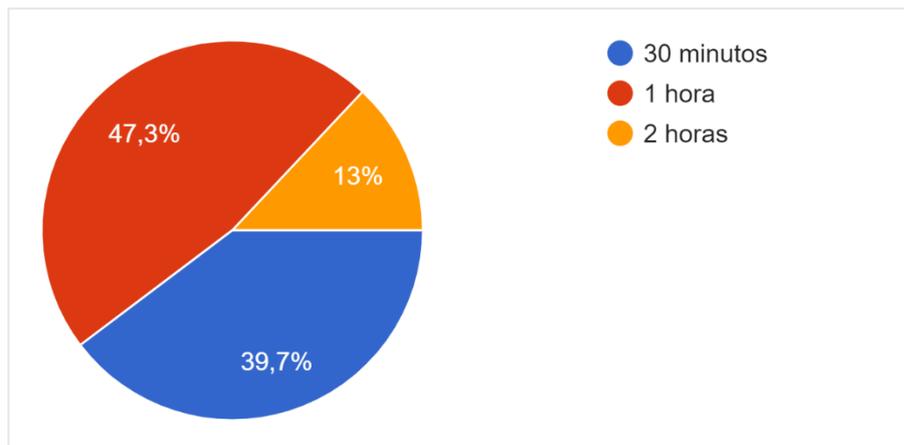


Figura 12. Tiempo de cocción de los frijoles

El 47,3% de los individuos deja cocinando los frijoles por 1 hora, siendo este grupo el mayoritario; seguidamente los dejan por 30 minutos de cocción el 39,7% y; por último, el 13% de las personas dejan cocinar por 2 horas. Sin embargo, una buena manera de comprobar si los frijoles están listos, es sacando una porción con la finalidad de hacer

presión con los dedos índice y pulgar para de esta manera saber si los frijoles necesitan quedarse más tiempo en cocción.

10. ¿Con qué intensidad de llama cocina el frijol?

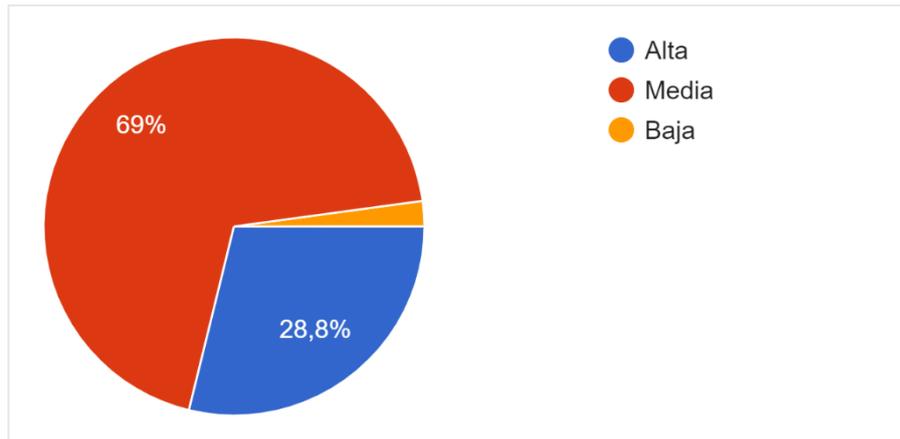


Figura 13. Intensidad de llama de cocción

En la Figura 13 se cuestionó la intensidad de la llama con que se cocinan los frijoles. La mayoría (69%) cocina a llama media; el 28,8% cocina a llama alta y el 2,2% a llama baja. En este caso cocinar a llama baja, significa que los frijoles no se van a cocinar correctamente y no llegarán a la temperatura ideal.

11. ¿Sabe usted qué es la intoxicación por alimentos?

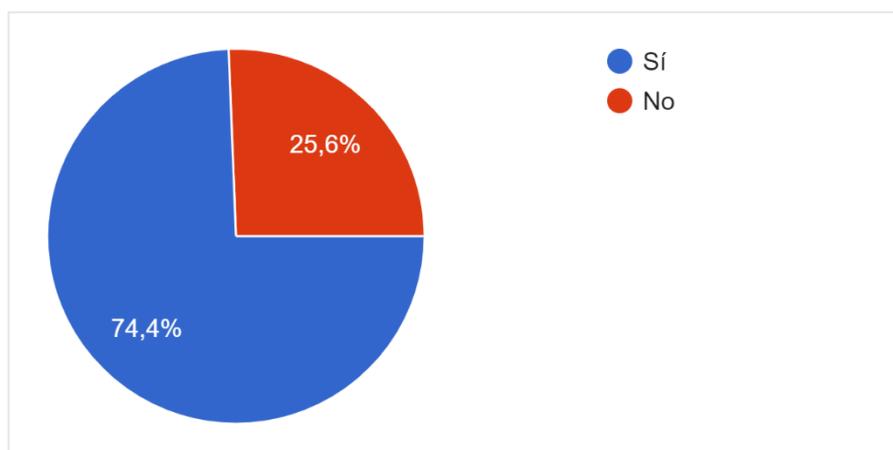


Figura 14. Personas que conocen que es una intoxicación alimentaria

Dentro de los 203 encuestados se evidenció que el 74,4% de los individuos conocen lo que es una intoxicación alimentaria. Por el contrario, el resto (25,6%) no conocía su significado. Lo que significa que más de la mitad de ambateños se mantienen actualizados en las implicaciones que ciertos alimentos pueden ocasionar.

12. ¿Sabe usted que el frijol mal cocido puede ocasionar intoxicaciones?

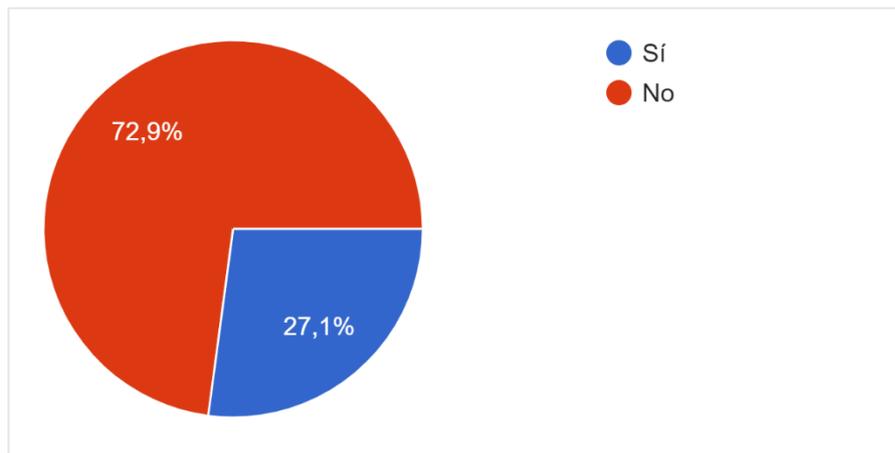


Figura 15. Personas que conocen la intoxicación por frijoles mal cocidos

En relación con los frijoles; el 72,9% de los encuestados no tienen conocimiento de que el frijol mal cocido puede ocasionar intoxicación para la persona que lo consume, lo que representa un gran desconocimiento por parte de los habitantes de la comunidad ambateña. Tan solo el 27,1% restante si lo conocía.

13. ¿Sabe usted que cocinar el frijol a una temperatura de 80°C puede causar intoxicación?

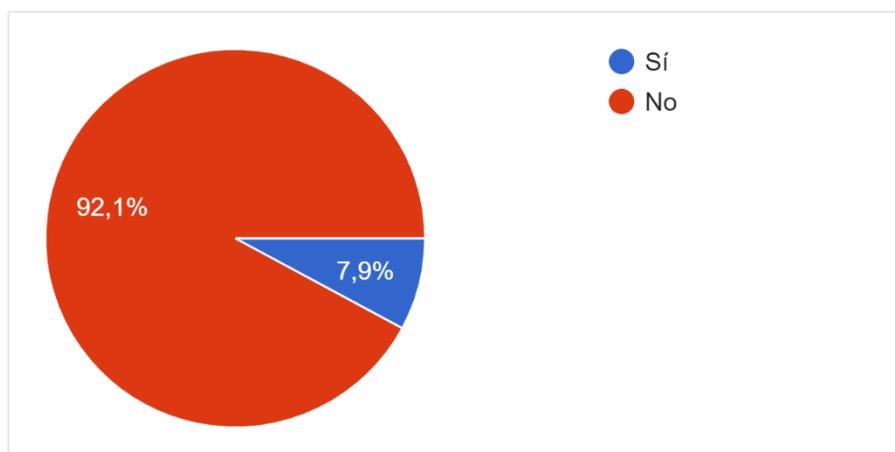


Figura 16. Personas que conocen la temperatura para intoxicación en frijoles

La Figura 16 representa el desconocimiento de los encuestados sobre la temperatura a la que los frijoles no deberían cocinarse porque incrementa la posibilidad de intoxicación, se observó que el 92,1% no sabía que cocinarlos a 80°C puede causar intoxicación y únicamente el 7,9% si estaba al corriente.

14. ¿Alguna vez ha presentado náuseas después de haber comido frijoles?

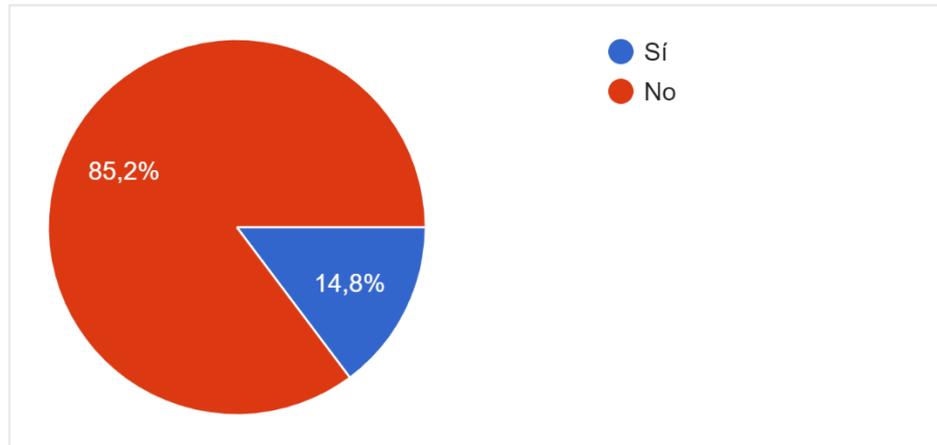


Figura 17. Personas que han presentado náuseas

Para conocer si las personas han tenido náuseas en algún momento después de haber ingerido frijoles y de esta manera manifestar los síntomas de intoxicación, se observó que el 85,2% no ha tenido ese problema; pero 14,8% de las personas si han presentado náuseas.

15. ¿Alguna vez ha presentado vómitos después de haber comido frijoles?

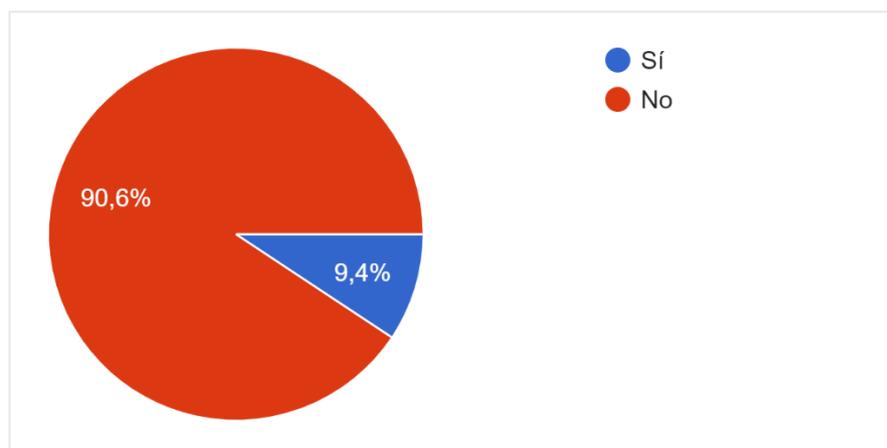


Figura 18. Personas que han presentado vómitos

En la Figura 18 se evidenció que el 90,6% de las personas que han comido frijoles han presentado vómito después ingerirlos. Mientras que un 9,4% no ha tenido ninguna señal.

16. ¿Alguna vez ha presentado diarrea después de haber comido frijoles?

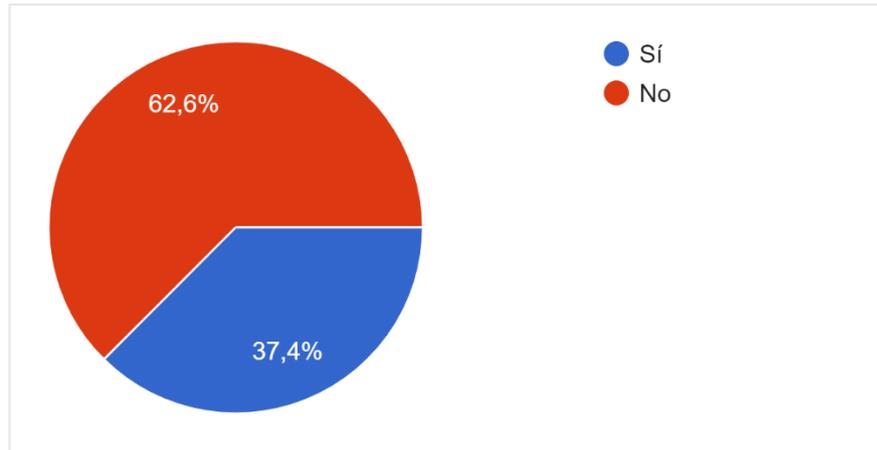


Figura 19. Personas que han presentado diarrea

En relación con la Figura 19, se observó que el 37,4% de los encuestados han presentado diarrea después de haber ingerido frijoles. Por el contrario, no manifestaron ese síntoma el 62,6% de ellos.

17. ¿Sabe usted cuáles son las lectinas de los frijoles?

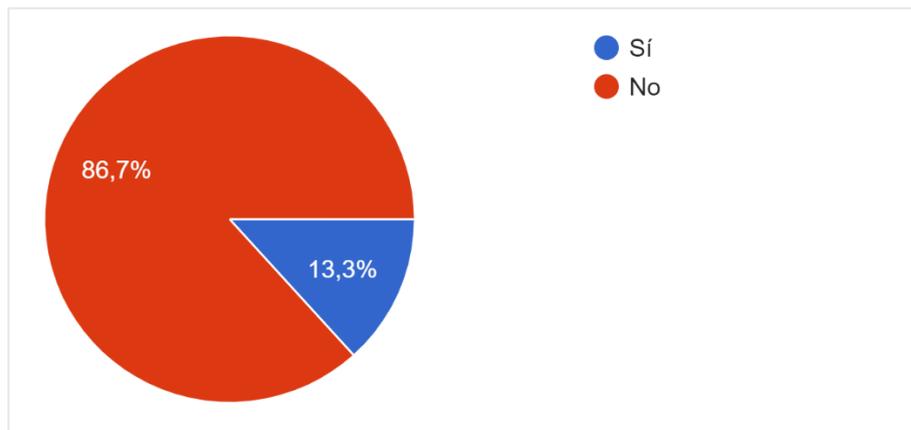


Figura 20. Personas que conocen a las lectinas

La Figura 20 representa el porcentaje de los sujetos que conocen sobre las lectinas presentes en frijoles. Se demostró que el 86,7% de ellos no están al tanto de la terminología, mientras que el 13,3% afirman saber.

18. ¿Sabía usted que las lectinas presentes en frijoles son las responsables de causar intoxicaciones?

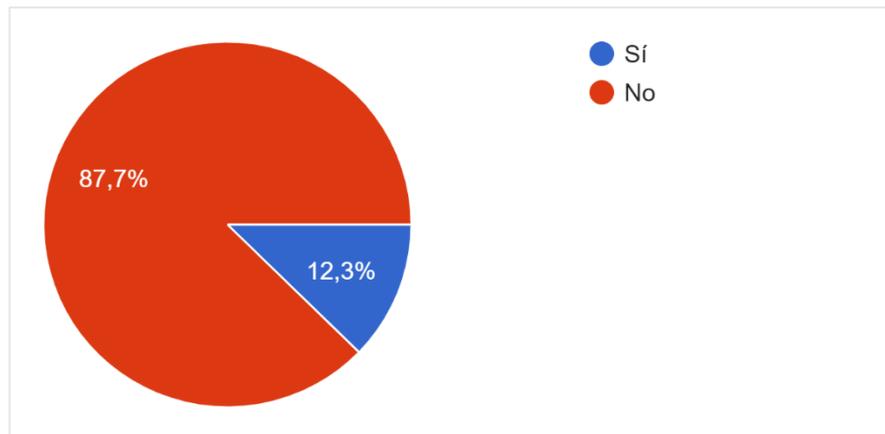


Figura 21. Personas que conocen la intoxicación por lectinas

En la Figura 21 se pretendía demostrar el conocimiento de los individuos sobre las implicaciones que las lectinas pueden causar a los seres humanos. Se observó que el 87,7% no sabía dicha información, a diferencia del 12,3% que si estaba al corriente de que las lectinas son las responsables de causar intoxicaciones.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se determinó mediante revisión bibliográfica los efectos toxicológicos que las lectinas, presentes en frijoles, pueden afectar a los habitantes de la ciudad de Ambato; los cuales se presentan como náuseas, vómitos y diarrea. La mayoría no presentó ningún síntoma, excepto el 37,4% de los encuestados que tuvieron indigestión después de haber comido frijoles probablemente mal preparados.
- Se conoció a través de una búsqueda bibliográfica las variedades de frijoles que contienen lectinas, estas son todas las variedades del género *Phaseolus* principalmente *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus acutifolius*, *Phaseolus lunatus*, *Phaseolus coccineus* y *Phaseolus polyanthus*. Dentro de la especie de frijoles *P. vulgaris* que circulan en el Ecuador, los frijoles rojos son los que mayor contenido de lectinas tienen en comparación con el frijol común, el frijol pinto, el frijol negro y el frijol blanco.
- Se determinó bibliográficamente el efecto sobre la salud humana del consumo de frijoles lo cuales generan implicación cuando se los ingiere de manera cruda o poco cocida, de tal manera que las lectinas están presentes y al resistir proteólisis se unen a la pared intestinal, alteran la morfología celular y el metabolismo del intestino delgado volviéndolo permeable, exponiéndolo a la proliferación bacteriana afectando otros órganos aledaños como el timo, el hígado y el páncreas; además de dificultar la absorción de nutrientes.

- Se estableció que la mayoría de ambateños no incorporan frecuentemente los frijoles en su dieta, únicamente el 3% y el 10,8% los consumen tres y dos veces a la semana respectivamente. Sin embargo, el 72,9% desconoce que los frijoles mal cocidos pueden causar intoxicaciones y que ciertos métodos de preparación en cocina son indispensables para desactivar las lectinas de modo que aseguran el alimento. Al mismo tiempo, la preferencia por los frijoles rojos, son un riesgo para los habitantes de la ciudad de Ambato si la manipulación no es la adecuada.

4.2 Recomendaciones

- Aplicar una encuesta que permita identificar el manejo y preparación de los frijoles en establecimientos de preparación colectiva como restaurantes, con la finalidad de prevenir, informar y corregir prácticas incorrectas que puedan poner en peligro la salud de sus consumidores.
- Por la emergencia sanitaria ocasionada por el Covid-19 se realizó una investigación bibliográfica con poco alcance, por lo que se recomienda en un futuro extender la población objetivo y optimizar la recolección de datos.
- Desarrollar a futuro metodologías que permitan comprobar o simular la digestión de las lectinas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, B. O., Rovir, R. F., Vegas, C. A., & Pedrosa, M. M. (2010). Papel de las leguminosas en la alimentación actual. *Actividad Dietética*, 14(2), 72–76. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1138-0322\(10\)70014-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1138-0322(10)70014-6)
- Burks, T. (2010). Pathophysiological Mechanisms of Gastrointestinal Toxicity. In *Comprehensive Toxicology (Second Edition)* (pp. 117–144).
- Carrera, D., & Canacúan, A. (2011). *EFEECTO DE TRES BIOESTIMULANTES ORGÁNICOS Y UN QUÍMICO EN DOS VARIEDADES DE FRÉJOL ARBUSTIVO, CARGABELLO Y CALIMA ROJO (Phaseolus vulgaris L.) EN COTACACHI-IMBABURA*.
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/782/2/03> AGP 118
DOCUMENTO TESIS.pdf
- Casas, Z. Y., Reyes, E. A., & Vega, N. A. (2016). LECTINAS CON DOMINIO DE LEGUMINOSA: CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y UTILIDAD COMO AGENTES INSECTISTÁTICOS E INSECTICIDAS. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 32(2), 157–169.
- Castillo-Villanueva, A., & Abdullaev, F. (2005). Lectinas vegetales y sus efectos en el cáncer. *Revista de Investigación Clínica*, 57(1), 55–64.
- Chan, Y. S., Wong, J. H., Fang, E. F., Pan, W., & Ng, T. B. (2013). A hemagglutinin from northeast red beans with immunomodulatory activity and anti-proliferative and apoptosis-inducing activities toward tumor cells. *Protein Pept Lett.*, 20(10), 1159–1169. <https://doi.org/10.2174/0929866511320100011>

- Chávez Mendoza, C., & Sánchez, E. (2017). Bioactive Compounds from Mexican Varieties of the Common Bean (*Phaseolus vulgaris*): Implications for Health. *Molecules*, 22(8), 1360. <https://doi.org/10.3390/molecules22081360>
- Estrada Martínez, L. E., Moreno Celis, U., Cervantes Jiménez, R., Ferriz Martínez, R. A., Blanco Labra, A., & García Gasca, T. (2017). Plant Lectins as Medical Tools against Digestive System Cancers. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(7), 1403. <https://doi.org/10.3390/ijms18071403>
- FAO. (2016). *2016 Año Internacionnal de las legumbres. Semillas nutritivas para un futuro sostenible*. <http://www.fao.org/pulses-2016/es/>
- FAO. (2018a). *Estadística de cultivos: frijol seco*. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- FAO. (2018b). *Legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones*. <http://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf>
- Ferriz Martínez, R., García García, K., Torres Arteaga, I., Rodriguez Mendez, A., Guerrero Carrillo, M. de J., Moreno Celis, U., Ángeles Zaragoza, M., Blanco Labra, A., Gallegos Corona, M., Robles Álvarez, J. P., Mendiola Olaya, E., Andrade Montemayor, H., Garcia, O. P., & Garcia Gascaa, T. (2015). Tolerability assessment of a lectin fraction from Tepary bean seeds (*Phaseolus acutifolius*) orally administered to rats. *Toxicology Reports*, 2, 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2014.10.015>
- Food and Drug Administration. (2010). *Bad Bug Book, Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins*.
- Ganesan, K., & Xu, B. (2017). Polyphenol-Rich Dry Common Beans (*Phaseolus*

- vulgaris L.) and Their Health Benefits. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(11), 2331. <https://doi.org/10.3390/ijms18112331>
- Ghazarian, H., Idoni, B., & Oppenheimer, S. (2011). A glycobiology review: carbohydrates, lectins, and implications in cancer therapeutics. *Acta Histochemica*, 113(3), 236–247. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2010.02.004>
- González Alonso, J. A., & Pazmiño Santacruz, M. (2015). Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert. *Revista Publicando*, 2(1), 62–77.
- Hamid, R., Masood, A., Wani, I. H., & Rafiq, S. (2013). Lectins: Proteins with Diverse Applications. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(4), S93–S103. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2013.34.S18>
- Hayat, I., Ahmad, A., Masud, T., Ahmed, A., & Bashir, S. (2014). Nutritional and Health Perspectives of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(5), 580–592.
- He, S., K. Simpson, B., Sun, H., O. Ngadi, M., Ma, Y., & Huang, T. (2018). *Phaseolus vulgaris* lectins: A systematic review of characteristics and health implications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(1), 70–83.
- HGPT. (2019). Agenda Tungurahua 2019-2021. *Décimo Sexta Asamblea Provincial Tungurahua. “El Nuevo Modelo de Gestión de Tungurahua Ejemplo Efectivo de Transformación En Democracia”.*, 1–52. http://www.tungurahua.gob.ec/images/archivos/transparencia/2020/Agenda_Tungurahua2019-2021.pdf

- Jiang, B., Yuan, Y., Zhang, X., Feng, Z., & Liu, C. (2017). Separation and Enrichment of Lectin from Zihua Snap-Bean (*Phaseolus vulgaris*) Seeds by PEG 600–Ammonium Sulfate Aqueous Two-Phase System. *Molecules*, *22*(10), 1596. <https://doi.org/10.3390/molecules22101596>
- Jiang, Q. L., Zhang, S., Tian, M., Zhang, S. Y., Xie, T., Chen, D. Y., Chen, Y. J., He, J., Liu, J., Ouyang, L., & Jiang, X. (2015). Plant lectins, from ancient sugar-binding proteins to emerging anti-cancer drugs in apoptosis and autophagy. *Cell Proliferation*, *48*(1), 17–28. <https://doi.org/10.1111/cpr.12155>
- Lagarda Diaz, I., Guzman Partida, A. M., & Vazquez Moreno, L. (2017). Legume Lectins: Proteins with Diverse Applications. *International Journal of Molecular Sciences*, *18*(6), 1242. <https://doi.org/10.3390/ijms18061242>
- Llamas, F., & Acedo, C. (2016). Las Leguminosas (Leguminosae o Fabaceae): una síntesis de los usos y de las clasificaciones, taxonomía y filogenia de la familia a lo largo del tiempo. *AmbioCiencias*, *14*, 5–18.
- Macedo, M. L., Oliveira, C. F., & Oliveira, C. T. (2015). Insecticidal Activity of Plant Lectins and Potential Application in Crop Protection. *Molecules*, *20*(2), 2014–2033. <https://doi.org/10.3390/molecules20022014>
- Messina, V. (2014). Nutritional and health benefits of dried beans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *100*(1), 437S–442S. <https://doi.org/https://doi.org/10.3945/ajcn.113.071472>
- Mojica, L., Berhow, M., & Gonzalez de Mejia, E. (2017). Black bean anthocyanin-rich extracts as food colorants: Physicochemical stability and antidiabetes potential. *Food Chem.*, *15*(229), 628–639.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.124>

Nagae, M., Soga, K., Morita-Matsumoto, K., Hanashima, S., Ikeda, A., Yamamoto, K., & Yamaguchi, Y. (2014). Phytohemagglutinin from *Phaseolus vulgaris* (PHA-E) displays a novel glycan recognition mode using a common legume lectin fold. *Glycobiology*, 24(4), 368–378.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1093/glycob/cwu004>

Nciri, N., Cho, N., Bergaoui, N., El Mhamdi, F., Ben Ammar, A., Trabelsi, N., Zekri, S., Guémira, F., Ben Mansour, A., Sassi, F., & Ben Aissa-Fennira, F. (2015). Effect of White Kidney Beans (*Phaseolus vulgaris* L. var. Beldia) on Small Intestine Morphology and Function in Wistar Rats. *Journal of Medicinal Food*, 18(12), 1387–1399. <https://doi.org/10.1089/jmf.2014.0193>

Nciri, Nader, & Cho, N. (2018). New research highlights: Impact of chronic ingestion of white kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L. var. Beldia) on small-intestinal disaccharidase activity in Wistar rats. *Toxicology Reports*, 5, 46–55.

<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.12.016>

Cereales y leguminosas. Fréjol. Determinación del tiempo de cocción, (2013).

Granos y cereales. Fréjol en grano, (1987).

OMS. (2015). *La carga de enfermedades de transmisión alimentaria (ETA) es considerable*. CARGA MUNDIAL DE ENFERMEDADES DE TRANSMISIÓN ALIMENTARIA: ESTIMACIONES DE LA OMS.

OMS. (2020). *Inocuidad de los alimentos*. Notas Descriptivas. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>

OPS. (n.d.). *Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA)*. Inocuidad de Alimentos

https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10836:2015-enfermedades-transmitidas-por-alimentos-eta&Itemid=41432&lang=es

Rodríguez-González, S., & Fernández-Rojas, X. E. (2015). Prácticas de preparación y conservación de frijoles en familias costarricenses. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 154–164. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212015000100015&script=sci_arttext

Stanley, P., & Sundaram, S. (2014). Rapid Assays for Lectin Toxicity and Binding Changes that Reflect Altered Glycosylation in Mammalian Cells. *Curr Protoc Chem Biol*, 6(2), 117–133. <https://doi.org/10.1002/9780470559277.ch130206>

Stillwell, W. (2013). Basic Membrane Properties of the Fluid Mosaic Model. In *An Introduction to Biological Membranes* (pp. 131–174).

Suárez Martínez, S. E., Ferriz Martínez, R. A., Campos Vega, R., Elton Puente, J. E., De la Torre Carbot, K., & García Gasca, T. (2016). Bean seeds: leading nutraceutical source for human health. *CyTA Journal of Food*, 14(1), 131–137. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1063548>

Tuapanta Dacto, J. V., Duque Vaca, M. A., & Mena Reinoso, A. P. (2017). ALFA DE CRONBACH PARA VALIDAR UN CUESTIONARIO DE USO DE TIC EN DOCENTES UNIVERSITARIOS. *MktDescubre*, 1, 37–48.

Valadez Vega, C., Guzmán Partida, A. M., Soto Cordova, F. J., Álvarez Manilla, G., Morales González, J. A., Madrigal Santillán, E., Villagómez Ibarra, J. R., Zúñiga Pérez, C., Gutiérrez Salinas, J., & Becerril Flores, M. (2011). Purification,

Biochemical Characterization, and Bioactive Properties of a Lectin Purified from the Seeds of White Tepary Bean (*Phaseolus Acutifolius* Variety *Latifolius*). *Molecules*, *16*(3), 2561–2582. <https://doi.org/10.3390/molecules16032561>

Valadez Vega, C., Morales González, J., Sumaya Martínez, M. T., Delgado Olivares, L., Cruz Castañeda, A., Bautista, M., Sánchez Gutiérrez, M., & Zuñiga Pérez, C. (2014). Cytotoxic and Antiproliferative Effect of Tepary Bean Lectins on C33-A, MCF-7, SKNSH, and SW480 Cell Lines. *Molecules*, *19*(7), 9610–9627. <https://doi.org/10.3390/molecules19079610>

Vlasova, A., Capella-Gutiérrez, S., Rendón-Anaya, M., Hernández-Oñate, M., Minoche, A. E., Erb, I., Câmara, F., Prieto-Barja, P., Corvelo, A., Sanseverino, W., Westergaard, G., Dohm, J. C., Pappas, G. J., Saburido-Alvarez, S., Kedra, D., Gonzalez, I., Cozzuto, L., Gómez-Garrido, J., Aguilar-Morón, M. A., ... Guigó, R. (2016). Genome and transcriptome analysis of the Mesoamerican common bean and the role of gene duplications in establishing tissue and temporal specialization of genes. *Genome Biology*, *17*(32), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s13059-016-0883-6>

Zhang, C., Monk, J. M., Lu, J. T., Zarepoor, L., Wu, W., Liu, R., Pauls, K. P., Wood, G. A., Robinson, L., Tsao, R., & Power, K. A. (2014). Cooked navy and black bean diets improve biomarkers of colon health and reduce inflammation during colitis. *Br J Nutr.*, *111*(9), 1549–1563. <https://doi.org/10.1017/S0007114513004352>

ANEXOS

Anexo 1. Formato de la encuesta

SECCIÓN 1: Indicaciones de la Encuesta

Tema: *Efectos toxicológicos del consumo de lectina de frijoles en la población de la ciudad de Ambato.*

La presente encuesta será de utilidad para la realización del Proyecto de Investigación (Tesis), requisito necesario para el proceso de titulación de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Indicaciones: Responda las siguientes preguntas de acuerdo a lo que usted considere.

SECCIÓN 2: Información General

¿En qué ciudad reside?

¿En qué rango de edad se encuentra?

- Menor a 14 años
- De 15 a 24 años
- De 25 a 45 años
- De 46 a 60 años
- Mayor a 61 años

¿Con qué género se identifica?

- Hombre
- Mujer
- Otro

SECCIÓN 3: Frijoles

1. ¿Con qué frecuencia consume usted frijoles?

- Tres veces a la semana
- Dos veces a la semana
- Una vez a la semana
- Una vez al mes

() Nunca. *Pase a la pregunta 11*

2. ¿Qué tipo de frijol consume?

() Rojo

() Negro

() Blanco

Otro: _____

3. ¿De qué manera consume usted frijoles?

() Guisos/Menestras

() Sopas

SECCIÓN 4: Cocción de los frijoles

4. ¿Ha cocinado alguna vez frijoles?

() Si

() No. *Pase a la pregunta 11 (Sección 5)*

5. ¿Pone usted a remojar el frijol antes de cocinarlo?

() Si

() No. *Pase a la pregunta 7*

6. ¿Cuánto tiempo deja los frijoles en remojo?

() 30 minutos

() 1 hora

() 2 horas

() 3 horas

() 4 horas

() 5 horas

7. ¿En dónde pone usted a cocinar el frijol?

() Olla de cocción rápida (olla de presión, etc.)

Olla de cocción lenta (olla que enchufa, cazuelas, cacerolas, etc.)

8. ¿Hierve usted los frijoles al cocinarlo?

Si

No

9. ¿Qué tiempo deja usted cocinando el frijol?

30 minutos

1 hora

2 horas

10. ¿Con qué intensidad de llama cocina el frijol?

Alta

Media

Baja

SECCIÓN 5: Toxicidad de los frijoles

11. ¿Sabe usted qué es la intoxicación por alimentos?

Si

No

12. ¿Sabe usted que el frijol mal cocido puede ocasionar intoxicaciones?

Si

No

13. ¿Sabe usted que cocinar frijol a una temperatura de 80°C puede causar intoxicación?

Si

No

14. ¿Alguna vez ha presentado náuseas después de haber comido frijoles?

- Si
- No

15. ¿Alguna vez ha presentado vómitos después de haber comido frijoles?

- Si
- No

16. ¿Alguna vez ha presentado diarrea después de haber comido frijoles?

- Si
- No

SECCIÓN 6: Lectinas presentes en frijoles

17. ¿Sabe usted cuáles son las lectinas de los frijoles?

- Si
- No

18. ¿Sabía usted que las lectinas presentes en frijoles son las responsables de causar intoxicaciones?

- Si
- No

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Anexo 2. Instrumento de validación de la encuesta.

Instrumento de validación de la encuesta

Marque con una X la opción dentro de la escala Likert de tres puntos (**0:** Totalmente en desacuerdo; **1:** Indiferente (Ni en desacuerdo, ni de acuerdo); **2:** Totalmente de acuerdo) que considere para cada ítem y agregue observaciones de ser necesario.

Validación de la Encuesta				
Ítems	0: Totalmente en desacuerdo	1: Indiferente (Ni en desacuerdo, ni de acuerdo)	2: Totalmente de acuerdo	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

17				
18				

Nombre:

Empresa:

GRACIA POR SU COLABORACIÓN

Anexo 3. Cálculo del tamaño de la muestra

$$n = \frac{N * Za^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Za^2 * p * q}$$

(Ecuación. 1)

$$n = \frac{(387309) * (1.96)^2 * (0.95) * (0.05)}{(0.03)^2 * (387309 - 1) + (1.96)^2 * (0.95) * (0.05)}$$

$$n = 202.64555$$

$$n = 203$$

Anexo 4. Cálculo del Alfa de Cronbach

- Valores obtenidos en Excel mediante la varianza de los ítems

K	18
$K - 1$	17
ΣVi	0,54
Vt	2,24

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\Sigma Vi}{Vt} \right]$$

(Ecuación. 2)

$$\alpha = \frac{18}{18 - 1} \left[1 - \frac{0.54}{2.24} \right]$$

$$\alpha = 0.80$$