



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

### ESCUELA PROFESIONAL DE NUTRICIÓN HUMANA



**“CRECIMIENTO Y ALTERACIONES DEL TRACTO  
GASTROINTESTINAL EN RATONES (*Mus musculus*) QUE  
CONSUMEN SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. MAYRE ALFARO RONCAL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**LICENCIADA EN NUTRICIÓN HUMANA**

**PUNO – PERÚ**

**2020**



## DEDICATORIA

*La presente investigación la dedico a todas las mujeres; aquellas que desde el periodo neolítico hacían agricultura para mejorar la alimentación de su clan; a las que empezaron a manejar los alimentos y los fueron domesticando. Lo dedico a las mujeres que a lo largo de la historia destinan su tiempo y amor para alimentar a los suyos, y a nosotros. Aquellas mujeres que cultivan, aquellas que no solo cultivan sino luchan por la biodiversidad, aquellas que hacen medicina, con plantas y alimentos, y aquellas que llevan el plato a la mesa. Especialmente aquellas tres mujeres que marcaron mi camino Ana, Virginia y María del Rosario.*

**Mayre Alfaro Roncal**



## AGRADECIMIENTOS

*A los docentes por sus enseñanzas, las cuales motivaron mis ganas de hacer de la nutrición un sistema de prevención de salud.*

*A mi familia, por acompañarme a realizar esta investigación y estar siempre motivándome.*

*A los seres que me acompañaron en esta investigación, dando su vida por la nuestra.*

**Mayre Alfaro Roncal**



## INDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**INDICE GENERAL**

**INDICE DE TABLAS**

**INDICE DE FIGURAS**

**INDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 10**

**ABSTRACT..... 11**

### **CAPITULO I**

#### **INTRODUCCIÓN**

**1.1.OBJETIVO GENERAL ..... 13**

**1.2.OBJETIVO ESPECÍFICO ..... 13**

### **CAPITULO II**

#### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES..... 14**

**2.2. MARCO TEÓRICO ..... 17**

    2.1.1. Alimento..... 17

    2.1.2. Animal de Laboratorio – Ratón..... 20

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

**3.1. ZONA DE ESTUDIO ..... 26**

**3.2. TIPO DE ESTUDIO ..... 26**

**3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA ..... 26**

**3.4. CONDICIONES PARA LA EXPERIMENTACIÓN..... 26**

**3.5. DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO DE RATONES ..... 37**

**3.6. DETERMINACIÓN DE ALTERACIONES ANATÓMICAS DE RATONES39**



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. CRECIMIENTO DE LOS ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN.....</b>	<b>42</b>
<b>4.2. ALTERACIONES ANATÓMICAS A NIVEL GASTROINTESTINAL DE RATONES .....</b>	<b>52</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>73</b>

**Área:** Biomédicas

**Línea:** Promoción de la Salud de las Personas

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 14 de enero del 2020



## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Promedio de peso (gramos) de la filial 0 en ratones que consumen soya gm y soya orgánica .....	43
<b>Gráfico 2:</b> Promedio de peso (gramos) de la filial 1 en ratones que consumen soya gm y soya orgánica .....	44
<b>Gráfico 3:</b> Promedio de longitud (centímetros) de la filial 0 en ratones que consumen soya gm y soya orgánica .....	48
<b>Gráfico 4:</b> Promedio de longitud (centímetros) de la filial 1 en ratones que consumen soya gm y soya orgánica .....	49
<b>Gráfico 5:</b> Muerte de ratones con alteraciones gastrointestinales (expresado en porcentaje).....	52
<b>Gráfico 6:</b> Muerte de ratones con alteraciones gastrointestinales de la filial 0 y filial 1 (expresado en porcentaje) .....	53
<b>Gráfico 7:</b> Alteraciones a nivel de estómago estomago en ratones (expresado en porcentaje).....	54
<b>Gráfico 8:</b> Alteraciones a nivel del intestino delgado (expresado en porcentaje) .....	57
<b>Gráfico 9:</b> Alteraciones a nivel del intestino grueso (expresado en porcentaje) .....	60
<b>Gráfico 10:</b> Alteraciones a nivel del hígado (expresado en porcentaje).....	62
<b>Gráfico 11:</b> Alteraciones a nivel del páncreas (expresado en porcentaje).....	65



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Cultivos internacionales de alimentos genéticamente modificados .....	19
<b>Tabla 2:</b> Composición química de una dieta estandar para el ratón .....	23
<b>Tabla 3:</b> Estadística paramétrica de peso (gramos) de ratones que consumen soya gm y soya orgánica.....	45
<b>Tabla 4:</b> ANOVA de peso en ratones que consumen soya gm y soya orgánica.....	46
<b>Tabla 5:</b> Estadística paramétrica de longitud (centímetros) de ratones que consumen soya gm y soya orgánica .....	50
<b>Tabla 6:</b> ANOVA de longitud en ratones que consumen soya gm y soya orgánica.....	51



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Jaula .....	27
<b>Figura 2:</b> Tapa de jaula .....	27
<b>Figura 3:</b> Lecho.....	28
<b>Figura 4:</b> Bioterio de experimentación .....	29
<b>Figura 5:</b> Reconocimiento del macho.....	32
<b>Figura 6:</b> Reconocimiento de la hembra.....	32
<b>Figura 7:</b> Soya Orgánica.....	34
<b>Figura 8:</b> Soya Genéticamente Modificada .....	35
<b>Figura 9:</b> Harina De Soya Gm Y Harina De Soya Orgánica.....	36
<b>Figura 10:</b> Toma de peso de animales de experimentación.....	38
<b>Figura 11:</b> Toma de longitud de animales de experimentación.....	39
<b>Figura 12:</b> Disección de animales de experimentación .....	40
<b>Figura 13:</b> Diseño de Experimentación .....	41
<b>Figura 14:</b> Imágen de alteraciones a nivel de estómago.....	56
<b>Figura 15:</b> Imágen de alteraciones a nivel de estómago.....	56
<b>Figura 16:</b> Imagen de alteraciones del intestino delgado .....	58
<b>Figura 17:</b> Imagen de alteraciones del intestino delgado .....	59
<b>Figura 18:</b> Imagen de alteraciones del intestino delgado .....	59
<b>Figura 19:</b> Imagen de alteraciones del intestino grueso .....	61
<b>Figura 20:</b> Imagen de alteraciones del intestino grueso .....	61
<b>Figura 21:</b> Imagen de alteraciones del hígado .....	63
<b>Figura 22:</b> Imagen de alteraciones del hígado .....	63
<b>Figura 23:</b> Imagen de alteraciones del hígado .....	64
<b>Figura 24:</b> Imagen de alteraciones del hígado .....	64
<b>Figura 25:</b> Imagen de alteraciones del páncreas.....	66





## INDICE DE ACRÓNIMOS

1. **AGM:** Alimento Genéticamente Modificado
2. **FILIAL 0:** Primera Generación de Ratones de experimentación – Padres.
3. **FILIAL 1:** Segunda Generación de Ratones de experimentación – Hijos.
4. **FILIAL 2:** Tercera Generación de Ratones de experimentación -Nietos-.
5. **OGM:** Organismo Genéticamente Modificado
6. **SOYA GM:** Soya Genéticamente Modificada
7. **SOYA RR:** Soya Roundup Ready (Con presencia de Glifosato)



## RESUMEN

La presente investigación se realizó con los *objetivos de*; determinar el efecto del consumo de Soya Genéticamente Modificada en el crecimiento de dos generaciones de ratones (*Mus musculus*), e identificar el efecto del consumo de Soya Genéticamente Modificada en la producción de alteraciones anatómicas a nivel del tracto gastrointestinal en dos generaciones de ratones (*Mus musculus*). El estudio es experimental de corte longitudinal. Fueron conformados 2 grupos de estudio; un grupo experimental con consumo de dieta a base de SGM y un grupo control con una dieta a base Soya Orgánica (SO). En los animales de estudio, se calificó su maduración sexual para fines de reproducción. Se evaluó una vez por semana el peso y la longitud de ambos grupos. Al fallecimiento de los animales de experimentación, se procedió a diseccionarlos y se evaluó la presencia de alteraciones anatómicas a nivel del tracto gastrointestinal. Los *resultados* de la investigación fueron: (a) en el crecimiento: no se presentaron diferencias significativas ( $F_c = 0.0142$ ;  $P = 0.9065$ ), pero se presentó variaciones de peso entre hembras y machos que consumieron SO y hembras que consumieron SGM, con un promedio de 27 gramo, la Filial 1 (F1) presentó mejor peso en los animales que consumieron SO; aunque sin diferencias significativas ( $F_c = 2,785$ ;  $P = 0.1052$ ). La evaluación de longitud, en los animales de la Filial 0 (F0) y F1, que consumieron SO, presentaron mejor tamaño. (b) Respecto a las alteraciones a nivel del tracto gastrointestinal, el 88% de los animales de experimentación, y el 100% de la F1, que consumieron SGM, presentaron alteraciones como: necrosamiento, proliferación de la mucosa, sangrado en el estómago; necrosamiento y proliferación de la mucosa en el intestino delgado, necrosamiento y sangrado en el intestino grueso; necrosamiento, sangrado, infiltración grasa y lobulaciones en el hígado, con necrosamiento y agrandamiento pancreático.

**Palabras Clave:** Crecimiento, genéticamente modificada, ratones, soya, tracto gastrointestinal.



## ABSTRACT

The present investigation was carried out with the objectives of; to determine the effect of the consumption of Genetically Modified Soy on the growth of two generations of mice (*Mus musculus*), and to identify the effect of the consumption of Genetically Modified Soy on the production of anatomical alterations at the level of the gastrointestinal tract in two generations of mice (*Mus musculus*). The study is experimental with a longitudinal section. Two study groups were formed; an experimental group with consumption of a diet based on SGM and a control group with a diet based on Organic Soy (SO). In the study animals, their sexual maturation was rated for reproductive purposes. The weight and length of both groups were evaluated once a week. Upon the death of the experimental animals, they were dissected and the presence of anatomical alterations in the gastrointestinal tract was evaluated. The results of the research were: (a) in growth: there were no significant differences ( $F_c = 0.0142$ ;  $P = 0.9065$ ), but there were weight variations between females and males that consumed SO and females that consumed SGM, with an average of 27 grams, Filial 1 (F1) presented better weight in animals that consumed SO; although without significant differences ( $F_c = 2.785$ ;  $P = 0.1052$ ). The length evaluation, in the animals of Filial 0 (F0) and F1, which consumed SO, presented better size. (b) Regarding the alterations at the gastrointestinal tract level, 88% of the experimental animals, and 100% of the F1, that consumed SGM, presented alterations such as: necrotizing, proliferation of the mucosa, bleeding in the stomach; necrotizing and proliferation of the mucosa in the small intestine, necrotizing and bleeding in the large intestine; necrotizing, bleeding, fatty infiltration and lobulations in the liver, with necrotizing and pancreatic enlargement.

**Key Words:** Growth, genetically modified, mice, soy, gastrointestinal tract.



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento exponencial de la población, en las últimas décadas, genera logarítmicamente un aumento en el consumo de alimentos. Para cubrir esta demanda, se ha generado un incremento en la producción de los mismos. La ciencia y la tecnología fue dando grandes avances, creando alimentos en laboratorio, como los Alimentos Genéticamente Modificados (AGMs). Estos alimentos, son conocidos como Cultivos Genéticamente Modificados, los que fueron cultivados y comercializados desde 1994<sup>(1)</sup>, propiciando un aumento considerable de las hectáreas cultivables a nivel mundial.

Uno de los Cultivos Genéticamente Modificados con mayor producción a nivel mundial, es la Soya; se estima que entre el 2012 y el 2013, se produjo entre 257<sup>(2)</sup> a 267 mil millones de toneladas<sup>(3)</sup>. Los países con mayor producción de soya son Estados Unidos de Norte América, Brasil, Argentina, China, India, Paraguay, Canadá y Bolivia; este último país, es uno de los mayores productores de Soya GM- con una producción del 94% del total de su producción<sup>(5)</sup>-, Bolivia exporta esta oleaginosa a países como Perú, Chile, Venezuela, Colombia, Ecuador<sup>(6)</sup>. El Perú no es ajeno a este consumo de Soya GM, sea directa o indirectamente, ya que también es de consumo animal.

Ante el incremento del consumo de este tipo de alimento –como es la soya y otros AGMs- existieron y existen diferentes puntos de vista a nivel mundial, entidades que apoyan la producción de los cultivos Genéticamente Modificados justificando el déficit de los alimentos<sup>(7)</sup>. Además, algunas investigaciones encuentran que el consumo de productos GMs durante quince años, no produjeron daño en la salud de los consumidores<sup>(8)</sup>, aunque las referencias son escasas al respecto; existen publicaciones que encuentran que estos alimentos son dañinos para la salud humana, justificando esta afirmación con investigaciones realizadas en animales como en ratas, ratones y otros, los que mostraron algunos problemas como: en la configuración estructural del íleon<sup>(9)</sup>, modificación de la membrana de los hepatocitos<sup>(10)</sup> o problemas en el crecimiento<sup>(11)</sup>.

Como se puede deducir la investigación muestra dos aristas diferentes, de allí surge la preocupación de investigar los efectos del consumo alimentario de soya GM en dos generaciones de animales, con la finalidad de evidenciar los efectos en el crecimiento y alteraciones nivel del sistema gastrointestinal.



El consumo humano de soya GM lleva una generación <sup>(8)</sup>, y siendo tan complejo el estudio de sus efectos, son múltiples las interrogantes sobre la salud en las generaciones venideras, de allí la importancia de estudiar este tema y plantear una posición frente al consumo de diversos alimentos que tienen esta característica, entre ellos, la soya.

### **1.1.OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto del consumo de Soya Genéticamente Modificada en el crecimiento y en la producción de alteraciones anatómicas a nivel del tracto gastrointestinal en dos generaciones de ratones (*Mus musculus*).

### **1.2.OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Determinar el efecto del consumo de Soya Genéticamente Modificada en el crecimiento de dos generaciones de ratones (*Mus musculus*).
- Identificar el efecto del consumo de Soya Genéticamente Modificada en la producción de alteraciones anatómicas a nivel del tracto gastrointestinal en dos generaciones de ratones (*Mus musculus*).

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

Ermakova <sup>(4)</sup> en su investigación en ratas alimentadas con soya RR (Roundup Ready). Detectó que se produce efectos generacionales, incremento de la mortalidad en ratas jóvenes, 55% en las 3 semanas de trabajo, comparado con el 9% del grupo que consumió soya natural; además, de un crecimiento muy atrófico -en ratas que vivieron-, el 36% de ratas pesaba 20gr. menos que las crías que fueron alimentadas con harina de soya natural – a las dos semanas de nacimiento- <sup>(5) (6) (7) (8)</sup>.

Brake y Vlachos <sup>(9)</sup>, realizaron un estudio en pollos que consumían dietas preparadas con maíz GM 176-derivado “Bt” y maíz no GM. No encontraron diferencias estadísticamente significativas en los índices de supervivencia, incrementos de peso y porcentaje de peso relativo de diferentes partes del cuerpo.

Velimirov, *et al* <sup>(10)</sup>, ejecutaron una investigación en ratones y en sus generaciones, no encontraron diferencias significativas. Pero aclaran que el tamaño y el peso de las crías se ven favorables para aquellos ratones alimentados con maíz no modificado.

Yonemochi, *et al* <sup>(11)</sup>, realizaron un estudio en pollos de engorde que consumían maíz GM CBH 351, se observó que los pollos alimentados con el maíz no GM, tuvieron una ganancia de peso menor en comparación de los pollos que consumieron maíz GM (en las primeras 3 semanas), pero la diferencia desapareció en la semana 4 y 7. Se encontró que en ambos grupos el estado de salud fue normal, en la evaluación de valores bioquímicos, hematológicos, histopatológico y en los órganos no hubo diferencias significativas. También se detectó observó que el gen Cry9C en sangre, hígado y músculo. Indicando así que el consumo de maíz GM, no influye sobre el crecimiento, la salud y la función fisiológica de engorde de los pollos.

Hammond, *et al* <sup>(12)</sup>, realizaron un estudio en ratas, pollos, sirulos y vacas, con el objetivo de comparar el valor nutritivo de soya GM, con el de una soya normal, sin abordar aspectos típicamente toxicológicos; la duración de la administración fue de cuatro semanas para ratas y vacas, seis semanas para pollos y diez semanas para sirulos, no detectándose diferencias entre ambos tipos de soya tanto en nutrientes como en antinutrientes; no abordando los aspectos típicamente toxicológicos.



Tutelían y Cols, y, Onischenko y Cols <sup>(13)</sup>, evaluaron en ratas la seguridad de concentrados de soya GM, con código 40-3-2 (Monsanto Co. USA), concluyendo que una dieta suplementada con concentrados albuminoides de dicha soya, a razón de 1,25 gr de soya por rata al día, durante 5 meses, modifica la función de la membrana de los hepatocitos y la actividad enzimática en los mismos, aunque dentro de estándares fisiológicos.

Ewen y Putzai <sup>(14)</sup>, realizaron un estudio en ratas alimentadas con dietas que contenían papas GM, estas presentaron efectos en diferentes partes del tracto gastrointestinal; algunos de los efectos tales como la proliferación de la mucosa gástrica, especialmente en el intestino delgado y ciego. Mostrando un cambio severo en la vellosidad y un gran número de enterocitos 151.8 en el grupo control y 197 a 155.8 en el grupo que consumía papa genéticamente modificada). El 50% de células mostraban hipertrofia y eran multinucleares<sup>(4) (6) (15) (13) (16) (17)</sup>.

Fares y Sayed <sup>(18)</sup>, examinaron en ratones los efectos de una dieta que contenía papas GM, a las que se había incorporado el gen CryI de la bacteria *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*, cepa HD14-; los autores observaron cambios en la configuración estructural del íleon de estos animales, en comparación con otro grupo de ratones alimentados con papas tratadas con endotoxina delta, la cual contiene el mismo tipo de toxina que el *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. Este hallazgo fue considerado como un resultado de la expresión génica.

Malatesta, et al <sup>(19)</sup>, en su investigación en ratones hembras, observaron el daño que producía el consumo de soya GM; la investigación se realizó en 10 ratones suizos, con una dieta que contenía el 14% de soya GM, comenzando su dieta al momento del destete por 24 meses, se pesaron a los ratones cada 2 meses, al momento de su sacrificio, los órganos fueron evaluados con un análisis de proteomas; dentro de los resultados se observaron diferencias en la tasa de mortalidad, además de la influencia de la dieta con soya GM en algunas características del hígado, pero durante el envejecimiento.

Reuters <sup>(20)</sup>, ejecutaron una investigación en Francia, que demostró que las ratas alimentadas durante toda su vida con maíz GM y expuestas a fertilizantes de la compañía Monsanto sufrieron tumores y daños múltiples en sus órganos; donde el



50% de las ratas macho y el 70% de las hembras murieron en forma prematura a causa del maíz.

Malatesta, *et al* <sup>(21)</sup>, efectuaron un análisis ultraestructural de las células del páncreas, en 12 ratones que consumían soya GM, cuya dieta contenía el 12% de soya GM, estos fueron alimentados después del destete, fueron pesados y muertos con dislocación cervical a los 1, 2, 5 y 8 meses de edad, para ver los efectos de la dieta en el páncreas exocrino de ratón por medio de técnicas ultraestructurales, morfométricas. Observando que las células acinares pancreáticas de ratones alimentados con soya GM, produjeron cambios cuantitativos de algunos constituyentes celulares en comparación con los animales control, por lo que concluyeron que una dieta que contiene alimentos GM parece influir en la síntesis y procesamiento del zimógeno.

Según Dominguez <sup>(22)</sup>, señala que los estudios, de más de 30 años, que se realizaron con animales no revelan ninguna diferencia para la salud entre el consumo de un AGM y un alimento que no lo es; además existen evidencias de que los OMG resistentes a plagas han supuesto un beneficio para la salud humana al reducir las intoxicaciones con pesticidas.

Vargas J. <sup>(23)</sup> en su investigación sobre estudios de nutrigenómica, afirma que los mecanismos epigenéticos conjugan todos los elementos moleculares que determinan cuáles serán los rasgos anatómicos, fisiológicos, metabólicos, etc.; por lo que es importante estudiar las interacciones existentes entre el genoma y la dieta, lo cual es relevante dado que la ingesta de alimentos es uno de los factores del entorno más importantes a los que está expuesto un individuo a lo largo de su vida, puesto que es capaz de condicionar positivamente o negativamente el estado de salud.

CONICET <sup>(24)</sup>, señala que, en el estudio realizado por Zhidenko y Kovalenko, donde investigaron la influencia de 0,004 mg/dm<sup>3</sup> del Herbicida Roundup® en *Cyprinus carpio*. Donde se presentaron cambios histológicos en el hígado y en el intestino de estos animales.

Cifuentes <sup>(25)</sup>, realizó una investigación en peces (*P. axelrodi*), expuestos al Herbicida Roundup® Activo durante 30 días en tratamientos y 15 días en recuperación, a los 45 días se sacrificaron y diseccionaron, para la extracción del tracto digestivo y su posterior procesamiento para el análisis por microscopía óptica





de alta resolución. Se observó que el glifosato bajo la presentación de Roundup®Activo produce daños histopatológicos y morfométricos en los órganos del tracto digestivo de *P. axelrodi*.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1.1. ALIMENTO**

Alimento, es todo aquel producto o sustancia que ingerido aporta materias asimilables que cumplen una función nutritiva en el organismo <sup>(26)</sup>. Estas sustancias asimilables, se denominan nutrientes, entre los cuales, tenemos a las proteínas, las grasas, los hidratos de carbono, las vitaminas, los minerales y el agua.

Para que el hombre pueda obtener su alimento, han surgido una serie de cambios; por ejemplo, en tiempos prehistóricos el hombre cazaba, pescaba y recolectaba plantas silvestres <sup>(27)</sup>, esa forma de obtener alimentos fue cambiando, el hombre empezó a cultivar determinadas plantas y a domesticar ciertos animales; frente a muchas dificultades, como la escasez de agua, suelos no aptos y al crecimiento de la población <sup>(28)</sup>, se fue mejorando este tipo de cultivos, y hasta ahora se ven formas de mejorar los cultivos para abastecer la demanda de la población actual; entre estos “mejoramientos” surge un proceso nuevo que no está dentro del entorno natural agrícola sino que se realiza en laboratorios, estos alimentos son los AGM, pero en la agricultura tradicional la producción de alimentos orgánicos y/o naturales siguen existiendo.

Estos dos tipos de productos agrícolas, nos permiten clasificarlos en dos tipos de alimentos: AGMs y naturales.

#### **A. ALIMENTOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS (AGM)**

Los alimentos genéticamente modificados, forman parte de los Organismos Genéticamente Modificados (OGM), que la Organización Mundial de la Salud (OMS) los define como: organismos en los cuales el material genético (ADN) ha sido alterado de modo artificial. La tecnología generalmente se denomina “biotecnología moderna, tecnología genética, tecnología de ADN recombinante o ingeniería genética” <sup>(29)</sup>.



Dentro de los OGM, se encuentran las plantas genéticamente modificadas, las cuales son vegetales cuyo genoma (ADN) fue modificado por la obtención de un tipo de alimento vegetal nuevo y que busca dar mayor producción y utilidad desde el punto de vista alimentario; en las que se han introducido proteínas terapéuticas o antígenos vacunales. Además de apreciar un mejoramiento de los caracteres agronómicos<sup>(30)</sup>.

Se define que los alimentos genéticamente modificados (AGM), son organismos vivos que han sido creados artificialmente, mediante la manipulación de sus genes, incorporación, inactivación o supresión<sup>(30)</sup> a través de la ingeniería genética, proceso que puede realizarse solo en laboratorio<sup>(15)</sup>, cuya expresión le da nuevas cualidades que no tenía de origen<sup>(31)</sup>. Para hacer un organismo genéticamente modificado, se aísla segmentos del ADN de un ser vivo (virus, bacteria, insecto, vegetal, animal e incluso humano) para introducirlo en el material hereditario de otro<sup>(15; 32)</sup> - con el que no tiene ninguna relación, rompiendo las barreras de Género, Familia, Reino<sup>(15)</sup>.

### **A.1. PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS**

La modificación genética, con el propósito de obtener un cambio útil desde el punto de vista alimentario, se basa en la naturaleza de las células somáticas de algunos vegetales -es decir, células capaces de originar cualquier otro tipo de célula, incluyendo con ello la planta completa-. Para llevar a cabo la modificación genética se aísla un gen.

Para aislar un gen concreto en un organismo dado, debemos partir de su información genómica - todo el ADN de ese organismo se ha clonado en fragmentos-. Debido a que tenemos muchos genes clonados no sabemos dónde se ubica el gen con la característica requerida, por lo que se hace a partir del ADN complementario (ADNc), se aísla el ARNm y se obtiene una copia del ADNc, *mediante la transcriptasa inversa*, y clonar el ADN de doble hebra en un plásmido o una levadura. Cuando el ARN se obtiene de células muy especializadas es probable que el ARN más frecuente de la célula corresponda al gen cuyo producto es el más abundante<sup>(33)</sup>.

### **A.2. CULTIVOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS**

Los cultivos Genéticamente Modificados, según la OMS en la publicación realizada de *20 preguntas sobre los alimentos genéticamente modificados*, han sido diseñados

para: ser resistentes al daño causado por insectos, a las infecciones virales y tener tolerancia a ciertos herbicidas <sup>(29)</sup>. La OMS, también resalta que estos cultivos fueron modificados con genes que provenían de microorganismos <sup>(29)</sup>. Existiendo los siguientes AGMs <sup>(29)</sup> (TABLA 1)

**TABLA 1: CULTIVO DE ALIMENTOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS A NIVEL INTERNACIONAL**

CULTIVO	CARACTERÍSTICA	AREAS/ PAISES CON APROBACIÓN
<b>MAIZ</b>	Resistencia a insectos Tolerancia a herbicidas	Argentina, Canadá, Sudáfrica, E.E.U.U, UE
<b>SOYA</b>	Tolerancia a herbicidas	Argentina, Canadá, Sudáfrica, E.E.U.U, UE (solo para procesamiento)
<b>COLZA</b>	Tolerancia a herbicidas	Canadá, E.E.U.U.
<b>ACHICORIA</b>	Tolerancia a herbicidas	UE (sólo para reproducción)
<b>CALABAZAS</b>	Resistencia a virus	Canadá, E.E.U.U.
<b>PAPA</b>	Resistencia a insectos Tolerancia a herbicidas	Canadá, E.E.U.U

FUENTE: OMS, 2008.

### A.3. SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA

La soya es un vegetal perteneciente a la familia de las *Fabacea* (leguminosas) y dentro de ésta a la subfamilia *Papilionoideae* y al género. *Glycine* Willd. Este género incluye el subgénero *Soja* que consta de tres especies procedentes de Asia: *G.max* L. (merr) que es la soya cultivada, *G.soja* Sieb y Zucc que es su forma silvestre y *G. Gracilis* Skvorsov considerada maleza, la cual posee fenotipos intermedios a las anteriores <sup>(34)</sup>.

La soya es una leguminosa <sup>(34)</sup>, se caracteriza por tener como frutos en vaina con una a cinco semillas, flores blancas, amarillas y violetas <sup>(35)</sup>. Es una planta que contiene proteínas completas de fácil absorción, un alto contenido en calcio; también contiene vitamina E y esteroides <sup>(35)</sup>. Contiene entre un 10% a 20% de aceite <sup>(36)</sup>.



La soya GM, es uno de los AGM que, en el contexto de la industrialización de la agricultura, es un cultivo que ha sufrido incrementos sustanciales en el área cultivada en las últimas décadas; en Latinoamérica se incrementó, entre 1990 y el 2005 el 120%, pasando de 18 a 40.31 millones de hectáreas <sup>(34)</sup>. La creciente demanda, se debe a los países emergentes como China e India y de los países europeos productores de carne a base de harinas de soya, así como el nuevo escenario respecto a la producción de agro-combustibles.

Más del 95% de la soya GM, se diseña para tolerar herbicidas como el glifosato, cuya fórmula más común es el Roundup Ready (gen RR), el gen RR permite que el cultivo en crecimiento sea fumigado con glifosato, lo que destruye la maleza, pero permite que el cultivo sobreviva. La soja RRGGM fue comercializada por primera vez en Estados Unidos en 1996, actualmente las variedades de soya RRGGM constituyen el 90% de las plantaciones de soya en Norteamérica y Argentina, y son ampliamente utilizadas en Brasil, Uruguay, Paraguay y Bolivia; siendo la Soya RRGGM, uno de los AGM que más se cultiva en el mundo, con 69 millones de hectáreas en el 2009 <sup>(37)</sup>.

Se dice que, en cuanto a la equivalencia nutricional la soya RR, comparada con la soya convencional, no existe diferencias en la composición centesimal, aminoácidos, ácidos grasos, así como antinutrientes <sup>(38)</sup>.

## 2.1.2. ANIMAL DE LABORATORIO – RATÓN

### **TAXONOMIA:**

- **Clase:** *Mammalia*
- **Familia:** *Muridae*
- **Género:** *Mus*
- **Especie:** *Mus musculus*

El ratón es un mamífero de sangre caliente, de hábitos nocturnos y su comportamiento está influenciado por feromonas. Posee un agudo sentido de la audición, por lo que se alteran rápidamente con los ruidos. Se adapta a una gran variedad de condiciones ambientales, desde zonas muy frías hasta regiones tropicales; en general, las especies prefieren ambientes más secos que húmedos. Su sentido del olfato está muy desarrollado, no sólo para detectar comida y depredadores, sino también para percibir



un orden social. Su visión es muy pobre y no pueden percibir los colores; en la órbita del ojo poseen unas glándulas con forma de herradura llamadas glándulas Harderianas, cuando el ratón está en estrés, excreta en la zona periocular una sustancia de color marrón llamada porfirina. El sistema social depende de la densidad de población, viven en grandes colonias y el rango social está bien desarrollado. Generalmente, son muy dóciles a excepción de algunas cepas exocriadas que mantienen su agresividad, al igual que sus antecesores salvajes. Por su pequeño tamaño son muy susceptibles a cambios ambientales, puesto que una variación de la temperatura entre 2 a 3°C, puede afectar su temperatura corporal y modificar su fisiología<sup>(39)</sup>. En promedio alcanzan los 2 años de edad en laboratorio, pero han llegado a vivir hasta 6 años<sup>(40)</sup>.

El tamaño del ratón adulto varía entre 12 a 15 cm desde la punta de la nariz a la punta de la cola; el largo de la cola es igual al largo del cuerpo; el peso aproximado es de 25 a 30 gr. Las crías al nacer tienen un peso aproximado de 1 a 2 g. y gana rápidamente peso durante la lactancia, nacen con los ojos y oídos cerrados, sin pelos y son muy activos; al tercer día comienza a observarse el desarrollo del pelaje, llegando a cubrirse totalmente desde los siete a diez días. A los 12 días empiezan a abrir los ojos y el conducto auditivo externo, entre los días 13 y 14 se inicia la ingestión de alimento sólido y agua del bebedero<sup>(39)</sup>. Generalmente se les desteta a los 21 días de edad con un peso de aproximadamente 11 a 14 gramos. Cuando no se ha utilizado el estro posparto, empiezan a “ciclar” a los cinco días post-destete. El ciclo estral tiene una duración de cuatro a cinco días, el celo dura 12 horas. Tienen una vida útil de 10 a 12 meses y se obtiene de ocho a diez camadas, por cada par de ratones<sup>(39)</sup>.

## A. ETOLOGÍA DEL RATÓN

El ratón es un animal sociable y se mantiene en grupos sin ningún inconveniente, estos grupos deben formarse rápidamente luego del destete. Sin embargo, los machos de algunas cepas comienzan a mostrar su agresividad entre la séptima y décima semana de edad, aun cuando estos grupos se hayan establecido al destete. En el grupo de machos existe uno dominante que puede ser muy agresivo. Las hembras generalmente no pelean, incluso cuando se hayan agrupado siendo ya adultas<sup>(39)</sup>.

El acto de comer es cíclico, con un pico máximo durante el periodo de oscuridad. El mayor consumo de agua es durante las horas de oscuridad. El ratón generalmente divide su caja en áreas específicas para dormir, comer, orinar y defecar. Las hembras



parturientas construyen un nido y permanecen mucho tiempo cerca de él o sobre las crías<sup>(39; 41)</sup>.

## **B. SISTEMA REPRODUCTIVO**

Las hembras en estado salvaje son capaces de reproducirse, de forma temprana, a partir de las 6 semanas de vida, en el laboratorio, la madurez sexual está un poco retrasada, de 7-8 semanas. La vida sexual de las hembras se prolonga hasta una edad muy avanzada, de 13 a 14 meses de vida y las camadas se suceden una tras otras, al menos durante los primeros meses, a un ritmo de una cada tres o cuatro semanas. El ciclo estral, pro-estro, estro, meta-estro y di-estro, dura de 4 a 6 días con un estro (o celo) de aproximadamente 8-12 horas. Durante el estro, las hembras están receptivas y aceptan la monta del macho. Otro rasgo particular de las hembras, es la capacidad de entrar en estro dentro de las 24 horas posteriores al parto<sup>(41)</sup>.

Los machos de la mayoría de las líneas de ratones de laboratorio son púberes, con actividad espermática establecida, entre 6 y 8 semanas y mantienen la fertilidad prácticamente toda la vida<sup>(41)</sup>.

Las hembras reproductoras pueden convivir en apareamientos monogámicos o poligámicos (de harén). Los apareamientos monogámicos consisten en el aislamiento de un macho y una hembra a lo largo de su vida reproductiva, equivalente a un año o a una cantidad de partos que oscila entre 5 - 8. La pareja de reproductores va a permanecer junta procreando, con un promedio de ocho a diez crías por camada. En el caso de los apareamientos poligámicos, un macho es confinado junto con un número superior de hembras para incrementar la reproducción. Las poblaciones endocriadas se obtienen por el cruzamiento de hermanos con hermanas luego de 20 generaciones como mínimo. Las poblaciones de animales exocriados se obtienen apareando individuos no aparentados entre sí y se les denomina *stock*<sup>(39)</sup>.

## **C. EL RATÓN: SU MICROAMBIENTE Y MACROAMBIENTE**

Se debe asegurar la salud y la comodidad de especímenes, de modo que sus patrones metabólicos y de comportamiento se mantengan normales y estables, dando respuestas confiables<sup>(39)</sup>.

### C.1. MICROAMBIENTE

El microambiente, es el ambiente físico inmediato que rodea al ratón, también llamado confinamiento o encierro primario, está limitado por el perímetro de la jaula o caja, cama, alimento y agua de bebida; deben contribuir a la salud de los animales, y evitarles todo estrés, por lo que deberá asignársele, a cada uno, un espacio adecuado que le permita movimientos y adopciones de posturas normales, preservando a su vez las mínimas condiciones de higiene y de protección contra insectos, otros roedores y plagas (39; 42).

### C.2. MACROAMBIENTE

El macroambiente es el espacio inmediato al microambiente y es la sala de alojamiento en su ámbito general. La alteración de los factores del macroambiente producirá cambios en el modelo animal y con ello, la modificación del tipo de respuesta, y aumento de la variabilidad de los resultados entre o dentro de los laboratorios de experimentación. Los factores son: el aire y ventilación, temperatura de 20 a 25°C, humedad de 40 y 70%, intensidad de la luz y tipo de iluminación, ruido (su nivel máximo es de 85 db), y el olor (39; 42).

### D. ALIMENTO

El alimento es el material primario a partir del cual se van a formar y renovar los tejidos y estructuras corporales, tanto las nuevas como las ya existentes, que deben ser reemplazadas debido al proceso de desgaste. La nutrición es determinante en los estados sucesivos de crecimiento y producción de los animales.

El consumo de alimento y agua, es de 3-6g y de 3-7 ml respectivamente.

**TABLA 2: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE UNA DIETA ESTANDAR PARA EL RATÓN**

NUTRIENTE	PORCENTAJE (%)
<i>Proteína</i>	20.0
<i>Lípidos</i>	4.0
<i>Hidratos de Carbono</i>	55.0
<i>Fibra</i>	4.5
<i>Minerales</i>	5.0
<i>Vitaminas</i>	5.0

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE SALUD, MINSAL, 2008.



### 2.1.1. SISTEMA DIGESTIVO

El sistema digestivo, está formado por el tracto gastrointestinal <sup>(43)</sup> y varias glándulas anexas que vierten secreciones en su interior <sup>(44)</sup>. Es un medio a través del cual ingresan los nutrimentos, los que se encuentran en los alimentos previamente procesados, con el propósito de proveer energía y nutrientes a las células del organismo <sup>(45)</sup>. Este sistema se encarga de reducir estas moléculas grandes (nutrimentos), que no se pueden absorber por su tamaño, para formar unidades más pequeñas, que fácilmente se absorben y convierten en moléculas insolubles en formas solubles <sup>(46)</sup>. Las alteraciones de cualquiera parte de este sistema pueden originar desnutrición <sup>(46)</sup>, y enfermedades de origen digestivo <sup>(45)</sup>, aun cuando se tome una dieta adecuada.

El sistema digestivo está constituido por la boca, dientes, lengua y glándulas salivales, faringe y epiglotis, esófago, estómago, intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon), intestino grueso (colon ascendente, transverso, descendente, recto y ano) y glándulas anexas (hígado y páncreas) <sup>(45; 47; 48; 49; 44)</sup>. Sus principales funciones son:

- Extraer macronutrientes: proteínas, carbohidratos, lípidos, agua y etanol, de los alimentos y bebidas que se ingieren <sup>(46; 43)</sup>.
- Absorber los micronutrientes necesarios.
- Servir de barrera física e inmunitaria contra microorganismos, cuerpos extraños y antígenos potenciales <sup>(46)</sup>.

Dependiendo de la cualidad de la dieta que se consuma, es digerida y absorbida alrededor del 92 al 97% de la misma <sup>(46)</sup>.

Entre las funciones del sistema gastrointestinal la digestión y absorción son funciones primordiales del sistema digestivo, estas funciones se dan gracias a una serie de procesos mecánicos y químicos con el objetivo de degradar las grandes moléculas, convirtiéndolas en más simples para que puedan ser absorbidas <sup>(43)</sup>. Para que se cumplan estas funciones se requiere de distintas partes del sistema gastrointestinal, como el estómago, intestino delgado y grueso. La parte del intestino delgado cumple el final de





la digestión de nutrientes y la absorción de la mayoría de los nutrientes, relativamente en un corto tiempo <sup>(43)</sup>.



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en Puno, ubicado a 3825 metros de altitud, ubicado al sureste del Perú, en un bioterio acondicionado en un ambiente amplio con las características propias para la investigación, siguiendo las normas establecidas por el Instituto Nacional de Salud para el tratamiento de animales de experimentación.

#### 3.2. TIPO DE ESTUDIO

El tipo de estudio de la presente investigación es Explicativo – Experimental de Corte longitudinal, ya que en la hipótesis planteada existe una causa que puede generar diversos efectos que influyan en el crecimiento del sujeto.

#### 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

El tamaño de la muestra es por conveniencia, la cual será de 24 ratones, 12 hembras y 12 machos, mayores a 21 días de nacido.

#### 3.4. CONDICIONES PARA LA EXPERIMENTACIÓN

Se tuvieron que establecer las condiciones de experimentación para el logro de objetivos, según los siguiente:

##### A. ADAPTACIÓN DEL AMBIENTE

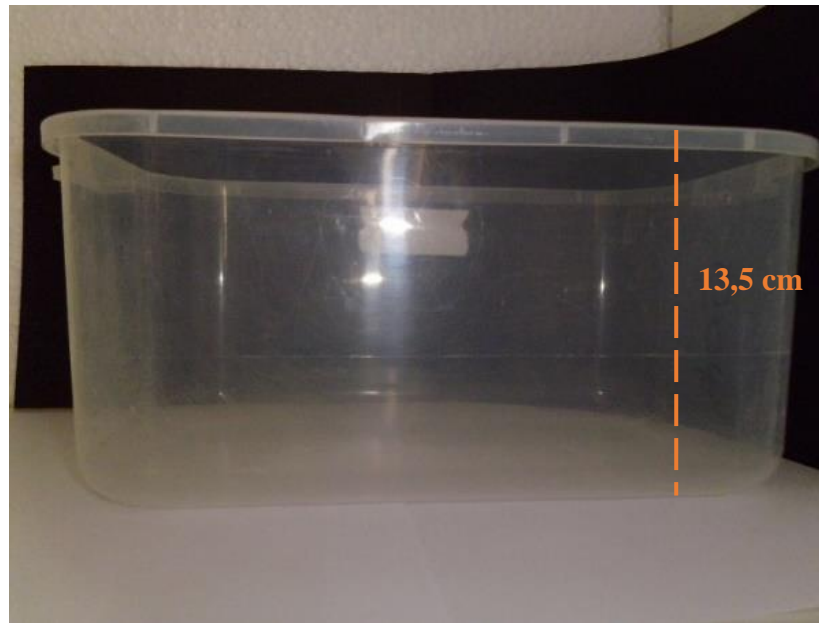
##### A.1. MICROAMBIENTE

El microambiente, es el ambiente físico inmediato que rodea al ratón, también llamado confinamiento o encierro primario<sup>(39)</sup>, está conformado por:

- **JAULA**

Las jaulas fueron de poliestireno (M & R Plastiback S.A), transparentes, resistente al lavado y a la desinfección frecuente; el tamaño de las jaulas o cajas son de un área de 500cm<sup>2</sup> (jaula grande) y de 350cm<sup>2</sup> (jaula pequeña), recomendadas por el INS<sup>(39)</sup>, con una altura de 13,5 cm, como podemos observar en la siguiente figura:

**FIGURA 1: JAULA**



*Fuente: Imagen propias de la investigación*

La ventilación se cumplió con la tapa de la jaula, la cual tiene orificios para un correcto intercambio de gases; siendo también de poliestireno, resistente al lavado y a la desinfección.

**FIGURA 2: TAPA DE JAULA**



*Fuente: Imagen propias de la investigación*

- **LECHO**

El lecho estuvo conformado de viruta de pino blanco el cual es absorbente libre de polvillo y alérgenos.

**FIGURA 3: LECHO**



*Fuente: Imagen propias de la investigación*

- **COMEDERO**

Fue instalado en la tapa de la jaula. Es de material antioxidante, cuyas medidas son: 7 cm de altura, un ancho de 5 cm y una profundidad de 5cm; se separaba por cuadrados de 1cm por 1cm, permitiendo el paso de comida, y evitando su contaminación con los residuos (heces, orina u aserrín de la comida) del lecho, además de disminuir la humedad para conservar la consistencia de los pellets.

- **BEBEDERO**

Fue instalado en la tapa de la jaula, resistente al lavado y desinfección; con un distribuidor de agua, de material antioxidante, que permitió el consumo de agua *ad libitum* al animal de experimentación.

## A.2. MACROAMBIENTE

**FIGURA 4: BIOTERIO DE EXPERIMENTACIÓN**



*Fuente: Imagen propias de la investigación.*

El macroambiente, como lo describe LA GUÍA DE MANEJO Y CUIDADO DE ANIMALES DE LABORATORIO, “...Es el espacio inmediato al microambiente y es la sala de alojamiento en su ámbito general...” (39), este tuvo los siguientes requisitos:

- **VENTILACIÓN**

Se estableció un sistema de control de la humedad, temperatura e intercambio de gases, los que se describen a continuación:

- ✓ **TEMPERATURA**

La temperatura dentro del bioterio se mantuvo entre 12° C y 17° C, con una previa adaptación de los animales de experimentación. Medida por un Higrómetro digital, marca Boeco Germany, el cual presenta un rango de temperatura de -10 a 50°C.



## ✓ HUMEDAD

La humedad dentro de un bioterio se mantuvo entre 40% y 60% de humedad, adaptando previamente a los animales de experimentación a dicha humedad. Medida con un Higro-termómetro digital, marca Boeco Germany, el cual presentaba un rango de humedad entre 20% a 99%.

### • ILUMINACIÓN

Para lograr la iluminación se cubrió el lugar por donde entraba la luz solar, para mantenerla en estándares establecidos y evitar cualquier daño, sobre todo ocular en los animales de experimentación.

### • RUIDO

Se minimizó al máximo cualquier ruido que generar estrés en los animales de experimentación, para no generar estrés en estos.

### • OLOR

Para evitar cualquier saturación del ambiente, se cambió cada tres días el lecho y se realizó una desinfección semanal de la jaula y quincenal del macroambiente, para evitar la exposición continua de los animales de experimentación a olores de los desinfectantes.

## B. OBTENCIÓN DE LOS ANIMALES EXPERIMENTACIÓN

Para la investigación se utilizaron animales engendrados y producidos en situaciones controladas, con la siguiente clasificación:

- Clase: *Mammalia*
- Familia: *Muridae*
- Género: *Mus*
- Especie: *Mus musculus*

Al momento de adquirir los animales presentaron las siguientes características:

- Color: Blanco (Albino)
- Peso: Entre 11 y 14g



Todos los animales fueron adquiridos en el Instituto Nacional de Salud. Debido a las características del lugar de su nacimiento, se tuvo que adaptar a los animales de experimentación, a la altura, temperatura ambiental y humedad.

### **C. TRANSPORTE DE LOS ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN**

El transporte se realizó por vía terrestre, para favorecer una adaptación progresiva de los animales a la altitud de Puno (3827m.s.n.m). En el momento del transporte fallecieron 9 animales, 6 machos y 3 hembras.

Para el transporte se utilizó una jaula de acero inoxidable y gran cantidad de lecho, no se les brindó agua ni comida, en las 22 horas de duración del viaje, para disminuir algún problema de adaptación a la altura.

### **D. ADAPTACIÓN DE LOS ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN**

El ambiente, en el que se realizó la investigación tuvo las siguientes características:

- Temperatura: 12°C mínimo 17°C máximo
- Humedad: 45% a 70%
- Altitud: 3870 m.s.n.m.

La adaptación de los animales fue durante 2 meses, brindándoles agua de la zona y alimento del lugar en el que se adquirieron los animales. Durante este tiempo de adaptación fallecieron otros 4 animales, 3 hembras y 1 macho. Para la investigación se seleccionó a los animales mejor adaptados.

### **E. RECONOCIMIENTO DEL SEXO**

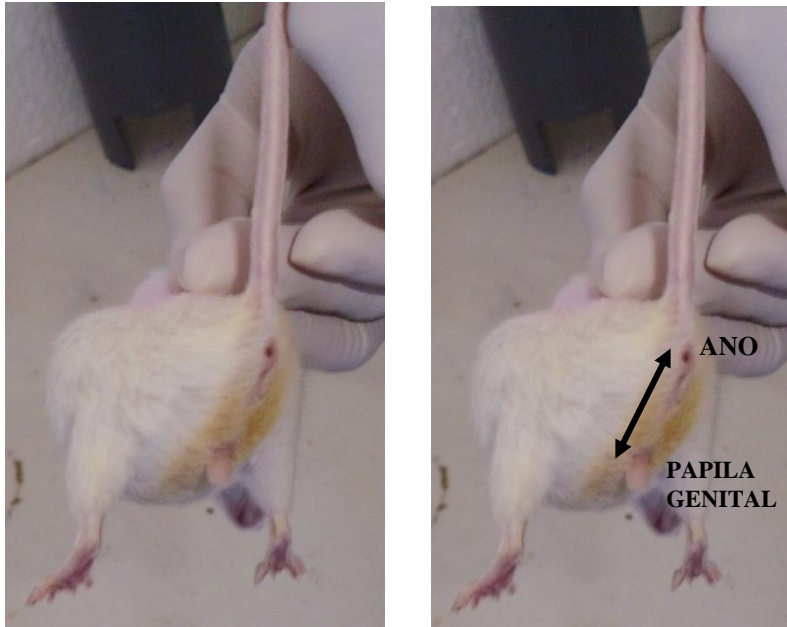
**MÉTODO:** Observación

**TÉCNICA:** Para el reconocimiento del sexo de los animales de experimentación, se tuvo que diferenciar según características indicadas por Benavides y Guénet (39).

Se observa la zona perianal a partir de las tres semanas, evaluando la distancia entre la papila genital y la apertura anal la cual es casi el doble en los

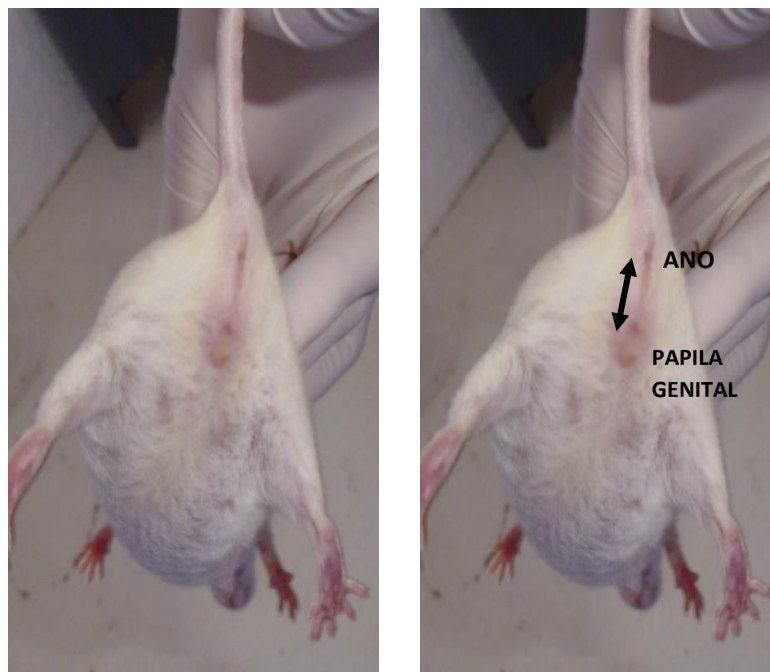
machos, además que el tamaño de la papila genital es también ligeramente mayor en machos. Como podemos observar en las siguientes imágenes:

**FIGURA 5: RECONOCIMIENTO DEL MACHO**



*Fuente: Imágenes propias de la investigación*

**FIGURA 6: RECONOCIMIENTO DE LA HEMBRA**



*Fuente: Imágenes propias de la investigación*





## F. TÉCNICA PARA LA OBTENCIÓN DE FILIOS

Para la obtención de los Filios, se aplicó los mismos métodos tanto para el grupo control como para el grupo de experimentación, de la siguiente manera:

- Una forma fue, poner a una hembra y un macho, al azar, en la jaula más pequeña, ya que se separaron a las hembras y machos, cada sexo vivía en grupos distintos esto con el objetivo de generar más deseo sexual por el efecto sensorial (olor) que generan las hembras en el tiempo fértil. A la hembra y al macho se les dejaba juntos todo el tiempo de preñez hasta el destete de filio.
- La otra forma fue, poner a un macho con 3 hembras, el procedimiento fue igual que el descrito anteriormente.

Para que los animales copulen se esperó mínimo dos meses, debido que este tiempo es un lapso estimado de maduración sexual según el Manual del INS.

## G. ELABORACIÓN DEL ALIMENTO

Para la elaboración del alimento, primero se obtuvo la soya, Soya GM y la Soya Orgánica, las cuales cumplieron las siguientes características:

- **SOYA ORGÁNICA:** La Soya Orgánica se obtuvo de la feria de Productores Apega, que organiza eventos de exposición y venta de productos orgánicos de forma exclusiva, siendo responsabilidad del cumplimiento de esta norma el Ministerio del Ambiente.
  - PROCEDENCIA: Huaraz- Ancash - Perú
  - AÑO DE COSECHA: 2015
  - CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:
    - ✓ COLOR: Amarillo- rojizo
    - ✓ FORMA: Ovalada
    - ✓ OLOR: *Sui generis*
    - ✓ SABOR: Medianamente amargo - dulce

## FIGURA 7: SOYA ORGÁNICA



*Fuente: Imágenes propias de la investigación*

- **SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA:** La Soya GM se obtuvo de la feria de Juliaca.
  - **PROCEDENCIA:** Santa Cruz – Bolivia, según información de la fuente de origen.
  - **AÑO DE COSECHA:** 2012
  - **CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:**
    - ✓ **COLOR:** Amarillo
    - ✓ **FORMA:** Ovalada
    - ✓ **OLOR:** *Sui generis*
    - ✓ **SABOR:** Amargo – muy dulce

## FIGURA 8: SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA



*Fuente: Imágenes propias de la investigación*

Luego de obtener los dos tipos de soya, se procedió a realizar el pelletizado, con el siguiente procedimiento:

### a) **Recepción de la soya**

Se recepcionó la soya, directamente de la zona de abasto; orgánica o genéticamente modificada, y se procedió a la limpieza de algunas impurezas.

### b) **Lavado y secado de la soya**

#### • **LAVADO**

Se procedió a lavar la soya, sea orgánica o genéticamente modificada, para quitar las impurezas (tierra, paja, etc.), que no pudieron ser eliminadas durante el momento de la recepción.

#### • **SECADO**

Se puso en bastidores para que el secado de la soya, por un tiempo aproximado 4 a 5 días, directamente al sol.

**c) Molienda de la soya**

Se llevó a un molino eléctrico, para que la soya en granos sea convertida en harina de soya.

**FIGURA 9: HARINA DE SOYA GM Y HARINA DE SOYA ORGÁNICA**



*Fuente: Imagens propias de la investigación*

**d) Preparación de la masa**

Se procedió a mezclar en un bol: 45% de harina de soya, sea orgánica o genéticamente modificada, 45% de harina de trigo (de la zona, tostada antes de la molienda), 10% de manteca vegetal. Además, se le agregará agua (en mililitros) el mismo porcentaje de harina de trigo (45%).

**e) Pelletizado**

Se procedió a pelletizar con una máquina de carne adaptada.

**f) Secado del pellet**

Se puso en bandejas y se expuso al sol, durante 1 día.

**g) Horneado**

Se horneó a una temperatura de 180°C, por 25 minutos.



Con este procedimiento se obtuvo el alimento para los animales de experimentación. En caso de vitaminas y minerales se le dio una preparación 1 vez por semana a cada animal de experimentación, según Manual de INS<sup>(18)</sup>

### **3.5. PARA DETERMINAR SI EL CONSUMO DE SOYA GM EN RELACIÓN AL CONSUMO DE SOYA ORGÁNICA INFLUYE EN EL CRECIMIENTO, DE DOS GENERACIONES DE RATONES (*Mus musculus*)**

#### **A. MONITOREO DE PESO Y LONGITUD**

**MÉTODO:** Metría

**TÉCNICAS:**

- **Peso**

#### **INSTRUMENTOS**

- ✓ **BALANZA DIGITAL:** Kambor High Precision-EK5055) cuya medida se encuentra entre 0g a 5000g

#### **PROCEDIMIENTO**

La obtención de peso:

- ✓ **Primero:** Se taraba el envase cerrado
- ✓ **Segundo:** Los animales eran introducidos al envase y pesados.

Los animales fueron pesados una vez por semana.

## FIGURA 10: TOMA DE PESO DE ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN



*Fuente: Imágenes propias de la investigación*

- **Longitud**

**MÉTODO: Metría**

**TÉCNICAS:**

- Longitud

**INSTRUMENTOS**

- ✓ Pie de Rey, adaptado de una regla de metal

## PROCEDIMIENTO

La obtención de la longitud, los animales de experimentación eran medidos desde la punta de la nariz hasta el final de la cola. Dichas medidas se realizaron cada semana.

**FIGURA 11: TOMA DE LONGITUD DE ANIMALES DE**



*Fuente: Imágenes propias de la investigación*

### **3.6. PARA IDENTIFICAR EL EFECTO DEL CONSUMO DE SOYA GM EN RELACIÓN AL CONSUMO DE SOYA ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE ALTERACIONES ANATÓMICAS A NIVEL DEL TRACTO GASTROINTESTINAL EN DOS GENERACIONES DE RATONES (MUS MUSCULUS)**

#### **A. PARA IDENTIFICAR ALTERACIONES DEL TRACTO GASTROINTESTINAL**

##### **MÉTODOS:**

- ✓ Observación

##### **TÉCNICAS:**

- ✓ Disección *In toto*

##### **INSTRUMENTOS**

- ✓ Equipo de Disección

## ***PROCEDIMIENTOS***

Se realizó la eutanasia de los animales, que se encontraban enfermos o aquellos que habían fallecido. Diseccionándolos, observando, midiendo y registrando las características *sui generis* de los órganos del tracto gastrointestinal.

**FIGURA 12: DISECCIÓN DE ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN**

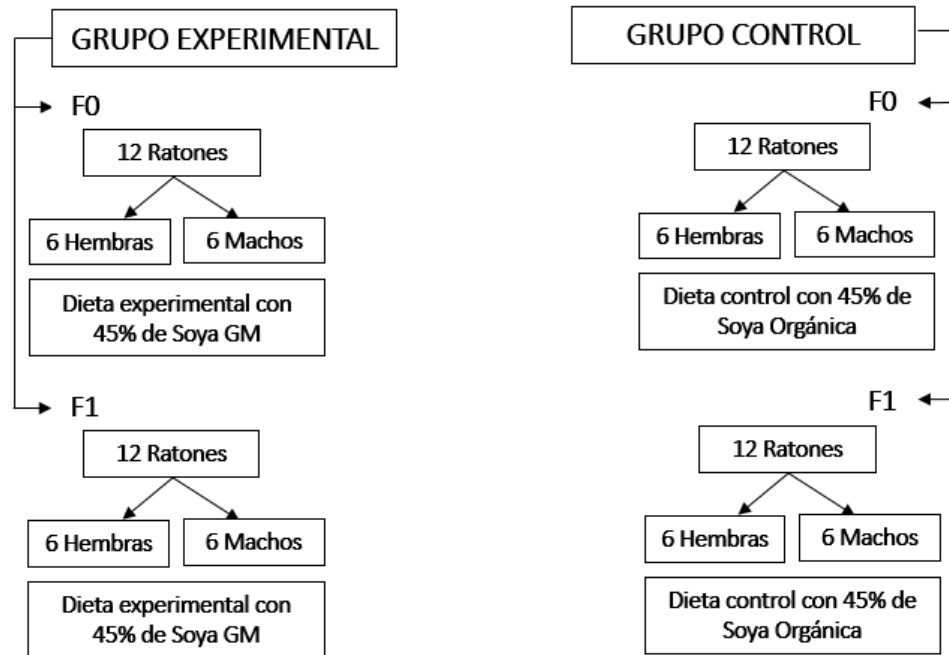


*Fuente: Imágenes propias de la investigación*

Para esto realizamos un diseño experimental con 12 parejas de ratones divididos en 2 grupos: El primer grupo (grupo Experimental, representado con letras mayúsculas: A,B,C,D,E,F) estuvo constituida por 6 parejas, con una dieta a base de Soya GM y el segundo como grupo control (grupo representado con letras minúsculas: a,b,c,d,e,f) que estuvo conformada por 6 parejas, con una dieta a base de Soya Orgánica. En ambos grupos se calificó su maduración sexual, luego se procedió a cruzarlos; alimentando a las parejas con sus respectivos tipos de dieta, así como a sus filios luego del destete.



**FIGURA 13: DISEÑO DE EXPERIMENTACIÓN**



### PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA INVESTIGACIÓN

Para apreciar los cambios que existan entre los diferentes cruces y retrocruces se ejecutó medidas de tendencia central y análisis de varianza; el análisis de varianza es un proceso aritmético de suma de cuadrados que permite apreciar los componentes de la varianza de acuerdo a las fuentes de variabilidad, las que son contrastadas con las tablas de F (probabilidad P) de acuerdo a los grados de libertad, entre los grupos y el error.



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los objetivos planteados en la investigación estos se centraron en la observación del grupo experimental como el grupo control. Según el diseño de investigación planteado para el presente estudio, partimos con un total de 23 individuos para la Filial 0 (padres), a los cuales se les brindo sus respectivas dietas.

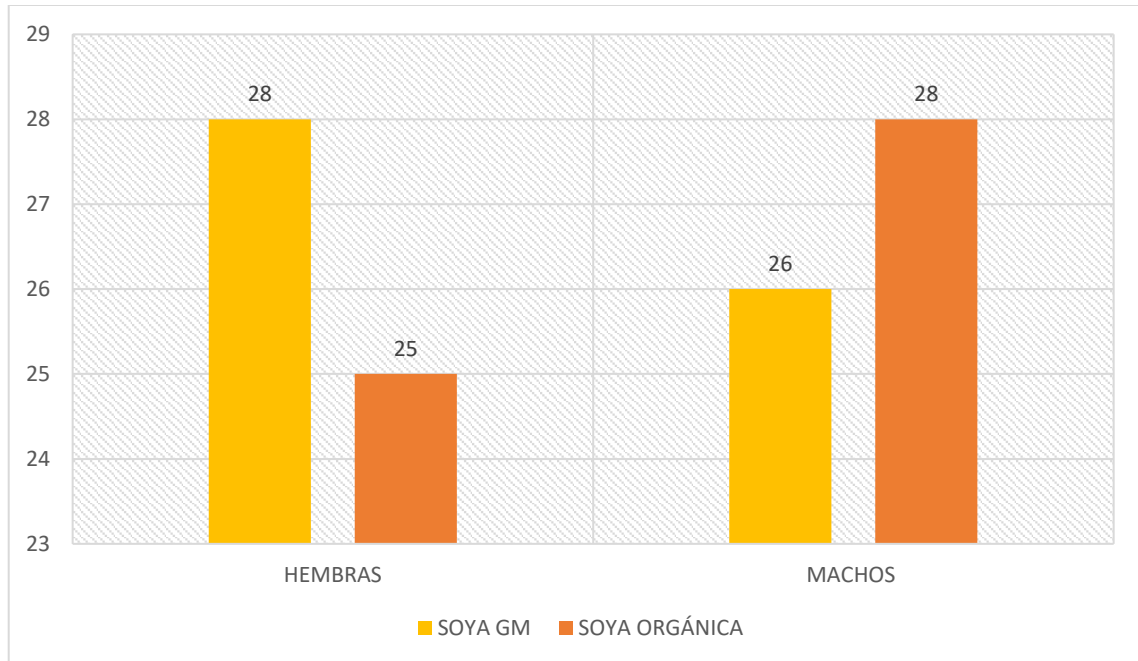
En la Filial 0, tanto del grupo experimental como del grupo control, se analizaron las alteraciones después de la muerte espontánea que se presentó hasta las 57 semanas de investigación. La Filial 1 (hijos de la Filial 0) estuvo conformada por un total de 9 ratones, 6 para el grupo experimental y 3 para el grupo de control, nacieron por los cruces que se realizaron entre hembras y machos de la Filial 0, de sus respectivos grupos; las alteraciones gastrointestinales que presentaron, también se analizaron después de su muerte natural durante la investigación.

#### **4.1. EFECTO DEL CONSUMO DE SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA EN EL CRECIMIENTO**

Los siguientes resultados se obtuvieron de la toma de peso y longitud de un total de 33 ratones, pertenecientes a la Filial 0 y Filial 1.

#### 4.1.1. PESO DE LOS ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN

**GRÁFICO 1: PROMEDIO DE PESO (gramos) DE LA FILIAL 0 EN RATONES QUE CONSUMEN SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA Y SOYA ORGÁNICA**



Fuente: Propia de la Investigación

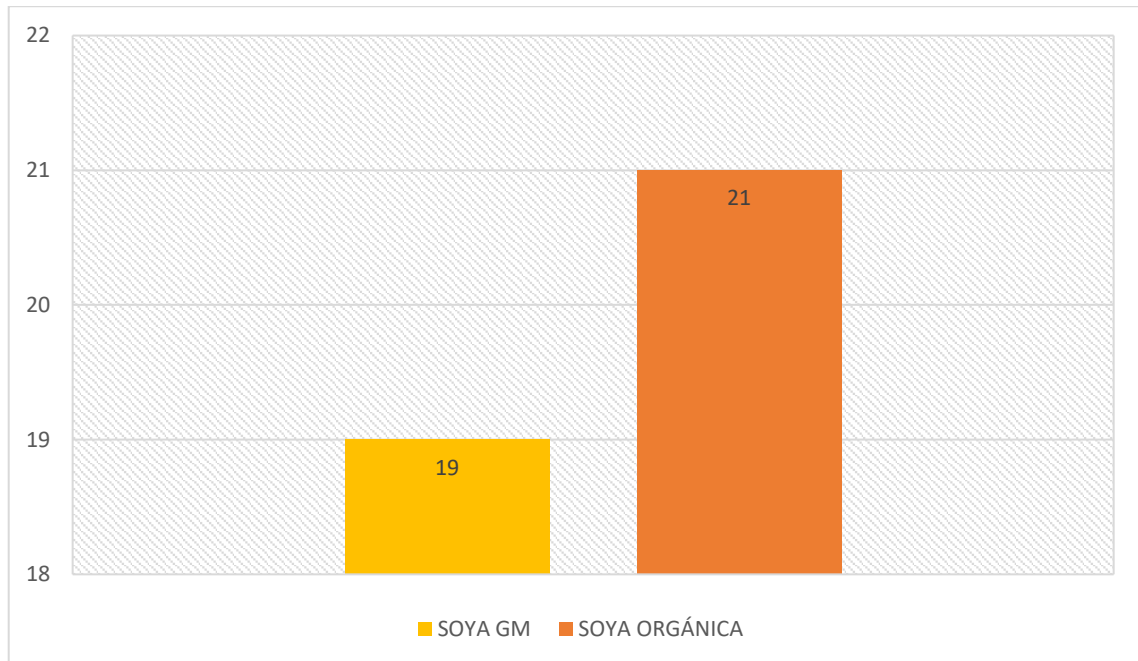
ANOVA ( $F_c = 1.06$ ;  $p = 0.311$ )

En el Gráfico 1, apreciamos diferencias entre ambos sexos. Las hembras que consumieron Soya Orgánica (SO) presentaron un peso promedio de 25 gramos, 3 gramos menos de las que consumieron Soya Genéticamente Orgánica (SGM). Los machos que consumieron SO presentan un peso de 28 gramos, 2 gramos más de los que consumieron SGM, cuyo peso promedio fue 26 gramos. Sin embargo, hembras y machos están dentro de los parámetros teóricos del INS (18) (peso promedio entre 25 a 30 gramos)

Podemos ver que los resultados coinciden con el estudio de Brake y Vlachos (29) donde no se encuentra diferencias estadísticamente significativas; indicado también por Yonemochi *et al* (30), quienes observaron que los pollos de engorde que consumían maíz GM CBH 351, tuvieron una ganancia de peso menor en comparación de los pollos que consumieron maíz GM (en las primeras 3 semanas), pero la diferencia desapareció en la 4 y 7 semana, indicando que el consumo de maíz GM, no influye sobre el crecimiento; al igual que nuestra investigación, que al presentar el promedio entre machos y hembras,

ambos poseen un peso promedio de 27 gramos. Por lo que, podemos indicar que la SGM no influye en el promedio de pesos en los animales de experimentación.

### GRÁFICO 2: PROMEDIO DE PESO (gramos) DE LA FILIAL 1 EN RATONES QUE CONSUMEN SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA Y SOYA ORGÁNICA



Fuente: Propia de la Investigación

ANOVA ( $F_c = 1.06$ ;  $p = 0.311$ )

En el gráfico 2, observamos el peso de la Filial 1, donde ambos grupos presentan un promedio de peso menor que el teórico (18) (peso aproximado es entre 25 a 30gr), los ratones de la Filial 1 que consumieron SO presentan un 22% menos que el promedio teórico y 30% de ratones que consumieron SGM presentan un peso menor que el promedio teórico.

No presentamos en el gráfico a la Filial 2, ya que sólo hubo un individuo del grupo experimental, el que tuvo un peso de 15 gramos, 44% menos que el promedio teórico.

En la investigación de Ermakova (31), las ratas fueron alimentadas con soya RR, detectó que producen efectos generacionales en el crecimiento, presentando un peso atrófico en ratas que vivieron, donde el 36% pesaba 20 gramos menos que las crías que fueron alimentadas con harina de soya natural. Así mismo, Velimirov *et al* (32), ejecutaron una investigación en ratones y en sus generaciones, no encontraron diferencias

significativas. Pero aclaran que el tamaño y el peso de las crías se ven favorables para aquellos ratones alimentados con maíz no modificado. Al comparar con nuestra investigación, podemos señalar que los AGMs, como es la SGM, puede modificar el peso en las Filiales que consumen dichos alimentos, como muestran los resultados en nuestra investigación, Putzai y Ewen atribuyen que las diferencias de peso, pueden estar influenciadas por la capacidad que presenta la SGM de inducir cambios morfofuncionales en las vellosidades intestinales, que alteran la correcta absorción de nutrientes.

**TABLA 3: ESTADÍSTICA PARAMÉTRICA DE PESO (gramos) DE RATONES QUE CONSUMEN SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA Y SOYA ORGÁNICA**

PESO (gramos)	MACHOS		HEMBRAS	
	SOYA GM*	SOYA ORGÁNICA	SOYA GM*	SOYA ORGÁNICA
MÍNIMA	7	10	10	10
25%	23	25	21	19
MEDIANA	29	31	24	27
75%	32	33	27	30
MÁXIMA	35	36	32	31

Fuente: Propia de la Investigación.

Leyenda: \*Soya Genéticamente Modificada

ANOVA ( $F_c = 1.06$ ;  $p = 0.311$ )

En la Tabla 3, observamos que tanto las hembras como los machos responden mejor a una dieta a base de SO, aunque ligeramente las hembras que consumen SGM presentan un mejor peso en algunos parámetros estadísticos. Al destete (21 días de nacido) el peso tomado es mejor en los que consumen SO (10 gramos) frente a los que consumen SGM (8.5 gramos), sobre todo se evidencia en los machos, según se observa en el valor de mínima de pesos.

Durante el desarrollo de los animales de experimentación, observamos en el percentil 25 que, el peso de los ratones es mejor en los machos que consumen SO, teniendo 2 gramos más que los machos que consumen SGM; al observar a las hembras, vemos que las que consumen SGM registran 2 gramos más que las hembras que consumen SO. Pero en el tiempo donde los ratones alcanzan su desarrollo y un peso más estable, vemos que los ratones (hembras y machos) que consumen SO presentan un mejor peso que los que consumen SGM, ello según su mediana.

En el transcurso de su crecimiento, vemos que los animales que consumen SO siguen con un crecimiento óptimo, estando dentro de los rangos teóricos normales frente a los que consumen SGM que presentan un peso menor, datos observados en el percentil 75. En los datos obtenidos de la estadística paramétrica de peso, vemos que los ratones que consumen SGM presentan un mejor peso, excediendo los parámetros teóricos (peso aproximado es entre 25 a 30gr, INS-2008) de manera más marcada en los machos que en las hembras.

Ermakova (33) detectó un crecimiento atrófico en ratas que consumían soya RR sobre las que consumían soya natural. También, Velimirov (32), *et al*, ejecutaron una investigación en ratones y en sus generaciones donde aclaran que el peso de las crías se ven favorables para aquellos ratones alimentados con maíz no modificado. Comparando con nuestra investigación, puede manifestarse que coincide con ambos reportes, ya que los ratones alimentados con SO, presentan un mejor crecimiento que los que consumen SGM, en el transcurso de su vida. Probablemente esto se deba a las alteraciones generadas a nivel del tracto gastrointestinal, aspecto que puede estar relacionado con una reducción en la absorción de nutrientes para un óptimo crecimiento.

Para validar nuestras afirmaciones ejecutamos un Análisis de Varianza de peso por ser datos continuos, para registrar si realmente existía variación dentro de los datos observados.

- **VARIACIÓN DEL PESO EN RATONES QUE CONSUMEN SOYA GM Y SOYA ORGÁNICA**

**TABLA 4: ANÁLISIS DE VARIANZA DE PESO EN RATONES QUE CONSUMEN SOYAGENÉTICAMENTE MODIFICADA Y SOYA ORGÁNICA**

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fc	Nivel de significancia (P)
Entre grupos	25.3153	1	25.3153	1.06	0.311
Dentro de los grupos	739.923	31	23.8685		
TOTAL	765.239	32			

\*Grupo Experimental (Soya GM) y Grupo control (Soya Orgánica)

ANOVA ( $F_c = 1.06$ ;  $p = 0.311$ )



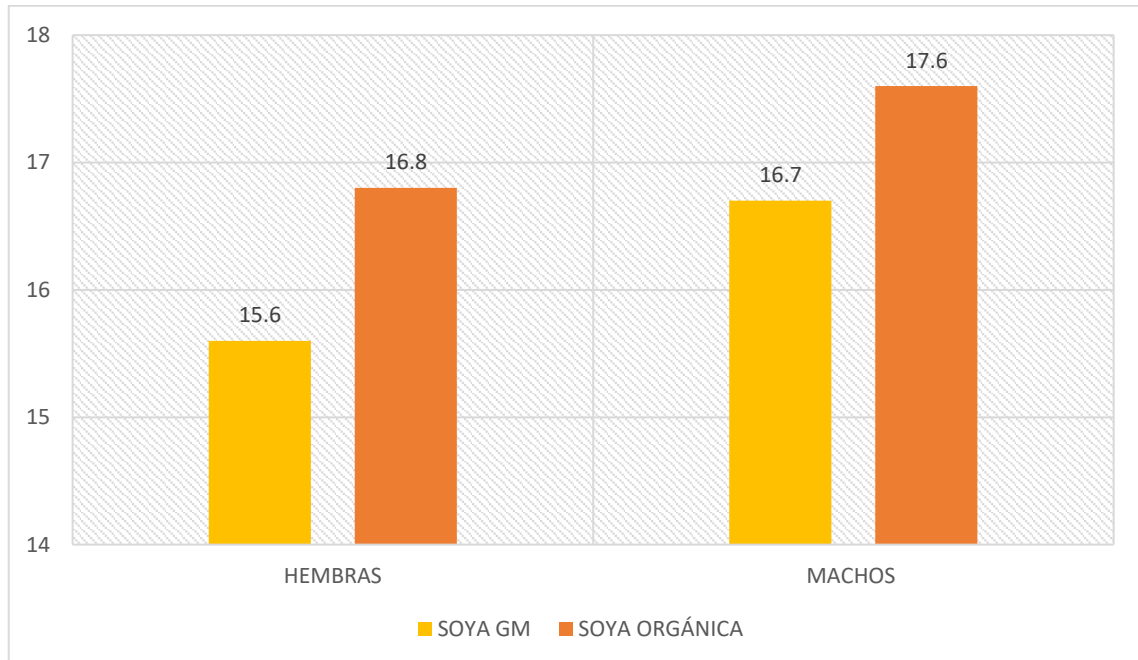
Según el análisis estadístico ANOVA, podemos observar que la variación que existe entre los pesos de los ratones que consumen Soya GM y los ratones que consumen Soya Orgánica, tanto hembras y machos, es No Significativa ( $F_c = 1.06$ ;  $p = 0.311$ ).

La variación de pesos entre las hembras que consumen Soya GM y las que consumen Soya Orgánica, encontramos que es no significativa ( $F_c = 0.014$ ;  $p = 0.907$ ) la diferencia de pesos, podemos apreciar el ANOVA en el **Anexo M**, y la variación de pesos entre los machos que consumen Soya GM y los que consumen Soya Orgánica encontramos que es no significativa ( $F_c = 3,7$   $p = 0.079$ ), podemos apreciar el ANOVA en el **Anexo N**. Con lo cual podemos decir que su crecimiento en peso registrado de los ratones, no ha sido diferenciado entre ratones hembras y machos.

Brake y Vlachos (29), realizaron un estudio en pollos que consumían dietas preparadas con maíz GM 176-derivado “Bt” y maíz no GM. No encontraron diferencias estadísticamente significativas en el incremento de peso. Así mismo, Velimirov (32), *et al*, no encontraron diferencias significativas en el peso de ratones y sus generaciones. Nuestros datos son similares a los encontrados por Brake y Vlachos, y, de Velimirov *et al*, ya que nuestros datos, en cuanto a peso, no presentan diferencias significativas; sin embargo, en el gráfico 2, vemos que el peso de la Filial 1 es mayor en ratones alimentados con Soya Orgánica.

#### 4.1.2. LONGITUD DE LOS ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN

**GRÁFICO 3: PROMEDIO DE LONGITUD (centímetros) DE LA FILIAL 0 EN RATONES QUE CONSUMEN SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA Y SOYA ORGÁNICA**



Fuente: Propia de la Investigación

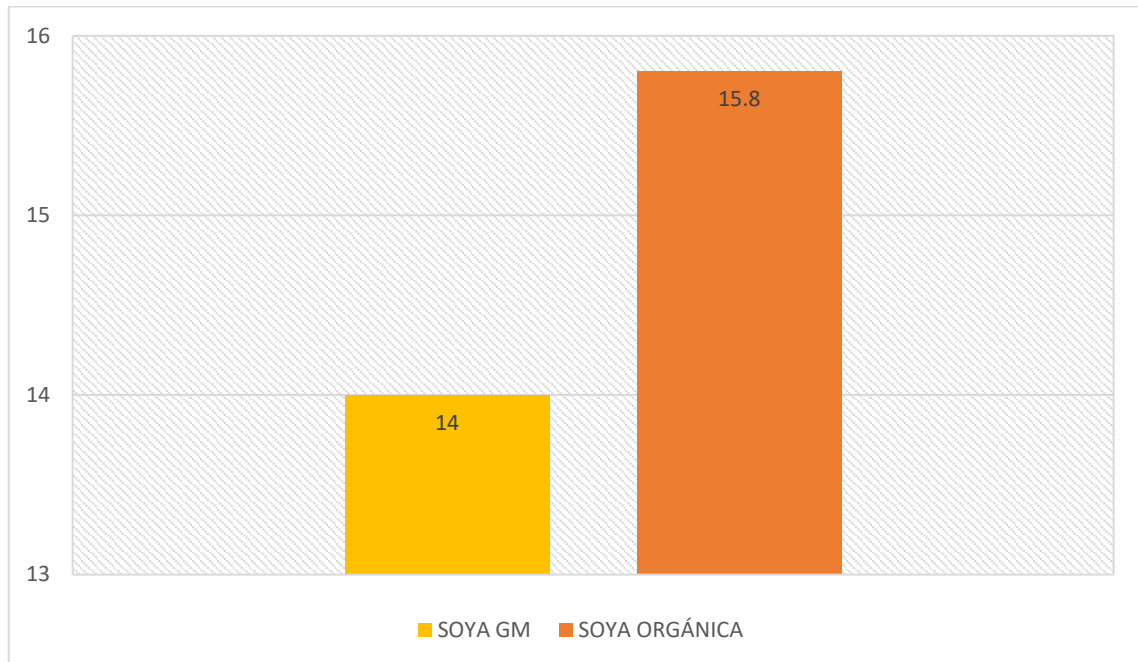
ANOVA ( $F_c = 2,455$ ;  $p = 0.127$ )

En el Gráfico 3, vemos una diferencia entre los ratones que consumieron SGM y SO, pero en ambos vemos que superan al promedio teórico (15 centímetros): *El tamaño del ratón adulto varía entre 12 a 15 cm desde la punta de la nariz a la punta de la cola (INS-2008) (18)*. Las hembras que consumen SGM tienen 1.2 centímetros menos que las que consumieron SO. Los machos que consumen SGM tienen 0.9 centímetros menos que los que consumieron SO.

Podemos notar que los resultados son diferentes a los de la investigación de Velimirov, *et al* donde no se encuentra diferencias en la Filial 0; sin embargo, en nuestra investigación encontramos diferencias evidentes entre ratones alimentados con SGM y SO. Por lo que podemos afirmar que la SGM influye en el promedio de longitud en los animales de experimentación.



#### GRÁFICO 4: PROMEDIO DE LONGITUD (centímetros) DE LA FILIAL 1 EN RATONES QUE CONSUMEN SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA Y SOYA ORGÁNICA



Fuente: Propia de la Investigación

ANOVA ( $F_c = 2,455$ ;  $p = 0.127$ )

En el presente gráfico, observamos la longitud de la Filial 1, donde los ratones que consumen SO superan los parámetros teóricos (*La longitud del ratón adulto varía entre 12 a 15 cm desde la punta de la nariz a la punta de la cola INS-2008*) (18), en 0.8 centímetros. Al observar los ratones que consumen SGM vemos que se encuentran dentro de los parámetros teóricos. Sin embargo, los animales que consumen SO presentan una mejor longitud.

No se puso en gráfico a la Filial 2, ya que solo hubo solo un individuo del grupo experimental, el que tuvo una longitud de 13.6 centímetros, el mismo se encuentra dentro de los parámetros teóricos.

Encontramos en investigaciones como la de Velimirov (32) que, el tamaño de las crías es favorable para aquellos ratones alimentados con Maíz no modificado. Al comparar con nuestra investigación observamos que el tamaño es mayor para aquellos que consumieron SO; por lo que podemos decir, que la SO favorece el crecimiento de los

ratones que la consumen, puede deberse a que este tipo de soya, no induce a cambios en las vellosidades intestinales, manteniendo una normal absorción de nutrientes.

**TABLA 5: ESTADÍSTICA PARAMÉTRICA DE LONGITUD (Centímetros) DE RATONES QUE CONSUMEN SOYA GM Y SOYA ORGÁNICA**

LONGITUD (gramos)	MACHOS		HEMBRAS	
	SOYA GM*	SOYA ORGÁNICA	SOYA GM*	SOYA ORGÁNICA
MÍNIMA	11.0	10.7	11.4	10.7
25%	15.5	16.5	14.3	13.6
MEDIANA	17.6	18.8	16.4	17.8
75%	18.3	18.9	17.0	18.4
MÁXIMA	18.8	19.5	17.2	18.8

Fuente: Propia de la Investigación.

Leyenda: \*Genéticamente Modificado

ANOVA ( $F_c = 2,455$ ;  $p = 0.127$ )

En la Tabla 5, vemos que los animales, tanto machos como hembras que consumieron SO presentan mejor longitud que los animales que consumieron SGM. La longitud tomada a los 21 días de nacido es mayor en los que consumen SGM que los que consumen SO, siendo más evidente en las hembras, según el valor de la mínima. Durante el desarrollo de los animales de experimentación, observamos en el percentil 25 que, la longitud es mejor en los machos que consumen SO, con 1 centímetro de diferencia; sin embargo, en las hembras vemos que la longitud es mayor en 0.7 centímetros en los animales que consumen SGM.

Pero al alcanzar el crecimiento de longitud estable, apreciamos que los machos que consumen SO tienen 1.2 centímetros más que los que consumen SGM, y las hembras que consumen SO presentan 1.4 centímetros más que las que consumen SO, esto expresado en la mediana. En el transcurso de su crecimiento, vemos que los machos que consumen SGM tienen una longitud de 0.6 centímetros menos que los que consumen SO, en las hembras que consumen SGM tienen 1.4 centímetros menos que las que consumen SO, visto en los datos del percentil 75.

La máxima, los ratones machos que consumen SGM presentan 0.7 centímetros que los que consumen SO, en el caso de las hembras que consumen SO presentan 1.6 centímetros más que los que consumen SGM. Ambos superan los

parámetros teóricos: *El tamaño del ratón adulto varía entre 12 a 15 cm desde la punta de la nariz a la punta de la cola, MANUAL-2008 (18).*

La investigación de Velimirov (32), aclara que el tamaño de las crías se ve favorable para aquellos ratones alimentados con Maíz no Modificado. Comparando con nuestra investigación, los resultados son similares a los encontrados por Velimirov, ya que los ratones alimentados con SO, presentan un mejor crecimiento en el transcurso de su vida que los que consumen SGM. Probablemente pueda deberse a la disminución de absorción de nutrientes, causadas por las alteraciones a nivel del tracto gastrointestinal que presentaron los ratones que consumieron SGM

- **VARIACIÓN DE LA LONGITUD EN RATONES QUE CONSUMEN SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA Y SOYA ORGÁNICO**

**TABLA 6: ANÁLISIS DE VARIANZA DE LONGITUD EN RATONES QUE CONSUMEN SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA Y SOYA ORGÁNICA**

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fc	Nivel de Significancia (p)
Entre grupos	7.672	1	7.672	2.455	0.127
Dentro de los grupos	96.850	31	3.124		
TOTAL	104.522	32			

\*Grupo Experimental (Soya GM) y Grupo control (Soya Orgánica)

ANOVA ( $F_c = 2,455$ ;  $p = 0.127$ )

El análisis estadístico ANOVA, indicamos que la variación que existe entre las longitudes de los ratones que consumen SGM y los ratones que consumen SO, tanto hembras y machos, es no significativa ( $F_c = 2,455$ ;  $p = 0.127$ ).

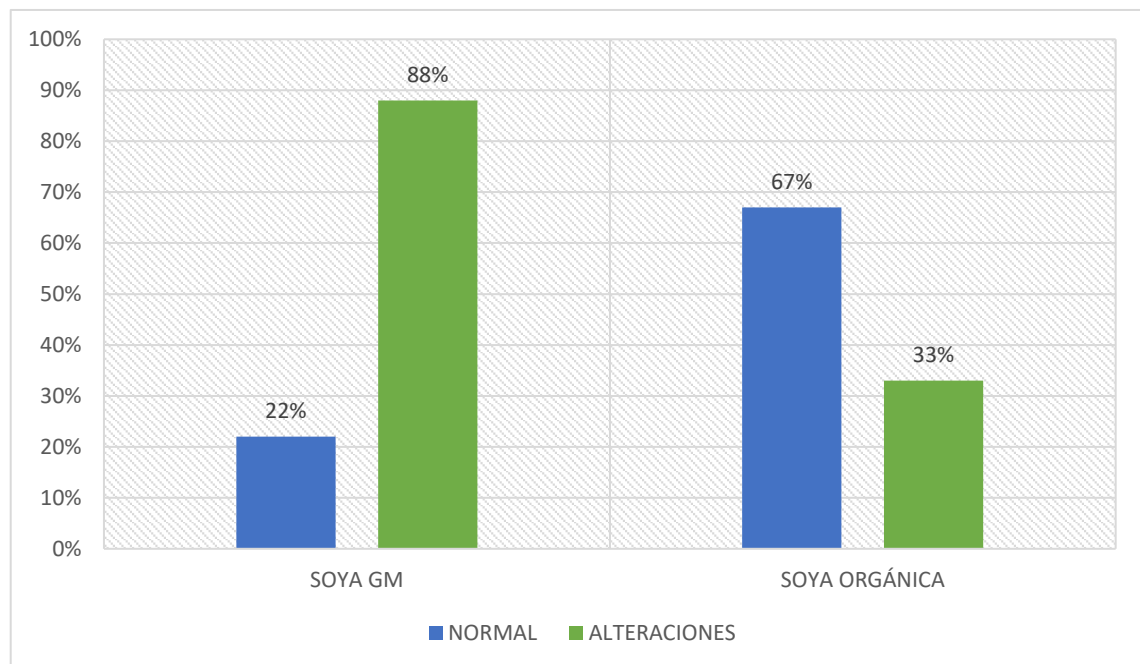
La variación de longitudes entre las hembras que consumen SGM y las que consumen SO encontramos que es no significativa ( $F_c = 1.519$ ;  $p = 0.2346$ ) la diferencia de longitudes, podemos apreciar el ANOVA en el **Anexo O**; y la variación de longitudes entre los machos que consumen SGM y los que consumen SO encontramos que es No Significativa ( $F_c = 1,174$ ;  $P = 0.299$ ), podemos apreciar el ANOVA en el **Anexo P**. Con lo cual podemos decir que su crecimiento en longitudes registrado de los ratones, no ha sido diferenciado entre ratones hembras y machos.

La investigación de Velimirov, *et al* (32), donde ejecutaron una investigación en ratones y en sus generaciones, no encontraron diferencias significativas. Al observar los datos de nuestra investigación, vemos que coincide con los datos de Velimirov *et al*, ya que nuestros datos, en cuanto a longitud, no presentan diferencias significativas, pero al observar en el gráfico 4, vemos que el peso de la Filial 1, es mayor para aquellos ratones alimentados con SO.

#### **4.2 EFECTO DEL CONSUMO DE SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA EN LA PRODUCCIÓN DE ALTERACIONES ANATÓMICAS A NIVEL DEL TRACTO GASTROINTESTINAL**

Los resultados corresponden a la Filial 0 y Filial 1. En la investigación se procedió a diseccionar a los animales después de su fallecimiento, para ver si tenían alguna alteración a nivel del tracto gastrointestinal, obtuvimos los siguientes resultados:

**GRÁFICO 5: MUERTE DE RATONES CON ALTERACIONES GASTROINTESTINALES (Expresado en Porcentaje)**

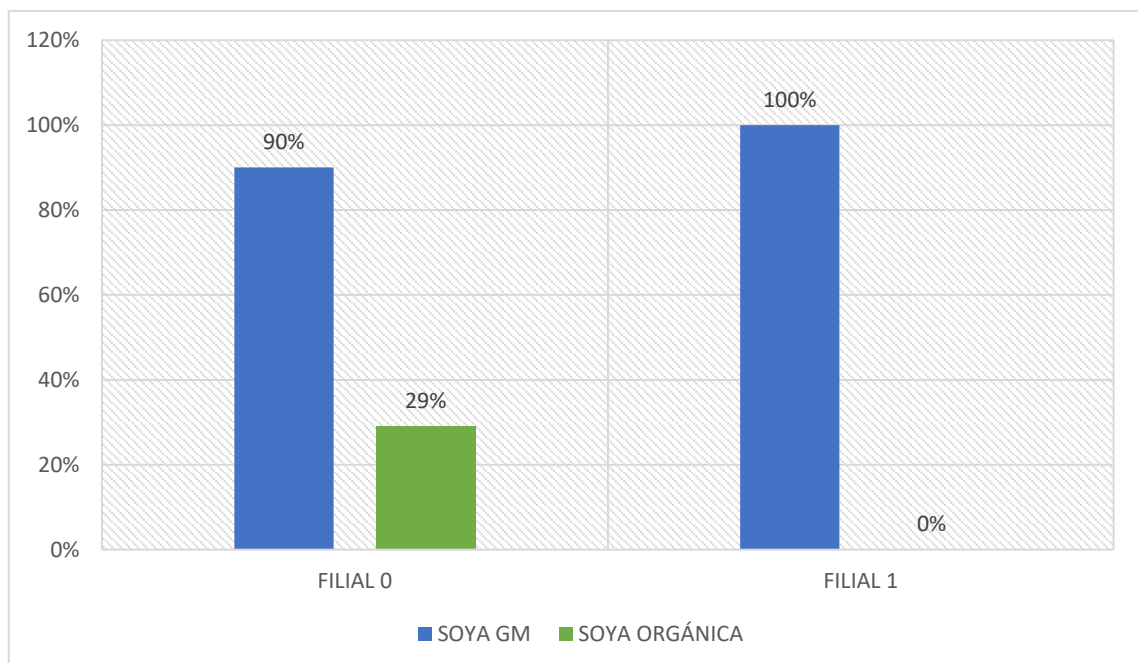


*Fuente: Propia de la Investigación*

En el Gráfico 5, apreciamos que diseccionando a los ratones que consumieron SGM el 88% de la población presentó alguna alteración a nivel del tracto gastrointestinal. En el caso de los ratones que consumen SO observamos que el 33% de la población

presentó alguna alteración a nivel del tracto gastrointestinal. Es posible establecer que la muerte de la población que consumió SGM pueda deberse a un problema causado por la dieta; el cual coincide con las investigaciones de Malatesta, *et al* (19), en su investigación en ratones hembras, observaron el daño que producía el consumo de SGM; la investigación se realizó en 10 ratones suizos, con una dieta que contenía el 14% de SGM, dentro de los resultados se observaron diferencias en la tasa de mortalidad. Reuters (20), ejecutó una investigación en Francia, que demostró que las ratas alimentadas durante toda su vida con maíz GM y expuestas a fertilizantes de la compañía Monsanto sufrieron tumores y daños múltiples en sus órganos, el estudio generó críticas de expertos independientes, Reuters sostiene que el 50% de las ratas macho y el 70% de las hembras murieron en forma prematura a causa del maíz.

**GRÁFICO 6: MUERTE DE RATONES CON ALTERACIONES GASTROINTESTINALES DE LA FILIAL 0 Y FILIAL 1 (Expresado en Porcentaje)**



*Fuente: Propia de la Investigación*

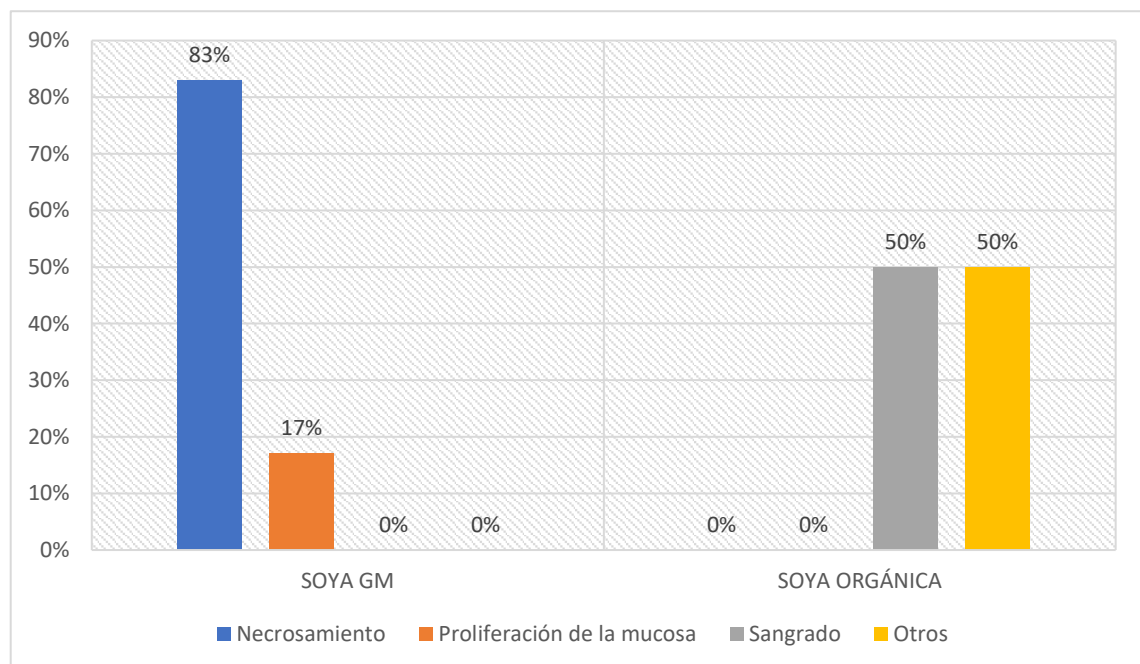
En el Gráfico 6, observamos que los ratones que consumieron SGM (Primera Generación - Filial 0) presentaron 90% de alteraciones gastrointestinales al momento de ser diseccionados. En el grupo control se aprecia que el 29% presenta alguna alteración a

nivel del tracto gastrointestinal. Con lo cual afirmamos que la dieta con SGM altera mayormente el tracto gastrointestinal de la Filial 0 de ratones.

Además, apreciamos que la Filial 1 presentó alteraciones gastrointestinales en el 100% de ratones, que consumió SGM. A diferencia de los ratones del grupo control (ratones que consumieron SO), donde el 100% de estos no presentó ninguna alteración gastrointestinal. Por lo que podemos decir que la totalidad de la población de ratones de la Filial 1, que consume SGM, presentan alteraciones gastrointestinales.

Nuestros resultados son similares a lo encontrado por Reuters<sup>(20)</sup>, que encontró que las ratas alimentadas durante toda su vida con maíz GM y expuestas a fertilizantes de la compañía Monsanto sufrieron tumores y daños múltiples en sus órganos, el estudio de Reuters sostiene que el 50% de las ratas macho y el 70% de las hembras murieron en forma prematura a causa del consumo de una dieta a base del maíz GM.

**GRÁFICO 7: ALTERACIONES A NIVEL DE ESTÓMAGO EN RATONES**  
(Expresado en Porcentaje)



*Fuente: Propia de la Investigación*

El Gráfico 7, nos muestra las alteraciones a nivel de estómago, que se observaron durante la investigación, como: (01) necrosamiento, (02) presencia de aire en el estómago, (03) sangrado y (04) el agrandamiento del tamaño de estómago, posiblemente

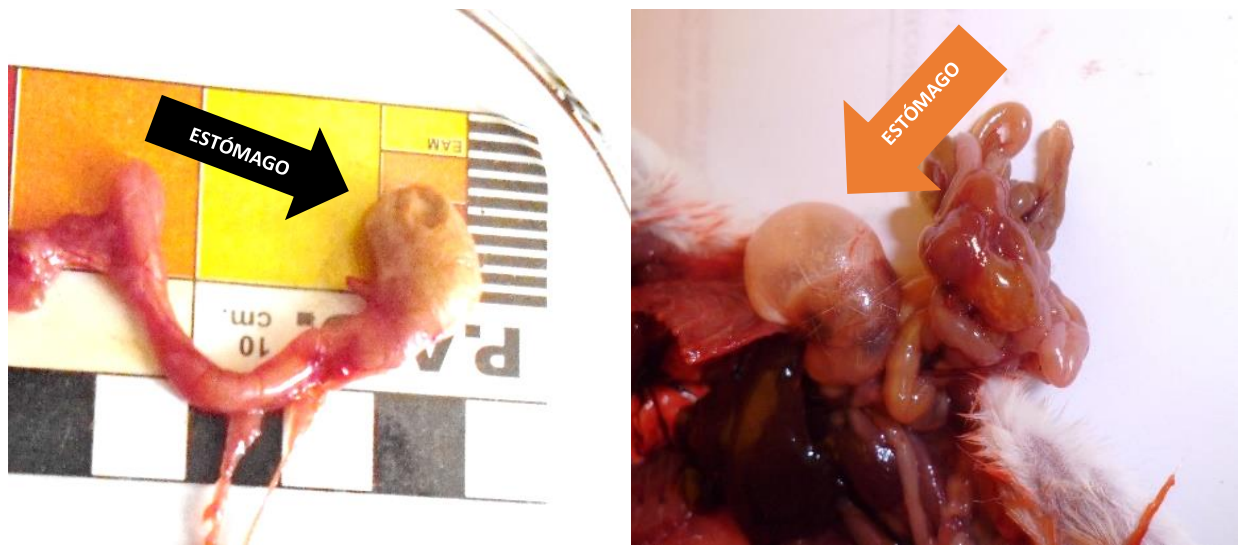


por alguna obstrucción del aparato gastrointestinal, ya que se observó alimento seco cuando se diseccionó el estómago.

Encontramos que el 83% presentó necrosamiento gástrico, el 17% tuvo presencia de aire y agrandamiento en la población que consumió SGM. En los animales que consumieron SO, observamos que el 50% de los animales presentaron sangrado en el estómago y el 50% presentaron el estómago agrandado. Por lo cual podemos decir que, la población que consume SGM presenta alteraciones extrañas al ser observado el estómago.

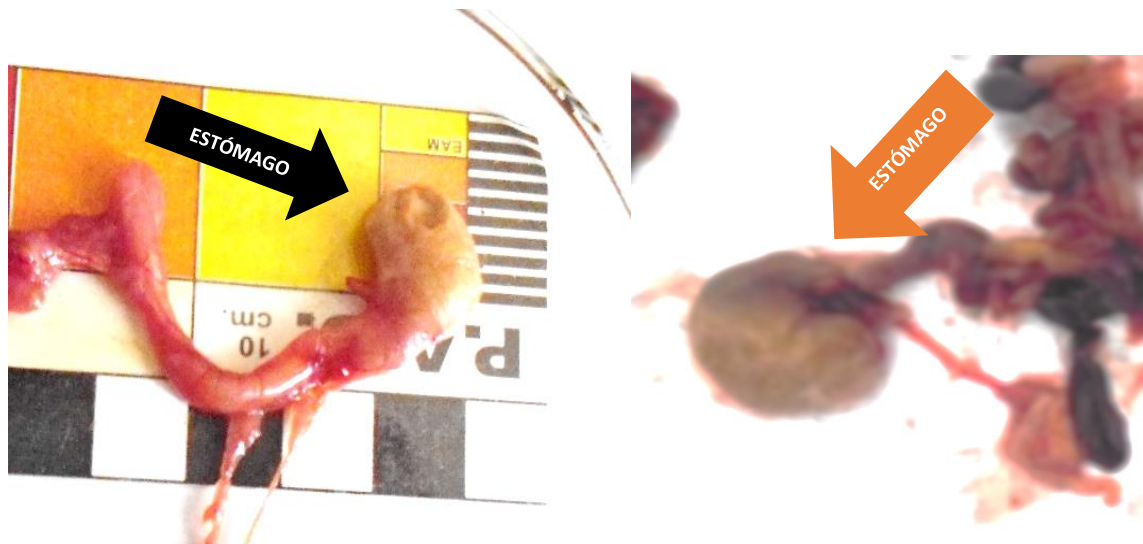
El estómago es una de las primeras estructuras del tracto gastrointestinal recibiendo todo tipo de agentes exógenos como los alimentos, este responde al efecto de diversas sustancias ya sea liberando ácido, mucus, bicarbonato, prostaglandinas o teniendo cambios morfoestructurales. Ewen y Putzai (36), reportan que en un estudio en ratas alimentadas con dietas que contenían papas GM, presentaron efectos en diferentes partes del tracto gastrointestinal; algunos de los efectos tales como la proliferación de la mucosa gástrica, atribuida principalmente a la expresión del transgen GNA (Lectina galantus nivalis agglutinin), como principal inductor de la alteración en los procesos de división mitótica y alteración en los mecanismos de proliferación. Cifuentes (37) realizó una investigación donde encontró daños histopatológicos y morfométricos en el estómago de *P. axelrodi* por la presencia de Roundup, por lo que podemos decir que la presencia de glifosato en la SGM, puede ser un factor exógeno que puede causar alteraciones a nivel del estómago. Aspectos que podrían explicar nuestros hallazgos.

### FIGURA 14: IMÁGEN DE ALTERACIONES A NIVEL DE ESTÓMAGO



La imagen de la izquierda nos muestra un estómago sano, cuyas características son: amarillo por el contenido gástrico y rosado Sui generis del estómago (imagen tomada a un ratón que consume Soya Orgánica). En la imagen de la derecha vemos la proliferación de la mucosa gástrica, cuyas características son presencia de aire en el estómago y sin contenido gástrico.

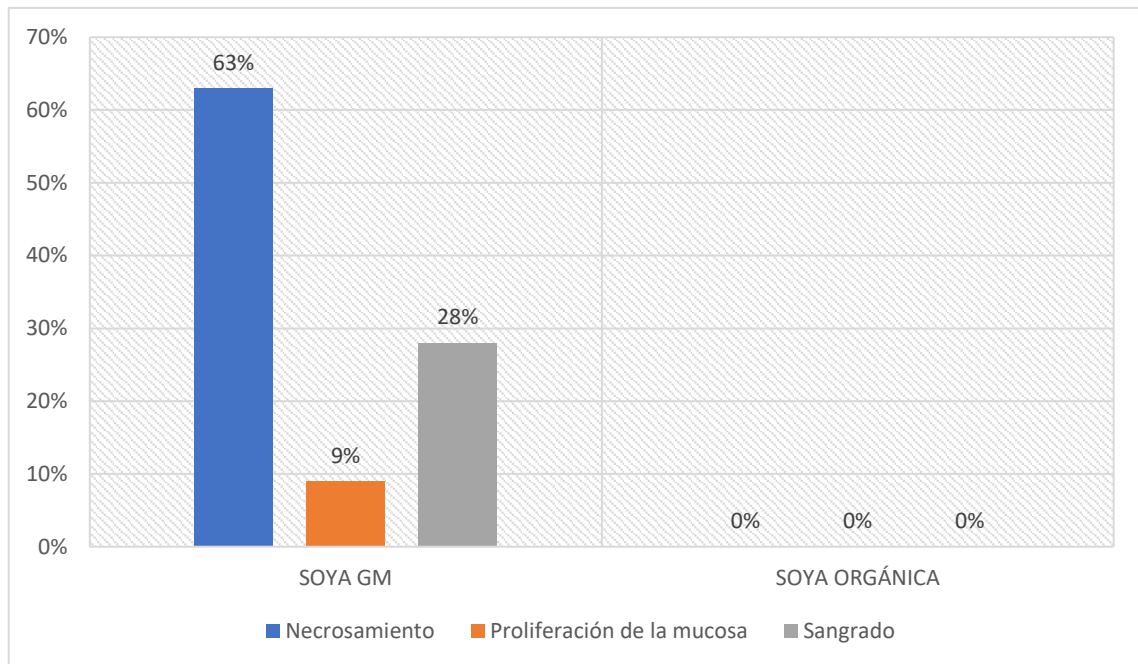
### FIGURA 15: IMÁGEN DE ALTERACIONES A NIVEL DE ESTÓMAGO



La imagen de la izquierda nos muestra un estómago sano, cuyas características son: amarillo por el contenido gástrico y rosado Sui generis del estómago (imagen tomada a un ratón que consume Soya Orgánica). En la imagen (imagen tomada a un ratón que consume Soya GM) de la derecha vemos la necrosis, con color amarillento gris, lo que se debe al contenido gástrico (color amarillo) y gris por el necrosamiento de las células del estómago.



### GRÁFICO 8: ALTERACIONES A NIVEL DEL INTESTINO DELGADO (Expresado en Porcentaje)



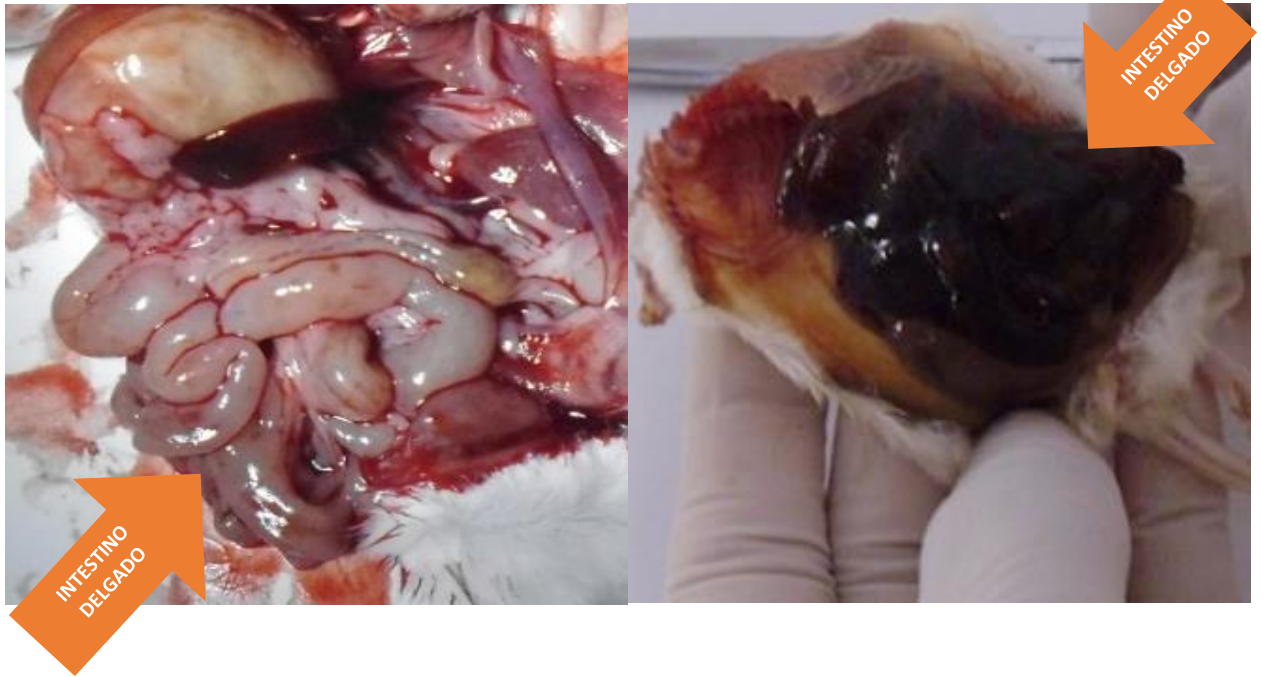
FUENTE: Propia de la Investigación

En el Gráfico 8, podemos apreciar las alteraciones a nivel del intestino delgado están clasificadas en tres designaciones, las cuales se presentaron durante el momento de examinación del roedor diseccionado: la primera necrosamiento, la segunda presencia de aire en el estómago, la tercera sangrado. Encontrando los siguientes resultados únicamente en los ratones que consumió SGM. El 63% presentó necrosamiento, el 9% tuvo presencia de aire, y, el 28% presentó sangrado a nivel del intestino delgado. En el caso de la población que consumió SO no presenta ninguna alteración a nivel del intestino delgado.

El intestino delgado es una de las estructuras del tracto gastrointestinal que se encarga de la mayor absorción de nutrientes. Para su homeostasis libera, mucus, fibrina, prostaglandinas, que permiten la protección de sus diferentes epitelios (pre-epitelial, epitelial y el post epitelial, conformado con el flujo sanguíneo). Ewen y Putzai (36), observaron, en ratas que consumían papa GM, efectos en la proliferación de la mucosa del intestino delgado. Fares y Sayed (38) encontraron en ratones, que consumían una dieta a base papas GM, cambios en la configuración estructural del íleon. Zhidenko y Kovalenko (39), investigaron la influencia de 0,004 mg/dm<sup>3</sup> de herbicida Roundup en

*Cyprinus carpio*, donde encontraron cambios a nivel del intestino. Y Cifuentes (37) encontró alteraciones en el intestino de *P. axelrodi* expuestos al herbicida. Investigaciones que coinciden con nuestro estudio, probablemente por la presencia de glifosato en la SGM, que produjeron alteraciones en diferentes niveles de los epitelios del intestino.

#### **FIGURA 16: IMAGEN DE ALTERACIONES DEL INTESTINO DELGADO**



*La imagen de la izquierda nos muestra un intestino delgado sano, cuyas características son rosado Sui generis del intestino delgado (imagen tomada a un ratón que consume Soya Orgánica). En la imagen (imagen tomada a un ratón que consume Soya GM) de la derecha vemos la necrosis, cuyo color es negro y no se puede diferenciar la forma del Intestino Delgado.*

### FIGURA 17: IMAGEN DE ALTERACIONES DEL INTESTINO DELGADO



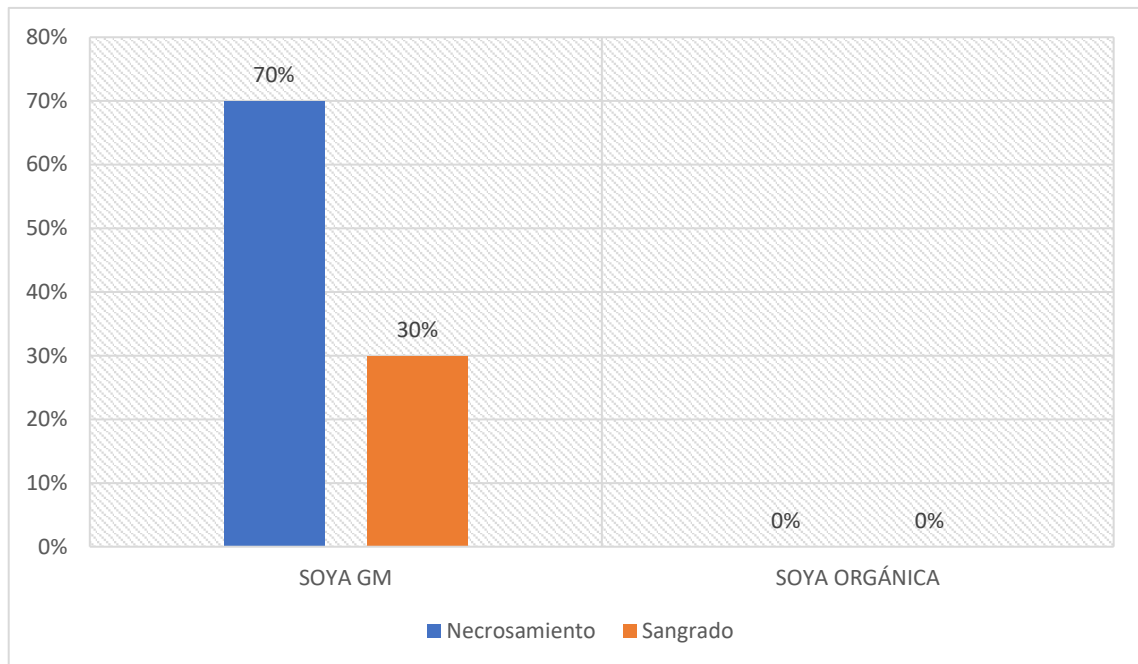
La imagen de la izquierda nos muestra un intestino delgado sano, cuyas características son rosado Sui generis del intestino delgado (imagen tomada a un ratón que consume Soya Orgánica). En la imagen (imagen tomada a un ratón que consume Soya GM) de la derecha vemos proliferación de la mucosa intestinal, cuyo color amarillo con presencia de burbujas y pierde totalmente la forma del Intestino Delgado.

### FIGURA 18: IMAGEN DE ALTERACIONES DEL INTESTINO DELGADO



La imagen de la izquierda nos muestra un intestino delgado sano, cuyas características son rosado Sui generis del intestino delgado (imagen tomada a un ratón que consume Soya Orgánica). En la imagen (imagen tomada a un ratón que consume Soya GM) de la derecha vemos sangrado, cuyo color es rojo intenso con presencia de burbujas perdiendo en partes la forma del Intestino Delgado.

### GRÁFICO 9: ALTERACIONES A NIVEL DEL INTESTINO GRUESO (Expresado en Porcentaje)



Fuente: propia de la investigación

En el gráfico 9, observamos que al momento de diseccionar a los animales encontramos en el intestino grueso de los animales que consumen SGM dos características, necrosamiento y sangrado a nivel del intestino, en el primero (necrosamiento) el 70% de la población del grupo experimental y sangrado en el 30% del mismo grupo. No encontrando ningún problema a nivel del intestino grueso en los animales que consumieron SO.

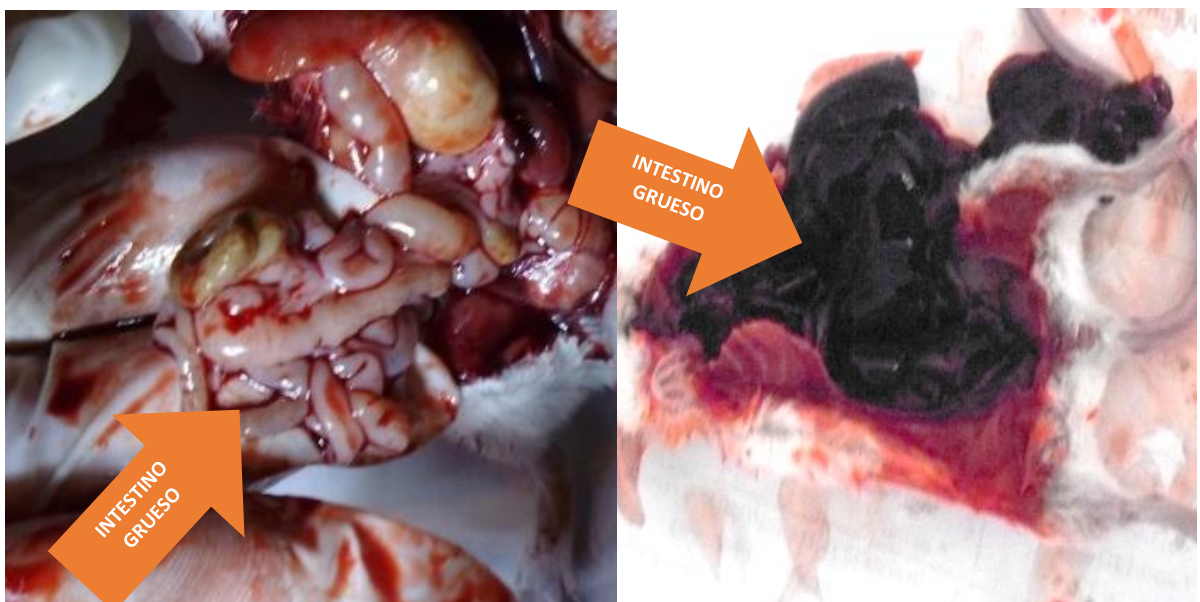
El intestino grueso, es la estructura del tracto gastrointestinal, es responsable de la absorción de agua y algunas sustancias, además de la eliminación de sustancias de desecho, para generar su homeostasis el intestino segrega sustancias o genera cambios morfoestructurales. Ewen y Putzai (36), observaron que, en ratas que consumían papas GM, presentaron efectos en diferentes partes del tracto gastrointestinal; particularmente en el ciego. Nuestra investigación coincide con la de Ewen y Putzai, ya que encontramos alteraciones similares a nivel de intestino grueso. Respuesta que pudo dar el intestino para generar una homeostasis frente a sustancias como el glifosato de la SGM, que pudieron alterar su estructura normal, generando este tipo de alteraciones.

### FIGURA 19: IMAGEN DE ALTERACIONES DEL INTESTINO GRUESO



La imagen de la izquierda nos muestra un intestino grueso sano, cuyas características son rosado Sui generis del intestino grueso (imagen tomada a un ratón que consume Soya Orgánica). En la imagen (imagen tomada a un ratón que consume Soya GM) de la derecha vemos sangrado, cuyo color es rojo oscuro, con conteniendo fecal oscura.

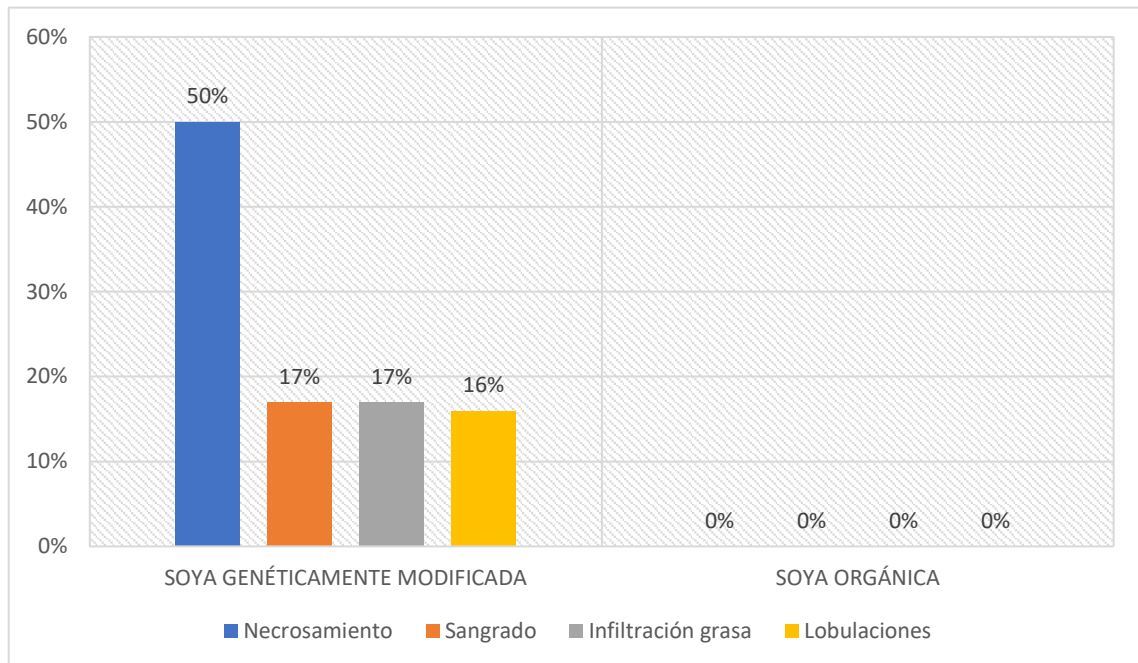
### FIGURA 20: IMAGEN DE ALTERACIONES DEL INTESTINO GRUESO



La imagen de la izquierda nos muestra un intestino grueso sano, cuyas características son rosado Sui generis del intestino delgado (imagen tomada a un ratón que consume Soya Orgánica). En la imagen (imagen tomada a un ratón que consume Soya GM) de la derecha vemos necrosamiento, cuyo color es negro, conteniendo materia fecal oscura también.

## GRÁFICO 10: ALTERACIONES A NIVEL DEL HÍGADO

(Expresado en Porcentaje)

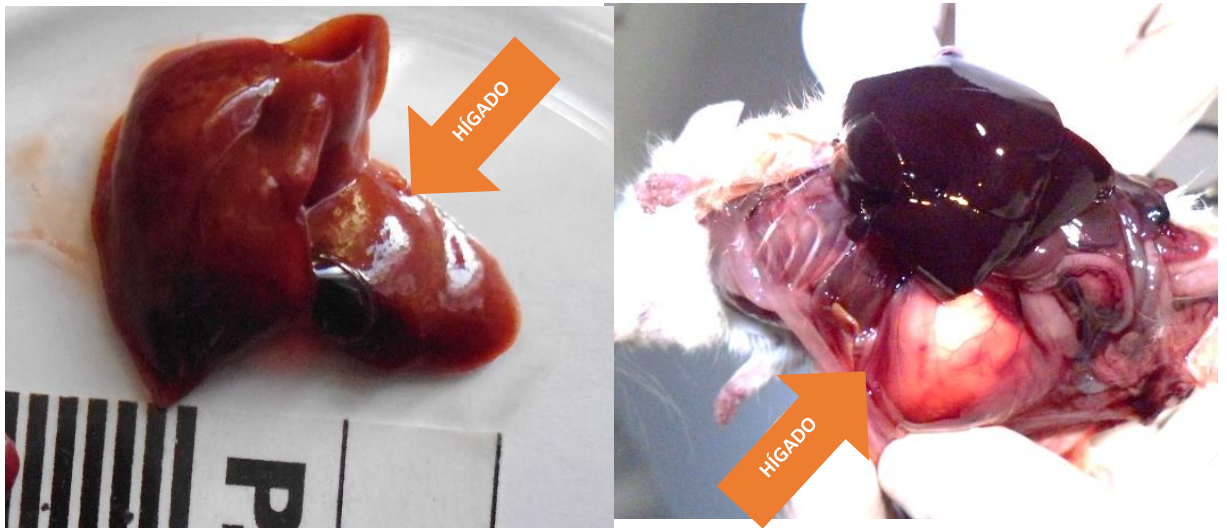


Fuente: Propia de la Investigación

En el Gráfico 10, nos muestra las alteraciones a nivel de hígado, clasificadas en cuatro denominaciones: la primera necrosamiento, segunda sangrado, tercera hígado con infiltración grasa y la cuarta granulaciones a nivel del hígado. En los animales que consumieron SGM el 50% presentó necrosamiento en el hígado, el 17% tuvo sangrado e infiltración grasa y 16% presentó lobulaciones granulares hepáticas. En el caso de la población que consumió SO no presentó ninguna alteración a nivel del hígado.

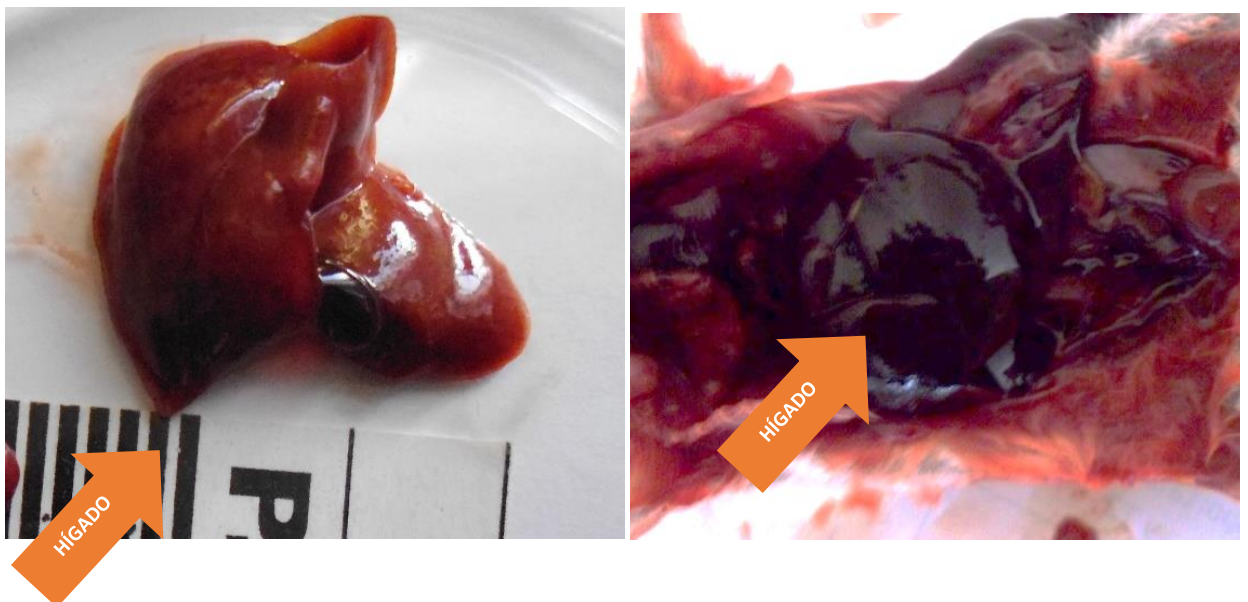
El hígado es el órgano que se encarga de muchas funciones metabólicas del organismo, una de sus principales funciones es la desintoxicación; este órgano sufre alteraciones frente a diversas noxas, ya sean bacterias, virus, toxinas, etc. Malatesta, *et al* (40), encontró que en ratones que consumían SGM, presentaron alteraciones hepáticas. Zhidenko y Kovalenko (39), observaron la influencia de 0,004 mg/dm<sup>3</sup> de Roundup® en *Cyprinus carpio*, encontrando cambios histológicos en el hígado. Hallazgos que coinciden con nuestra investigación. Las alteraciones encontradas a nivel de hígado, pueden ser por la presencia del glifosato en la SGM, generando las alteraciones a nivel del hígado en los ratones.

### FIGURA 21: IMAGEN DE ALTERACIONES DEL HÍGADO



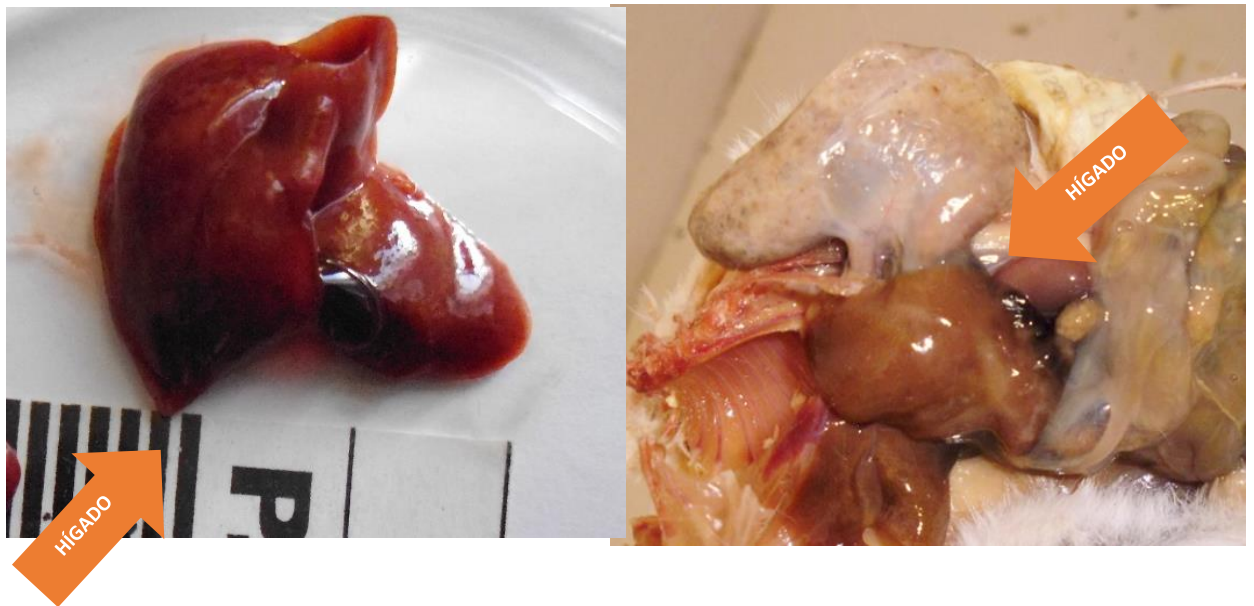
La imagen de la izquierda nos muestra un hígado sano, cuyas características son rojizo Sui generis del hígado (imagen tomada a un ratón que consume Soya Orgánica). En la imagen (imagen tomada a un ratón que consume Soya GM) de la derecha vemos necrosamiento, cuyo color es negro en todo del órgano.

### FIGURA 22: IMAGEN DE ALTERACIONES DEL HÍGADO



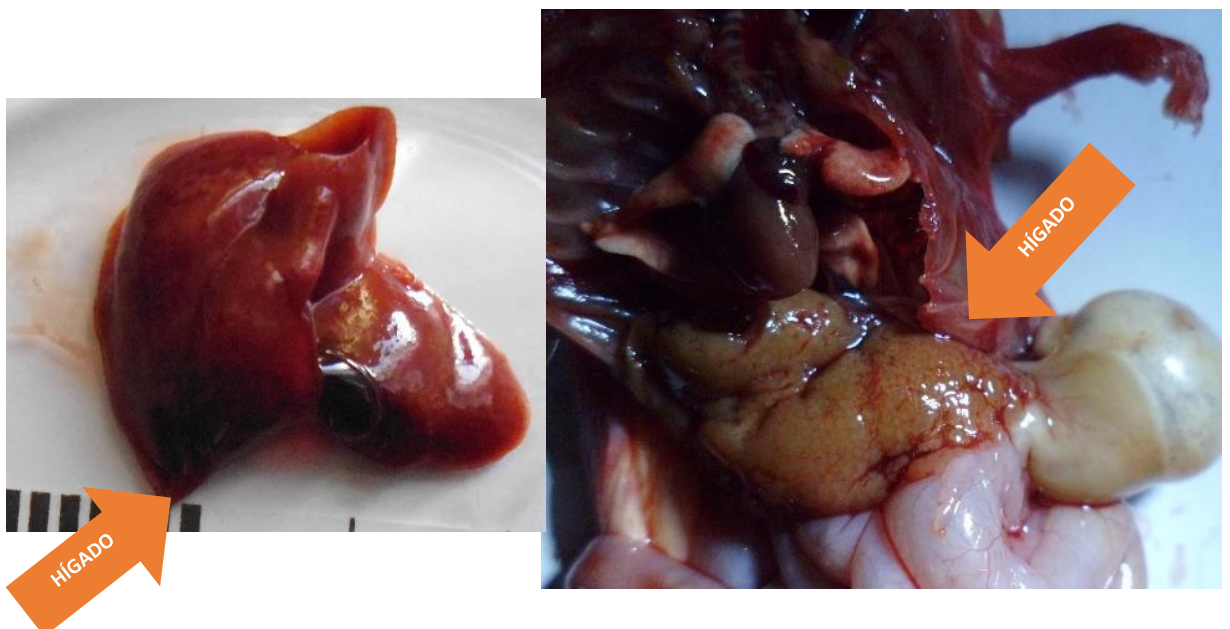
La imagen de la izquierda nos muestra un hígado sano, cuyas características son rojizo Sui generis del hígado (imagen tomada a un ratón que consume Soya Orgánica). En la imagen (imagen tomada a un ratón que consume Soya GM) de la derecha vemos sangrado, cuyo color es rojo intenso, con presencia de sangre.

### FIGURA 23: IMAGEN DE ALTERACIONES DEL HÍGADO



La imagen de la izquierda nos muestra un hígado sano, cuyas características son rojizo Sui generis del hígado (imagen tomada a un ratón que consume Soya Orgánica). En la imagen (imagen tomada a un ratón que consume Soya GM) de la derecha hígado con infiltración de grasa y fibrosado, decolorado con machas amarillas.

### FIGURA 24: IMAGEN DE ALTERACIONES DEL HÍGADO

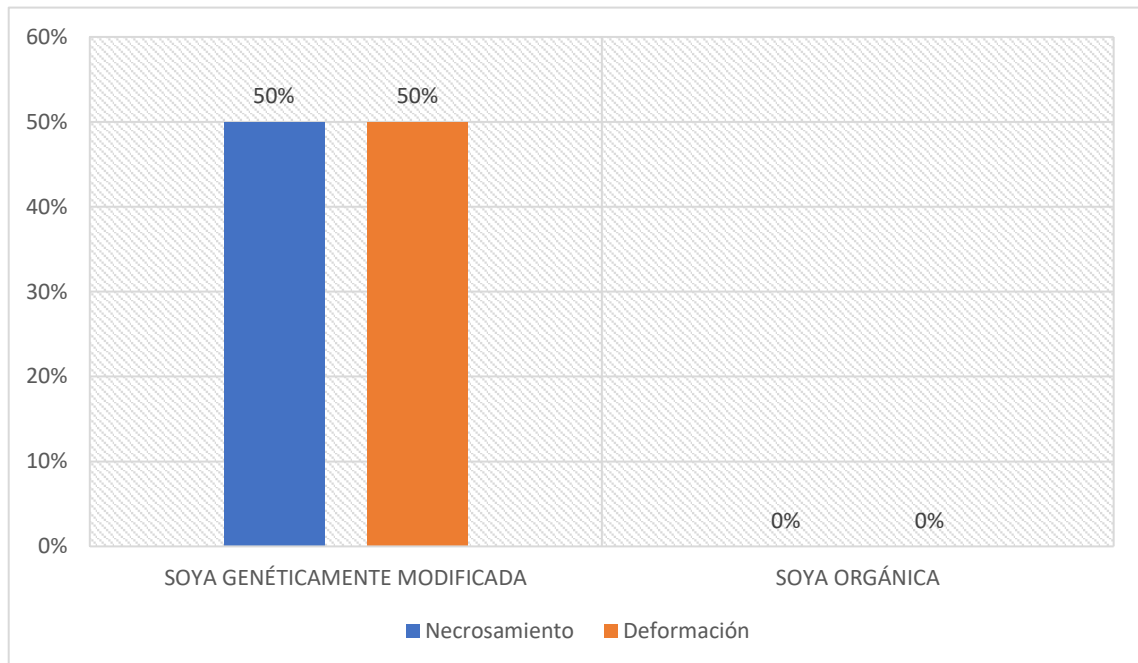


La imagen de la izquierda nos muestra un hígado sano, cuyas características son rojizo Sui generis del hígado (imagen tomada a un ratón que consume Soya Orgánica). En la imagen (imagen tomada a un ratón que consume Soya GM) de la derecha lobulaciones a manera granular, cuyo color es amarillo, con deformación hepática.



## GRÁFICO 11: ALTERACIONES A NIVEL DEL PÁNCREAS

(Expresado en Porcentaje)

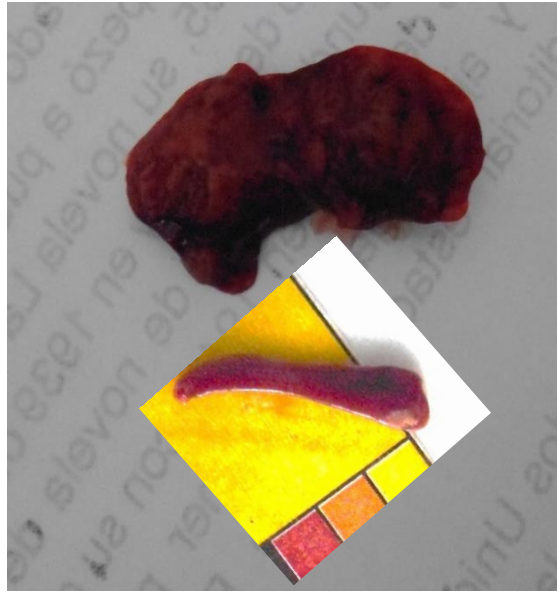


FUENTE: Propia de la Investigación

En el gráfico 11, podemos observar que al momento de diseccionar a los ratones encontramos a nivel de páncreas las siguientes alteraciones: necrosamiento y agrandamiento del páncreas, ambas alteraciones se encontraron únicamente en los animales que consumieron SGM, donde el 50% presentó páncreas necrosado y el 50% presentó deformación de páncreas.

El páncreas es un órgano que forma parte del sistema digestivo, su función exocrina es la secreción del jugo pancreático, este órgano puede sufrir alteraciones por diferentes factores entre ellos la dieta. Malatesta *et al* (34) encontró que los ratones alimentados con SGM presentaron alteraciones a nivel de las células acinares pancreáticas. Hallazgo que coincide con nuestra investigación, siendo probablemente la presencia de glifosato presente en la SGM, que se le brindó a los animales, lo que causó alteraciones a nivel de este órgano.

## FIGURA 25: IMAGEN DE ALTERACIONES DEL PÁNCREAS



*La imagen muestra un páncreas anatómicamente sano procedente de un ratón que consumió Soya Orgánica, cuyas características son; rojizo sui generis, tamaño y forma normal. En la imagen superior se observa un páncreas que perdió la forma regular cuboide, además, de aspecto hemorrágico con zonas.*



## V. CONCLUSIONES

1. Podemos decir que el crecimiento: respecto al Peso, no varía por el tipo de dieta brindada, ya que no presenta diferencias significativas entre ratones que consumen SO y ratones que consumen SGM ( $F_c = 0.0142$ ;  $p = 0.9065$ ), ambas presentan un promedio de peso de 27 gramos; aunque, se puede apreciar que la Filial 1 que consumen Soya Orgánica presentan mejor peso que los alimentados con Soya GM. En cuanto a la Longitud, no varía por el tipo de dieta brindada, ya que no presenta diferencias significativas entre ratones que consumen SO y SGM ( $F_c = 2,785$ ;  $p = 0.1052$ ) de los ratones de la filial 0, aunque, presentan una mejor longitud los animales que consumieron SO que los que consumieron SGM, tanto para la Filial 0 como para la Filial 1.
2. El consumo de SGM generó alteraciones a nivel del tracto gastrointestinal en el 88% de los ratones en estudio; con necrosamiento y proliferación de la mucosa gástrica, necrosamiento, proliferación de la mucosa y sangrado en intestino delgado, en el intestino grueso fue observado necrosamiento y sangrado; hígado con necrosamiento, sangrado, infiltración grasa y lobulaciones; y páncreas con necrosamiento y deformación.
3. El consumo de SGM en el crecimiento no muestra diferencias significativas, pero a nivel del tracto gastrointestinal, los animales de experimentación presentaron alteraciones anatomo-patológicas severas, del estómago hasta el colon, además de glándulas anexas, a diferencia del grupo que consumió SO, donde la afectación principal fue a nivel del estómago.



## VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones en ratones con mayor número de Filiales.
2. Realizar investigaciones, donde se identifique histológicamente las alteraciones a nivel del tracto gastrointestinal.



## VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Santamarta J. Los Transgenicos en el Mundo: El qué, quién, cuánto, cuándo, dónde y por qué de los transgénicos. World - Watch, 2004.
2. Agro bio Mexico. 03 de abril de 2012. [http://www.agrobiomexico.org.mx/index.php?option=com\\_k2&view=item&layout=item&id=87&Itemid=30](http://www.agrobiomexico.org.mx/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=87&Itemid=30).
3. INTA. Perspectivas econocmicas de la campaña de soja 2012-2013. 2012.
4. Repullo P. Nutrición humana y dietética. España. 2004. Marbán libros S.L.
5. Gispert C., J. Gay, J. Prants. Historia Universal. Barcelona - España.1995. Oceano.
6. Hans, Horkheimer. Alimentación y obtención de alimentos en el Perú prehispanico. Lima - Perú. 1973.
7. OMS. 20 preguntas sobre los organismos Geneticamente Modificados (GM). [http://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/en/20questions\\_es.pdf](http://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/en/20questions_es.pdf).
8. Rodríguez E. *et al.* Lo que se debe se saber sobre: alimentos transgenicos (y organismos manipulados genéticamente). España. 2003. Caja España.
9. Yumbla M et al. 100 razones para declarar al ecuador libre de transgénicos. Quito-Ecuador. 2009.
10. Villalobos, V. M. A. Los transgenicos: oportunidades y amenazas. México. 2008. México S.A.de la C.U.
11. Agolti G. et al. Tecnologia del DNA recombinante. 2007.
12. Puertas M. Genética Fundamentos y Perspectivas. España. 1999. MgGRAW- HILL - Interamericana de España S.A.U.
13. Blum A., I. Narbondo, G. Oyhantcabal, D. Sancho. Soja transgenica y sus impactos en uruguay. Uruguay.2008. RAP-AL.
14. Sung, T, Isabel A. Fitomedicina 1100 plantas medicinales. Lima-Peru. 2008. Editorial Isable I.R.L.
15. Brack A. Diccionario Enciclopédico De Plantas Utiles Del Peru. Cusco-Perú : PNUD y Centro de Estudios REgionales Andinos Bartolomé de las Casas. 1999.
16. Michael A. et al. Soja transgénica ¿sostenible? ¿responsable? 2010. GLS Gemeinschaftsbank and ARGE Gentechnik-frei.
17. Mattil, K.F. Composition nutritional, and functional properties, and quality criteria of soy protein concentrastes and sit protein isolates. Vol. 51. 1974. Journal of the American Oil Chemists Society.
18. Instituto Nacional de Salud. Guía de manejo y cuidado de animales de laboratorio: RATÓN. Lima - Perú. 2008. MINSA.



19. Romero, A. *Mus Musculus* Linnaeus. Mexico. 2005.
20. Fernando J. Benavides y Jean-Louis. *Manual De Genética De Roedores De Laboratorio*. 2005. Reviewed in *Laboratory Animals*.
21. Members of the Rodent Refinement Working. *Refinamiento de la estabulación de roedores: El ratón*. España. Sociedad española para las ciencias del animal de laboratorio, 1998.
22. Mataix J. *Nutrición y alimentación humana*. España: Oceano/Ergon, 2005. 9001724020605.
23. Hib, J. *Histologia de Di Fiore*. Buenos Aires- Argentina.2001. El Ateneo.
24. Instituto de Ciencias y Humanidades. *Anatomia y Fisiologia Humanas*. Lima- Perú : Biblioteca Nacional del Perú, 2008. 2008-14281.
25. Maham K. Silvia E. *Nutrición y Dietoterapia de, KRAUSE*. México : Mc Graw Hill, 2001. 6789012345.
26. Gardner G. *Anatomia de Gardner*. México : W.B.Saunders Company. 2001. 06450.
27. Blanco de Alvaro-Ortiz. *Alimentación y Nutrición, Alimentos y nuevos criterios*. Lima : UPC, 2011. 11501401101250.
28. Cruz R. *Nutriterapia moderna*. Lima. 2007. RICAPA impresores S.A.C.
29. Vlachos D y Brake J. Evaluation of transgenic event 176 "bt" corn in broiler chickens. North Carolina : Pubmed. Vol. 658. 1998.
30. Yonemochi C, Hirokazu F., Chisato H, Toyoko K. y Michito H.. Evaluation of transgenic event CDH 351 (StarLink) corn in broiler chicks. 73, Japan. 2002. *Animal Science Journal*.
31. Servicio de Bioseguridad de la Red del Tercer Mundo. *NUEVA INVESTIGACIÓN SOBRE LOS IMPACTOS DE LOS OGM EN LA SALUD*. 2006.
32. Velimirov A y Binter C. Biological effects of transgenic maize NK603xMON810 fed in long term reproduction studies in mice.. Alemania. 2008. Department/Universitätsklinik für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen in der Veterinärmedizin.
34. Malatesta M. et al. .A long-term study on female mice fed on genetically modified soybean: effects on liver ageing. © Springer-Verlag. 2008. pp 967-977.
35. Tumores en ratas por transgénicos. Peru 21. 2012. <https://peru21.pe/voces/tumores-ratas-transgenicos-46758-noticia/>
36. Barnett A. La publicitaron como alimento estrella, la soya no solo destruye bosques y agricultores pequeños- también puede ser perjudicial a la salud. Reino Unido. 2004. *Red por una América Latina libre de transgénicos*. pp.129.
37. Cifuentes M. Efecto del herbicida Roundup activo en el sistema digestivo de *paracheirodon axelrodi* cultivado en sistemas de recirculación acuícola. México. 2016. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.



38. Fares K, Nagui y Adel. Fine structural changes in the ileum of moce fed on gamma-endotoxin- treated potatoes and transgenic potatoes. Vol. 9. Egipto. 1998. Department of Zoology, Faculty of Science, Ain Shams University.
39. CONICET. Evaluación de la información científica vinculada al glifosato en su incidencia sobre la salud humana y el ambiente. Buenos Aires- Argentina. 2009. Comisión Nacional de Investigación sobre Agroquímicos Decreto 21/2009.
40. Malatesta M. *et al.* Ultrastuctural analysis of pancreatic acinar cells from mice fed on genetically modified soybean. 2002 : Blackwell Science, Brief Communication. pp 409-415.
41. Marshall., A. GMSoybeans and health safety-a controversy reexamined. s.l. : Nature Publising, 2007.
42. Putzai and Bardocz. Pontencial health effects of foods derived from genetically modified plants. Malasia. 2011. Third World Network.
43. Yumbla M. *et al.* 100 razones para declarar al Ecuador libre de transgénicos. Quito-Ecuador. 2009.
44. Remung. Genetically modified soy affects posterity: Result of Russian Scientists studies . Octubre de 2005. Disponible en: <file:///D:/tesis/Genetically%20modified%20soy%20affects%20posterity%20%20Results%20of%20Russian%20scientists%20E2%80%99%20studies%20-%20Russian%20News%20-%20REGNUM.htm>.
45. Bruce G. *et al.* The Feeding Value of Soybeans Fed to Rats, Chickens, Catfish and Dairy Cattle is not Altered by Genetic incorporation of Glyphosate Tolerance. Mississipi. 1996. Monsanto Company.
46. Domingo J. *et al.* Riesgo sobre la salud de los alimentos modificados genéticamente: una revisión bibliográfica. Madrid- España. 2000. Revista Española de Salud Pública. Vol. 74.
47. Wiley, Sons. Fine structural changes in the ileum of ice fed on delta-edotoxin-treated potatoes and transgenic potatoes. Egipto. 1998. Departament of Zoology, Faculty of Science, ein Shams University.
48. Munique M. El mundo según Monsanto. 2008.
49. Dominguez N. La ciencia confirma que los transgénicos son igual de sanos que el resto de los alimentos. Diario El Pais. 17 de Mayo de 2016. [http://elpais.com/elpais/2016/05/17/ciencia/1463506219\\_758061.html](http://elpais.com/elpais/2016/05/17/ciencia/1463506219_758061.html).
50. Vargas J. Nutrigenómica Humana: Efectos De Los Alimentos Y Sus Compontes Sobre La Expresión Del ARN. Colombia. 2015. Instituto de Genética - Universidad Nacional de Colombia. Vol. 64. 339-49.
51. Programa Mundial de Alimentación. 2015. <http://es.wfp.org/hambre/datos-del-hambre>.
52. INFORME DE POLITICAS. FAO. 2. 2006. Fiat Panis.



53. Astorga R.. Conceptos basicos de inocuidad alimentaria. Chile. 2014. Ministerio de Agricultura.
54. Robertis E. BIOLOGÍA CELULAR Y MOLECULAR. Argentina. 1997. El Ateneo.
55. Ecologistas en acción. Alimentos transgénicos. Madrid. 2005.
56. La Replicación Del ADN . 2009.
57. INTA. Perspectivas económicas para la campaña de soja 2012-2013. 2012.
58. El mundo de la soya . Agosto de 2011. <http://sojaglobal.blogspot.com/search/label/CAMPO%20ECON%20C3%93MICO>.
59. Marjolein W. La Ruta. 4 de Abril de 2011. [Citado el: 5 de Enero de 2013.] <http://laruta.nu/es/users/marjolein-van-de-water>.
60. Instituto Boliviano de Comercio Exterior. Soya en Bolivia. Bolivia. 2012. IBCE.
61. MONSANTO. [En línea] 2012. <http://www.monsanto.com/ourcommitments/>.
62. Cillóniz F. Mitología Transgenica. Marzo 2010. Notiagro.
63. Putzai, Bardocz. Potential health effects of foods derived from genetically modified plants: Wath are the issues. Malasia. 2011. Third World Network.
64. Domingo J. *et al.* Riesgo Sobre La Salud De Los Alimento Modificados Genéticamente: Una Revisión Bibliográfica. Madrid- España. 2000. Revista Española de Salud Publica. Vol. 74.
65. Castro, F. Problemática del uso de glifosato. Lima- Perú. 2017. Universidad Nacional Agraria La Molina.





## ANEXOS





## ANEXO B

### ESTADÍSTICA PARAMÉTRICA DE LONGITUD DE HEMBRAS QUE CONSUMEN SOYA ORGÁNICA

	a	B	C	d	e	baa	bab	bac
<b>N°</b>	27	28	26	18	15	13	12	11
<b>Min</b>	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	11	11	10
<b>Max</b>	20	20,1	18,3	18,8	17,9	19,8	18,5	17,2
<b>Sumatoria</b>	496,6	518,8	436,7	302,5	242,8	220,7	185,1	165,8
<b>Media</b>	18,4	18,5	16,8	16,8	16,2	17,0	15,4	15,1
<b>Error Estándar</b>	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7
<b>Varianza</b>	6,8	6,8	3,3	5,4	4,8	5,9	6,2	5,6
<b>Desviación Estandar</b>	2,6	2,6	1,8	2,3	2,2	2,4	2,5	2,4
<b>Mediana</b>	19,6	19,9	17,5	18,1	17,5	17,7	16,4	16,0
<b>Percentil 25</b>	16,8	17,5	16,7	15,5	14,7	16,3	13,0	13,1
<b>Percentil 75</b>	19,9	20,1	17,7	18,3	17,7	18,5	17,8	17,0
<b>Coefficiente de variación</b>	14,1	14,1	10,8	13,8	13,6	14,3	16,2	15,7



## ANEXO C

### ESTADISTICA PARAMÉTRICA DE LONGITUD DE HEMBRAS QUE CONSUMEN SOYA GM

	A	B	C	D	E	F	AAA	AAB	ABA	ABB	ABC
N°	27	28	26	24	25	16	12	13	4	4	3
Min	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	12	13	11	11	10
Max	20	20,2	19	18,7	17,8	17,1	17,3	17,5	14	14,9	12,6
Sumatoria	497,7	516,1	456,1	414,1	415,5	250,2	182,2	208,8	51	50,3	33,6
Media	18,4	18,4	17,5	17,3	16,6	15,6	15,2	16,1	12,8	12,6	11,2
Error Estándar	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,4	0,7	1,0	0,8
Varianza	7,6	7,2	5,3	5,1	3,4	3,4	3,8	2,4	1,9	3,7	1,7
Desviación Estandar	2,8	2,7	2,3	2,3	1,9	1,8	2,0	1,5	1,4	1,9	1,3
Mediana	19,9	19,8	18,8	18,5	17,5	16,5	15,7	17	13	12,2	11
Percentil 25	16,5	17,3	16,4	16,1	16,2	14,6	13,1	14,8	11,3	11	10
Percentil 75	20	19,9	18,9	18,6	17,7	16,8	17,0	17,2	13,9	14,5	12,6
Coefficiente de variación	14,9	14,6	13,2	13,1	11,2	11,7	12,8	9,6	10,8	15,3	11,7



## ANEXO D

### ESTADISTICA PARAMETRICA DE PESO DE HEMBRAS QUE CONSUMEN SOYA ORGÁNICA

	a	B	C	d	e	baa	bab	bac
<b>N°</b>	54	53	52	35	30	26	26	23
<b>Mín</b>	10	10	10	10	10	10	10	9
<b>Max</b>	49	38	32	30	29	41	36	25
<b>Sumatoria</b>	1586	1506	1295	822	634	638	550	406
<b>Media</b>	29,4	28,4	24,9	23,5	21,1	24,5	21,2	17,7
<b>Error Estándar</b>	1,2	1,1	0,9	1,2	1,1	1,8	1,6	1,1
<b>Varianza</b>	77,1	66,4	40,4	47,0	35,4	83,3	62,9	28,0
<b>Desviación Estandar</b>	8,8	8,1	6,4	6,9	6,0	9,1	7,9	5,3
<b>Mediana</b>	32,5	31	27	27	22	27	20	18
<b>Percentil 25</b>	27,3	24,5	22	16	15,8	15,8	14,8	13
<b>Percentil 75</b>	34	33,5	30	29	26	31,5	27,5	23
<b>Coefficiente de variación</b>	29,9	28,7	25,5	29,2	28,2	37,2	37,5	30,0



## ANEXO E

### ESTADÍSTICA PARAMÉTRICA DE PESO DE HEMBRAS QUE CONSUMEN SOYA GM

	A	B	C	D	E	F	AAA	AAB	ABA	ABB	ABC
<b>N°</b>	53	55	51	48	49	31	25	26	7	7	6
<b>Min</b>	10	10	10	10	10	10	12	14	8	8	8
<b>Max</b>	45	45	35	30	35	30	29	38	24	22	17
<b>Sumatoria</b>	1661	1653	1446	1178	1346	765	580	688	116	100	70
<b>Media</b>	31,3	30,1	28,4	24,5	27,5	24,7	23,2	26,5	16,6	14,3	11,7
<b>Error Estándar</b>	1,0	0,9	0,8	0,6	0,8	1,0	0,9	0,9	2,3	2,0	1,6
<b>Varianza</b>	52,8	45,3	29,1	18,1	29,5	29,0	19,5	22,7	36,0	26,6	15,1
<b>Desviación Estandar</b>	7,3	6,7	5,4	4,3	5,4	5,4	4,4	4,8	6,0	5,2	3,9
<b>Mediana</b>	32	31	29	26	29	27	23	26,5	18	13	11
<b>Percentil 25</b>	29	28	27	23	25,5	23	21,5	24	11	10	8
<b>Percentil 75</b>	35	33	31	27	30,5	29	27	30	22	19	15,5
<b>Coficiente de variación</b>	23,2	22,4	19,0	17,3	19,8	21,8	19,0	18,0	36,2	36,1	33,3



## ANEXO F

### ESTADISTICA PARAMETRICA DE LONGITUD DE MACHOS QUE CONSUMEN SOYA ORGÁNICA

	a	b	C	d	e	f
<b>N°</b>	18	26	27	27	27	27
<b>Min</b>	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
<b>Max</b>	18,7	20	19,5	19,5	19,5	19,5
<b>Sumatoria</b>	303,4	469,9	464,17	475,6	483,2	475,1
<b>Media</b>	16,9	18,1	17,2	17,6	17,9	17,6
<b>Error Estándar</b>	0,6	0,5	0,7	0,4	0,5	0,4
<b>Varianza</b>	5,6	6,2	14,6	4,8	5,4	4,8
<b>Desviación Estandar</b>	2,4	2,5	3,8	2,2	2,3	2,2
<b>Mediana</b>	18,2	19,3	19	18,6	19	18,5
<b>Percentil 25</b>	15,5	16,7	16,5	16,8	16,8	16,8
<b>Percentil 75</b>	18,5	19,5	19	18,7	19,2	18,7
<b>Coefficiente de variación</b>	14,0	13,8	22,2	12,4	13,0	12,4



## ANEXO G

### ESTADISTICA PARAMÉTRICA DE LONGITUD DE MACHOS QUE CONSUMEN SOYA GM

	A	B	C	D	E	F	ABD	AABA
<b>N°</b>	27	13	27	27	27	28	14	6
<b>Min</b>	11	11	11	11	11	11	11	11
<b>Max</b>	19	19,5	20	18,2	20,1	20	17,4	16
<b>Sumatoria</b>	469,8	216,4	486,6	446,9	488,8	496,1	220,7	81,5
<b>Media</b>	17,4	16,6	18,0	16,6	18,1	17,7	15,8	13,6
<b>Error Estándar</b>	0,4	0,9	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8
<b>Varianza</b>	4,8	9,8	6,5	3,3	6,6	5,6	4,5	3,6
<b>Desviación Estandar</b>	2,2	3,1	2,5	1,8	2,6	2,4	2,1	1,9
<b>Mediana</b>	18,5	16,8	19,2	17,1	19,4	18,8	16,9	13,9
<b>Percentil 25</b>	16,8	14,0	16,8	16,2	16,8	16,9	14,6	11,8
<b>Percentil 75</b>	18,6	19,5	19,5	17,5	19,5	19,2	17,1	15,1
<b>Coefficiente de variación</b>	12,6	18,8	14,1	11,0	14,2	13,4	13,4	14,0





## ANEXO H

### ESTADISTICA PARAMETRICA DE PESO DE MACHOS QUE CONSUMEN SOYA ORGÁNICA

	a	B	C	d	e	f
<b>N°</b>	37	53	55	55	55	55
<b>Min</b>	10	10	10	10	10	10
<b>Max</b>	34	39	37	36	34	37
<b>Sumatoria</b>	949	1540	1620	1583	1475	1463
<b>Media</b>	25,7	29,1	29,5	28,8	26,8	26,6
<b>Error Estándar</b>	1,3	1,1	1,1	1,1	0,9	0,9
<b>Varianza</b>	65,8	68,7	68,4	63,1	48,1	48,4
<b>Desviación Estándar</b>	8,1	8,3	8,3	7,9	6,9	7,0
<b>Mediana</b>	30	33	33	32	30	29
<b>Percentil 25</b>	17,5	26	29	29	25	25
<b>Percentil 75</b>	31	34	35	34	31	31
<b>Coefficiente de variación</b>	31,6	28,5	28,1	27,6	25,9	26,1



## ANEXO I

### ESTADÍSTICA PARAMÉTRICA DE PESO DE MACHOS QUE CONSUMEN SOYA GM

	<b>ABD</b>	<b>AABA</b>	<b>RA</b>	<b>RB</b>	<b>RC</b>	<b>RD</b>	<b>RE</b>	<b>RF</b>
N°	29	13	54	26	54	53	53	55
Min	7	7	7	7	7	7	7	7
Max	27	25	36	36	35	31	35	35
Sumatoria	600	191	1479	658	1480	1212	1436	1476
Media	20,7	14,7	27,4	25,3	27,4	22,9	27,1	26,8
Error Estándar	1,1	1,8	1,0	2,0	1,0	0,7	1,0	1,0
Varianza	35,6	41,2	55,9	104,7	56,5	29,0	52,4	49,7
Desviación Estandar	6,0	6,4	7,5	10,2	7,5	5,4	7,2	7,1
Mediana	23	15	31	27,5	30,5	24	30	29
Percentil 25	20	8	24	19,3	23	22	23,5	24
Percentil 75	25	20,5	33	35	32	26	32	31
Coefficiente de variación	28,8	43,7	27,3	40,4	27,4	23,5	26,7	26,3



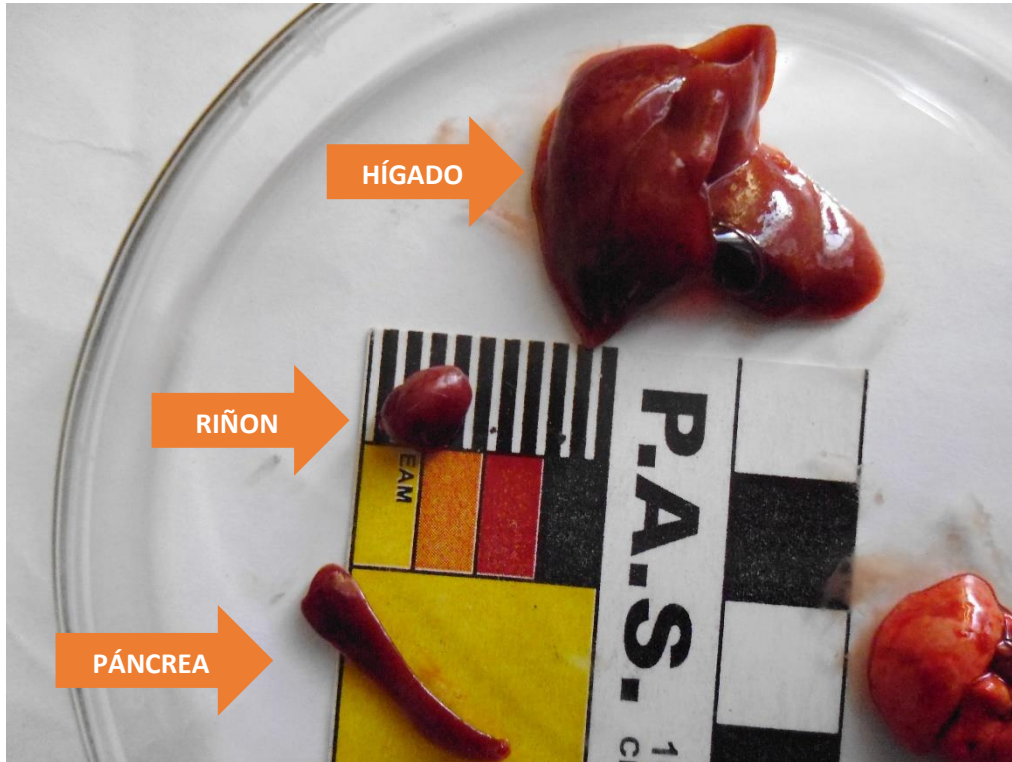
## ANEXO J

### ALTERACIONES GASTROINTESTINALES DE ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN

SEXO	Tipo de Alimento	Edad	ESTÓMAGO				INTESTINO DELGADO			INTESTINO GRUESO		HÍGADO				PANCREAS	
			Necrosamiento	Proliferación de la mucosa	Sangrado	Agrandamiento	Proliferación de la mucosa	Sangrado	Necrosamiento	Necrosamiento	Sangrado	Graso	Sangrado	Necrosamiento	granulaciones	Necrosamiento	Agrandado
M	O	39			X												
H	O	33															
H	T	33		X			X										
H	T	9							X		X						
H	O	38															
M	T	28															
H	O	54															
H	O	26															
H	O	55															
H	O	56				X											
M	O	55															
H	T	10						X	X								
H	T	10						X	X								
H	T	26	X					X	X								
H	T	27	X					X	X				X		X		
H	T	50	X					X	X								
H	T	51											X			X	
H	O	28															
H	T	53			X			X			X	X					
H	T	55			X									X			
M	T	15						X			X						
M	T	55	x						X	X				X			
M	T	55	x						X	X				X			
M	T	29			X			X			X						
M	T	56															
M	T	56						X									

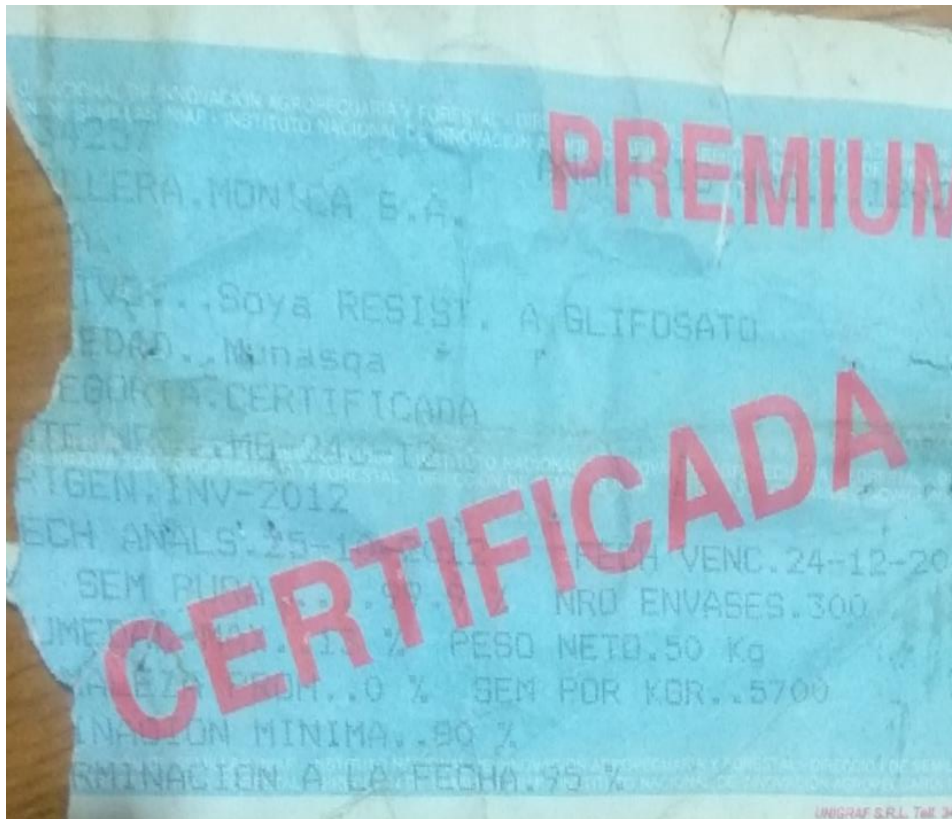
## ANEXO K

### PARTES DEL TRACTO GASTROINTESTINAL DE RATONES QUE CONSUMEN SOYA ORGÁNICA



## ANEXO L

### CERTIFICADO DE LA SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA



## ANEXO M

### ANOVA DE PESO EN RATONES HEMBRAS QUE CONSUMEN SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA Y SOYA ORGÁNICA

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fc	Nivel de Significancia (P)
Entre grupos	0.446	1	0.445	0.0142	0.9065
Dentro de los grupos	532.981	17	31.352		
TOTAL	533.426	18			



### ANEXO N

#### ANOVA DE PESO EN RATONES MACHOS QUE CONSUMEN SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA Y SOYA ORGÁNICA

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fc	Nivel de Significancia (P)
Entre grupos	47.255	1	47.255	3.7	0.079
Dentro de los grupos	153.254	12	12.771		
TOTAL	200.509	13			

### ANEXO O

#### ANOVA DE LONGITUD EN RATONES HEMBRAS QUE CONSUMEN SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA Y SOYA ORGÁNICA

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fc	Nivel de Significancia (P)
Entre grupos	6.300	1	6.300	1.519	0.235
Dentro de los grupos	70.484	31	4.146		
TOTAL	76.784	32			

### ANEXO P

#### ANOVA DE LONGITUD EN RATONES MACHOS QUE CONSUMEN SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA Y SOYA ORGÁNICA

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fc	Nivel de Significancia (P)
Entre grupos	1.680	1	1.680	1.174	0.299
Dentro de los grupos	17.175	12	1.431		
TOTAL	18.855	13			