

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

Determinación de hierro y zinc por absorción atómica de llama en tejidos y vísceras de cobayos (*Cavia porcellus*), alimentados con alfalfa (*Medicago sativa*) o concentrado de pescado

Disertación previa a la obtención del título de Licenciada en Ciencias Químicas
especialidad Química Analítica

DINA MELISSA ALBUJA TAPIA

QUITO, 2012

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se determinó la presencia de hierro y zinc en carne y vísceras de cobayos (*Cavia porcellus*) alimentados con alfalfa (*Medicago sativa*) y una mezcla 1:1 de alfalfa y concentrado de pescado.

Se destinaron 2 sistemas de pozas con 11 cuyes cada una para el empadre y se tomaron 7 crías de las dos primeras camadas para el análisis por espectrofotometría de absorción atómica de llama.

Se logró una mayor absorción de hierro y zinc en cuyes con alimentación mixta.

En cuyes alimentados con alfalfa la concentración de hierro alcanzó 2.0 y 0.3 mg/100 g en carne y vísceras respectivamente, en el caso del zinc éste llegó a 1.5 y 0.3 mg/100 g en carne y vísceras.

Aquellos que recibieron alimentación mixta presentaron valores de hierro y zinc de 2.4 y 1.9 mg/100 g en carne, y en vísceras de 0.4 mg/100 g en los dos casos.

Desde el punto de vista económico la crianza intensiva de cuyes puede ser una fuente de ingresos económicos familiares, si se dispone de un espacio apropiado se puede construir un pequeño galpón para alojar unas 5 ó 6 pozas de empadre con sus respectivas pozas de recría.

La concentración de hierro y zinc en carne de los cuyes con alimentación mixta corresponde a la mitad de la dosis diaria recomendada, por lo que puede ayudar a suplir las deficiencias en la población que consuma este alimento.

La evaluación realizada en este estudio demuestra que los cuyes alimentados con alimentación mixta presentan una gran ventaja sobre aquellos que únicamente se los alimenta con forraje.

Los primeros alcanzan el peso adecuado en mucho menos tiempo lo que lleva a optimizar el tiempo de faenamiento reduciendo costos de alimentación y cuidado en cada animal.

Este trabajo fue realizado con la colaboración de la Administración Zonal Sur como parte del proyecto “Cuyeras para alimentación de la población del barrio San Marcelo”.

Para incrementar los niveles de dichos elementos en los cobayos, se emplean sistemas de alimentación con forraje y/o concentrados proteicos, dada su adaptabilidad en cuanto a hábitos alimenticios.

En este caso, la alfalfa (*Medicago sativa*) constituye una buena opción, tanto por disponibilidad como por la aceptación por parte del animal. Además se empleó un concentrado de ensilado de pescado como alternativa considerando su alto contenido en proteínas y minerales.

PALABRAS CLAVE: *Cavia porcellus*, hierro, zinc, espectrofotometría de absorción atómica, alimentación de cuyes, alfalfa (*Medicago sativa*), ensilado de pescado.

ABSTRACT

In the present research we investigated the presence of iron and zinc in meat and offal of guinea pigs (*Caviaporcellus*) fed alfalfa (*Medicago sativa*) and a 1:1 mixture of alfalfa and fish stock.

He spent two pools with 11 systems each guinea pig for breeding and took 7 offspring of the first two litters for analysis by atomic absorption flame.

Achieved greater absorption of iron and zinc in mixed-fed guinea pigs.

In guinea pigs fed alfalfa iron concentration reached 2.0 and 0.3 mg/100 g in meat and offal respectively, in the case of zinc it reached 1.5 and 0.3 mg/100 g in meat and offal.

Those who received mixed feeding had iron and zinc values of 2.4 and 1.9 mg/100 g in flesh and viscera of 0.4 mg/100 g in the two cases.

From the economic standpoint the intensive farming of guinea pigs can be a source of family income, if you have a suitable space can build a small barn to house about 5 or 6 pools of mating with their rearing ponds.

The concentration of iron and zinc in meat mixed-fed guinea pigs corresponds to half of the recommended daily dose, so it can help fill gaps in the population that consume this food.

The evaluation in this study shows that guinea pigs fed the mixed diet have a great advantage over those who are fed only forage.

The first reach a suitable weight in less time leading to optimize the time of slaughter reducing feed costs and care for each animal.

This work was done in collaboration with the South Zonal Administration as part of the "Cuyeras to feed the population of San Marcelo neighborhood."

To increase the levels of these elements in guinea pigs, feed systems used with fodder and / or protein concentrates because of their adaptability with regard to eating habits.

In this case, alfalfa (*Medicago sativa*) is a good choice for both the availability and the animal acceptance.

Furthermore concentrate was employed as an alternative fish silage considering its high protein and mineral content.

KEY WORDS: *Caviaporcellus*, iron, zinc, atomic absorption spectrophotometry, guinea pig food, alfalfa (*Medicago sativa*), fish silage.

INTRODUCCIÓN

Los nutrientes son cualquier elemento o compuesto químico necesario para el metabolismo de un ser vivo; sustancias como proteínas, glúcidos, lípidos, vitaminas y sales minerales son de importancia en los diversos procesos bioquímicos que permiten la vida. Cada compuesto es requerido en diferentes cantidades por lo que la clasificación generalizada en términos nutricionales es de macro y micronutrientes.

El hierro y el zinc son micronutrientes que forman parte de diversos procesos biológicos indispensables para el funcionamiento de un organismo vivo. La dieta de la mayoría de las poblaciones es frecuentemente deficiente en estos minerales, produciendo un aumento de la susceptibilidad y severidad a infecciones. La carencia de zinc perjudica al sistema inmunitario, genera retardo en el crecimiento, puede producir lesiones oculares y cutáneas, pérdida de apetito, tardanza en la cicatrización de heridas. La deficiencia en hierro es la principal causa de anemia en niños, adolescentes y mujeres en edad fértil [1].

Estos elementos se encuentran en frutas, verduras, cereales, leguminosas, pero sobretodo en carnes, pescados y mariscos; estos últimos tienen un alto valor económico por lo que son prácticamente inaccesibles a la población de escasos recursos, provocando así deficiencias nutricionales.

En el barrio San Marcelo de la ciudad de Quito, se desarrolla el proyecto de crianza de cuyes para consumo comercial y familiar, apoyándose en que éste es un producto alimenticio de gran aceptación en la población ecuatoriana. Además busca mejorar la

nutrición de la población de esta área mediante la fortificación de la carne de cuy con hierro y zinc.

Para incrementar los niveles de dichos elementos en los cobayos, se emplean sistemas de alimentación con forraje y/o concentrados proteicos, dada su adaptabilidad en cuanto a hábitos alimenticios. En este caso, la alfalfa (*Medicago sativa*) constituye una buena opción, tanto por disponibilidad como por la aceptación por parte del animal. Además se empleó un concentrado de ensilado de pescado como alternativa considerando su alto contenido en proteínas y minerales.

Para una presentación apropiada del trabajo realizado se ha organizado la disertación de la siguiente manera:

En el capítulo I se describe a la especie en estudio, *Cavia porcellus*, sus características morfológicas, de crecimiento, alimentarias y su potencial aporte nutritivo.

El capítulo II comprende una revisión del hierro y zinc como minerales de importancia en la dieta alimentaria humana.

La revisión de los principios de las técnicas analíticas empleadas en este estudio y el detalle de la metodología son descritos en los capítulos III y IV. Mientras que el capítulo V muestra los resultados obtenidos con su respectiva discusión.

Finalmente, las conclusiones y recomendaciones producto del trabajo de investigación se exponen en el capítulo VI.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL CUY

1.1 EL CUY (*Cavia porcellus*)

Es un mamífero roedor (Figura 1.1.) muy conocido en la región andina, donde se encuentra ampliamente distribuido desde Venezuela hasta el norte de Chile y noroeste de Argentina. Se presume que es nativo del altiplano peruano-boliviano [2].

Su clasificación en el reino Animalia corresponde a [3]:

Clase:	Mamíferos
Orden:	Rodentia (roedores)
Suborden:	Hystricomorpha
Familia:	Caviidae
Género:	<i>Cavia</i>
Especie:	<i>Porcellus</i>



Figura 1.1.*Caviaporcellus*. Cuyes en etapa adulta.

Es conocido con varios nombres según la región (cuye, curi, conejillo de Indias, rata de América, guinea pig, etc.); se considera nocturno, inofensivo, nervioso y sensible al frío.

Por su docilidad los cuyes se crían como mascotas en diferentes países, sin embargo, en la cultura popular ocupa un sitio importante en la gastronomía desde épocas pre-coloniales, ya que originalmente se le domesticó con este fin. Actualmente se le considera de alto valor nutritivo, exportando la carne de este animal a Japón, Estados Unidos, Australia y China [4].

1.1.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Su cuerpo es delgado, cubierto de pelo, nacen con los ojos abiertos y al poco tiempo caminan y comen por su propia cuenta. A la semana de edad duplican su peso debido a que la leche de las madres es muy nutritiva. El peso al nacer depende de la nutrición y número de crías de la camada y viven por un lapso aproximado de 8 años [5]. Su explotación es conveniente hasta los 18 meses debido a que el rendimiento disminuye con la edad. En todas las etapas de su desarrollo se observan ciertas características en las partes del cuerpo.

La cabeza es relativamente grande en relación a su volumen corporal, de forma cónica y longitud variable. El hocico es cónico, con fosas nasales pequeñas, labio superior partido y el inferior entero; sus incisivos alargados con curvatura hacia adentro crecen continuamente, no tienen caninos y sus molares son amplios [6, 7].

El tronco de forma cilíndrica, alargado y cubierto de pelos; la columna vertebral está ubicada en la parte dorsal, de donde salen las costillas que protegen los órganos vitales.

El abdomen tiene como base anatómica 7 vértebras lumbares, es de gran volumen y capacidad.

Las extremidades en general son cortas, los miembros anteriores son más cortos que los posteriores. Ambos terminan en dedos, provistos de uñas cortas en las anteriores y grandes y gruesas en las posteriores [8].

1.1.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Se identifican tres diferentes niveles de producción, caracterizados por la función que ésta cumple dentro del contexto de la unidad productiva. Los sistemas de crianza identificados son el familiar, el familiar-comercial y el comercial [9].

En el sistema familiar el cuy proporciona la seguridad alimentaria de la familia; en general está orientado al autoconsumo. El cuy criado bajo este sistema constituye una fuente alimenticia de bajo costo, ocasionalmente es utilizado como reserva económica para los momentos en que la familia requiere de liquidez, la productividad es baja debido a que no existe una tecnología de crianza apropiada [6].

Al conocer las limitaciones que tiene la crianza familiar tradicional se optó por mejorarla mediante el uso de pozas de crianza. En este sistema, por lo general se mantienen entre 100 y 500 cuyes, en instalaciones construidas especialmente para este fin, utilizando materiales de la zona. Toda la población se maneja en un mismo galpón, agrupados por edades, sexo y clase, la producción de forraje se cultiva junto a la granja, lo cual exige una mayor dedicación de mano de obra [9].

En el Ecuador, la crianza familiar-comercial y comercial es una actividad que data desde aproximadamente 15 años, se ha tecnificado con parámetros productivos y reproductivos que permiten una rentabilidad económica para la explotación, mediante la aplicación de destetes, retiro oportuno de reproductores, alimentación controlada con suplementos alimenticios, entre otras. Las reposiciones de los reproductores se hacen mensual o trimestralmente una vez estabilizada la población. La alimentación es normalmente a base de subproductos agrícolas, pastos cultivados y en algunos casos con alimentos balanceados [10].

1.1.3 POZAS DE CRIANZA DE CUYES

Es la mejor alternativa en una explotación cuyícola. Como se observa en la Figura 1.2, el galpón se compone de pequeños compartimientos (pozas) de empadre, recría y para reproductores. Este tipo de instalaciones permiten separar a los animales por edad, sexo y clase. Cada poza mide aproximadamente 80 x 30 x 45 cm aunque puede ajustarse al volumen de producción deseado.

La principal ventaja de este sistema es un mejor control sanitario, ya que se puede detectar y controlar las enfermedades de cada individuo. Además hay un ahorro de mano de obra, con lo que se incrementa el rédito económico de la producción.

En las pozas de empadre se realiza la reproducción, para lo cual se coloca un macho por cada 10 hembras. Una vez que todas quedan preñadas, se retiran los machos hacia la poza de reproductores hasta el destete de las crías, tiempo en el que estas últimas pasan a las pozas de recría.

Por cada poza de empadre se reservan o construyen dos de cría. Las pozas de reproductores sirven para tener machos que sustituyan a aquellos cansados, enfermos o estériles.



Figura 1.2. Pozas para crianza de cuyes.

Los cuyes maduran sexualmente a una temprana edad, las hembras tienen celo cada 16 días, y el ciclo de preñez dura aproximadamente 67 días. Es recomendable dejar descansar a la hembra 10 días después de cada parto, con lo que se obtienen 3-4 partos al año. El tiempo de lactancia dura 21 días, luego se desteta a las crías y pasan a otras pozas para su crecimiento y engorde. Se recomienda realizar el destete a los 28 días máximo, para evitar cruces entre hijas y padres.

1.1.4 NECESIDADES NUTRICIONALES DE LOS COBAYOS

Al igual que en otros animales, los nutrientes necesarios para un buen crecimiento del cuy son: agua, proteína, fibra, energía, ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas. Los requerimientos dependen de la edad, estado fisiológico, genotipo y medio ambiente donde se desarrolle la crianza [10].

Tabla 1.1. Requerimiento nutricional para el crecimiento de cuyes (fragmento).

Nutriente	Cantidad por kg de alimento
Proteína	180 g
Ácidos grasos esenciales (ω-6)	1.3 – 4.0 g
Fibra	150 g
Minerales	
Calcio	8 g
Fósforo	4 g
Magnesio	1 g
Potasio	5 g
Sodio	0.5 g
Cobre	6 mg
Hierro	50 mg *
Manganeso	40 mg
Zinc	20 mg
Vitaminas	
A	6.6 mg
D	0.025 mg
E	26.7 mg
K	5 mg
C	200 mg
Biotina	0.2 mg
Ácido fólico	3.0 – 6.0 mg
Ácido pantoténico	20 mg
* Estimado	

Fuente: Institute for Laboratory Animal Research. (1995), *Nutrient Requirements of Laboratory Animals*, Fourth Revised Edition, National Academy Press, Washington, D.C., pp. 114.

Aún no han sido determinados los requerimientos nutricionales de los cuyes productores de carne en sus diferentes etapas fisiológicas, sin embargo se emplean las recomendaciones del Consejo Nacional de Investigaciones de Estados Unidos (NCR) para crianza de cuyes como animales de laboratorio, mostrados en la Tabla 1.1.

El requerimiento de proteína comprende a los distintos aminoácidos que la componen, algunos no son sintetizados, entre éstos: la arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, triptófano, treonina y valina, se recomienda niveles de 18 a 20% de proteína total, con niveles de arginina de 1.26%, triptófano 0.16 a 0.20%, cistina 0.36% y metionina 0.35% con un total de aminoácidos azufrados de 0.71%. El suministro inadecuado tiene como consecuencia un menor peso al nacimiento, escaso crecimiento, baja en la producción de leche, baja fertilidad y menor eficiencia en la utilización del alimento [4].

El cuy tiene un requerimiento bien definido de ácidos grasos no saturados. Su carencia produce un retardo en el crecimiento, además de dermatitis, úlceras en la piel, pobre crecimiento del pelo, así como caída del mismo [5]. Esta sintomatología es susceptible de corregirse agregando ácido linoleico en una cantidad de 4 g/kg de ración. En casos de deficiencias prolongadas se han observado atrofas en varios órganos, incluido el corazón. En casos extremos puede sobrevenir la muerte del animal [6].

Al igual que los humanos, los cuyes carecen de la capacidad de sintetizar el ácido ascórbico. Al producirse deficiencia de vitamina C, los síntomas tempranos son: pérdida de peso, encías inflamadas y sangrantes, articulaciones inflamadas, etcétera. Al cabo de un tiempo existen trastornos hepáticos, degeneración de los ovarios en las hembras y del

epitelio germinal en los machos y sobreviene la muerte entre 25 y 28 días. Los requerimientos de vitamina C son de 4 mg/100 g de peso para animales en crecimiento activo [7].

Los minerales cumplen importantes funciones en la composición de la ración y el organismo de los cobayos, tal es así que participan directamente en la regulación de la fisiología animal; entre los elementos esenciales se pueden citar: calcio, fósforo, magnesio, potasio, manganeso, sodio, cloro, flúor, yodo, cobalto, azufre y zinc [6].

1.1.5 PRINCIPALES ENFERMEDADES Y SU CONTROL

Una de las principales causas para que los cuyes se enfermen es la falta de limpieza e higiene en los ambientes donde se encuentran. Además, cambios bruscos en su medio ambiente, ya sea temperatura, humedad o alimentos, pueden desencadenar enfermedades e inclusive la muerte.

Las enfermedades que atacan a los cuyes pueden ser de naturaleza infecciosa, parasitaria, micótica, carencial, viral. Entre las principales figuran la dermatitis micótica (sarna), salmonelosis, neumonía, ectoparasitosis (piojos) y endoparasitosis por fasciola hepática o *Paraspidoderauncinata* [3].

1.2 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN

Los sistemas de alimentación en el caso de los cuyes son de tres tipos: con forraje, forraje más balanceados y con balanceados más agua y vitamina C. Estos sistemas pueden aplicarse en forma individual o alternada de acuerdo con la disponibilidad de alimento

existente en el sistema de producción y su costo a lo largo del año, asegurando una buena productividad de la especie sin detrimento de la economía del productor.

El cuy tiene dos tipos de digestión, la enzimática, a nivel del estómago e intestino delgado, y la microbial, a nivel del ciego. Este factor contribuye a dar versatilidad a los sistemas de alimentación, pues puede comportarse como herbívoro o forzar su alimentación en función de un mayor uso de balanceados.

1.2.1 ALIMENTACIÓN CON FORRAJE

El cuy es una especie herbívora por excelencia, ante el suministro de diferentes tipos de alimento, muestra siempre su preferencia por el forraje. Las leguminosas se comportan como un excelente alimento, aunque en muchos casos la capacidad de ingesta que tiene el cuy no le permite satisfacer sus requerimientos nutritivos, por lo que resulta conveniente equilibrar entre gramíneas y leguminosas para una mejor distribución de los nutrientes [7].

Los forrajes más utilizados en la alimentación de cuyes son: alfalfa (*Medicago sativa*), chala de maíz (*Zea mays*), pasto elefante (*Pennisetumpurpureum*), hoja de camote (*Ipomea batata*), hoja y tronco de plátano, cascarilla de cacao, malezas varias como por ejemplo: raygrass, kinggrass, romerillo, brachicaria, trébol entre otros[5, 6, 7].

Diariamente, se requiere que el cuy ingiera un 30% de su peso vivo en forraje, aumentando a 32% durante la etapa de gestación. La frecuencia en el suministro de forraje induce a un mayor consumo y por ende a una mayor ingesta de nutrientes, aumentando el peso y la musculatura de los individuos.

Se recomienda además mantener un solo tipo de forraje mientras se alimenta a las crías para evitar la mortalidad por intolerancia a los cambios. Para obtener un buen rendimiento se recomienda alimentarlos dos veces al día, siempre en el mismo horario, con una distribución del 40% del forraje en la mañana y el resto en la tarde, considerando los hábitos nocturnos de la especie. Los niveles de forraje suministrados van entre 80 y 200 g/animal/día, sin embargo este tipo de alimentación no cubre los requerimientos nutricionales requeridos por el animal [11].

Tabla 1.2. Composición proximal de forrajes utilizados en la alimentación de cuyes.

Especie	Proteína (%)	Fibra cruda (%)	Ceniza (%)	Energía disponible (Kcal/kg)
Alfalfa	21.9	22.2	13.0	3620
Raygrass	13.4	23.0	11.5	3281
Kinggrass	9.2	35.3	12.6	No determinado
Avena	12.4	27.0	14.6	2984
Pasto azul	20.0	26.7	9.7	3827

Fuente: Empresa CAVIAGEN Dr. Rubén Martínez

1.2.1.1 COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LA ALFALFA

Constituye un buen forraje para todo tipo de animales herbívoros ya que, como se muestra en la Tabla 1.2., contiene alrededor del 20% de proteínas y 20% de fibra cruda, además aporta con minerales (Tabla 1.3) y vitaminas: C (400 mg/100 g), B1, B2, B6, B12, D, E, K, colina, ácido fólico, ácido pantoténico. También contiene carotenos, isoflavonas, derivados cumarínicos, fitosteroles, fosfolípidos, taninos, que aportan micronutrientes y

antioxidantes, mejorando la calidad de vida del cuy y reduciendo la incidencia de enfermedades.

Tabla 1.3. Contenido de sales minerales de la alfalfa.

Mineral	Contenido (mg / 100 g)
Calcio	1750
Hierro	35
Potasio	2000
Fósforo	250
Manganeso	5
Sodio	150

Fuente: Empresa CAVIAGEN Dr. Rubén Martínez

Si el forraje se encuentra en mal estado puede causar la muerte inmediata, por esta razón el alimento debe ser fresco y libre de contaminantes, para lo cual se mantienen sembríos adyacentes a las instalaciones del criadero (Figura 1.3.)



Figura 1.3. Cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*).

1.2.2 ALIMENTACIÓN MIXTA

En la crianza tradicional del cuy la alimentación es a base de pastos verdes y algunas malezas, suplementada en ocasiones con desperdicios de cocina y hortalizas. Este sistema de alimentación no satisface los requisitos mínimos nutricionales del animal presentándose susceptibilidad a enfermedades, índices bajos de natalidad y pesos bajos al nacimiento y destete.

Considerando además que la disponibilidad de alimento verde no es constante a lo largo del año, (hay meses de mayor producción y épocas de escasez por falta de agua de lluvia o de riego), se recomienda suplementar la ración de forraje con granos germinados, subproductos industriales como el afrecho de trigo, palmiste, y concentrados vitamínicos que satisfagan los requerimientos nutritivos de los cuyes.

De los suplementos más comunes, mostrados en la Tabla 1.4., se tiene una mayor concentración de proteína y grasa en el balanceado de pescado, sin embargo, la baja cantidad de fibra debe ser compensada con una mayor proporción de otros alimentos.

Tabla 1.4. Composición proximal de suplementos empleados en sistemas de alimentación mixta para cuyes.

Suplemento	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra cruda (%)	Energía disponible (Kcal / kg)
Maíz	8.5	4.0	1.9	3388
Afrecho de trigo	14.8	3.5	10.0	3219
Cebada	11.5	1.9	5.0	3348
Palmiste	14.2	7.0	17.5	2700
Balanceado de pescado	65.0	10.0	1.0	2950

Fuente: Empresa CAVIAGEN Dr. Rubén Martínez

Bajo estas condiciones el consumo de alimento por animal/día se incrementa, puede estar entre 40-60 g/animal/día; la cantidad varía según la etapa productiva y la calidad del forraje, se recomienda un 3% del peso del animal vivo y una sola administración, preferiblemente en la mañana.

El alimento mixto debe contener un nivel de humedad menor al 13% para evitar la contaminación con hongos y bacterias, fibra cruda entre 9 -18% y es necesario proporcionar diariamente vitamina C. Para conseguir esta composición se pueden mezclar algunos suplementos en las proporciones adecuadas [4,8].El alimento balanceado debe en lo posible peletizarse, ya que existe mayor desperdicio en las raciones en polvo [6].

1.2.2.1 BALANCEADO DE PESCADO

El balanceado de pescado se prepara a base de residuos de pescado, conservados en un medio ácido, aunque se produce hidrólisis de las proteínas para formar péptidos y aminoácidos, mantiene el valor nutritivo de la materia prima, por lo que se puede utilizar para sustituir fuentes tradicionales de proteínas en la alimentación de los animales domésticos, en particular los mono gástricos [7].

En cuanto a composición nutricional, (Tabla 1.5) tiene un contenido proteico similar al forraje (20%) con una mayor presencia de minerales (Tabla 1.6), los cuales alcanzan el 30% del peso seco. Como desventaja se puede citar la ausencia de fibra, por lo que es recomendable utilizarlo sólo como complemento en la alimentación [11, 12].

Tabla 1.5. Composición nutricional del balanceado de pescado.

Nutriente	Contenido (%)
Proteína	20.6
Fibra	0.0
Extracto etéreo	5.1
Extracto libre de nitrógeno	1.8
Cenizas	5.9
Materia seca	33.4

Fuente: Matos, J., Chauca, L. (2003).

Tabla 1.6. Contenido de minerales en el ensilado de pescado.

Mineral	Contenido (mg / 100 g)
Calcio	1536
Hierro	12
Fósforo	1060
Magnesio	19

Fuente: Murillo, I., Quilambaqui, M. (2008).

CAPÍTULO II

IMPORTANCIA NUTRICIONAL DE LOS MINERALES

2.1 MICRONUTRIENTES

Los principales minerales en el cuerpo humano son: calcio, fósforo, potasio, sodio, cloro, azufre, magnesio, manganeso, hierro, yodo, flúor, zinc, cobalto y selenio. Algunos son necesarios en cantidades muy pequeñas en la dieta humana pero son vitales para fines metabólicos, por lo que se denominan *micronutrientes*. Estos micro elementos pueden incorporarse al organismo a través de los alimentos y el agua, donde se encuentran de forma natural. Los micronutrientes desempeñan funciones vitales en la producción de enzimas, hormonas y otras sustancias; ayudan a regular el crecimiento, la actividad, el desarrollo y el funcionamiento de los sistemas inmunológico y reproductivo [13].

Resulta especialmente importante ingerir cantidades adecuadas de micronutrientes en los primeros años de vida y otras épocas del crecimiento, el embarazo y la lactancia. A pesar de ser necesarias en pequeñas cantidades, las consecuencias de su ausencia pueden ser severas. La deficiencia nutricional de estos micro elementos afecta a la población a escala mundial con graves efectos sobre la salud, dependiendo fundamentalmente del grado de incidencia y de la magnitud de la deficiencia. En los países en vías de desarrollo existe un impacto particularmente negativo en los grupos de bajos ingresos económicos, ya que persisten factores sociales y económicos que condicionan la prevalencia de problemas alimenticios [14].

Resulta sorprendente que, siendo el hierro uno de los elementos más abundantes del planeta, la deficiencia del mismo represente uno de los problemas nutricionales más relevantes, esto se debe a que la mayor parte del hierro que se encuentra en los alimentos corresponde a formas poco solubles del metal y en consecuencia, de baja biodisponibilidad.

La principal causa de la deficiencia nutricional de hierro y de anemia ferropénica, es una incorporación insuficiente del hierro al organismo de acuerdo a los requerimientos fisiológicos del mismo [15].

2.2 HIERRO

Se lo encuentra naturalmente en el suelo formando parte de diversos minerales, en el agua y en muchos alimentos. En la dieta humana el hierro se encuentra en dos formas: hemínico (Fe-hem) y no hemínico (Fe-no hem).

Los alimentos ricos en hierro son por lo general de origen animal como el hígado, los riñones y las carnes rojas. También se pueden encontrar en espinacas, pistachos o la soja, pero la cantidad de hierro de los vegetales es por lo general mucho menor que la cantidad de hierro que se puede obtener de los alimentos de origen animal. La Tabla 2.1 muestra algunos alimentos de origen vegetal que contienen niveles muy altos de hierro, tales como los cereales para el desayuno. Sin embargo estos alimentos se comen en porciones mucho más pequeñas que las hacen una menor fuente de alimentos ricos en hierro que las de origen animal.

Tabla 2.1. Contenido de hierro en alimentos por cada 100 gramos de alimento.

Alimentos ricos en hierro	Cantidad (mg)	Cantidad diaria recomendada (%)	Calorías
Hígado de res	9.0	0.5	190
Riñones de res	8.0	0.44	170
Corazón de res	7.7	0.43	180
Carne de res magra	2.5	0.16	240
Avena y salvado de trigo	45	250	330
Canela molida	38	210	-
Romero	30	167	330
Salvado de trigo	13	0.73	205
Lentejas cocidas	3.5	0.19	100
Avellanas	3.2	0.19	650
Almendras	3.0	0.17	600
Pan integral	2.7	0.15	215
Frijoles rojos	2.5	0.14	100
Berros	2.2	0.14	23

Fuente: Morales, I. (2012).

Las principales funciones biológicas que posee el hierro, se basan en sus propiedades óxido-reductoras, ya que le permiten participar en la transferencia de electrones y también unirse en forma reversible a diferentes ligandos, como oxígeno, nitrógeno y azufre [13], por ejemplo la hemoglobina, Figura 2.2.

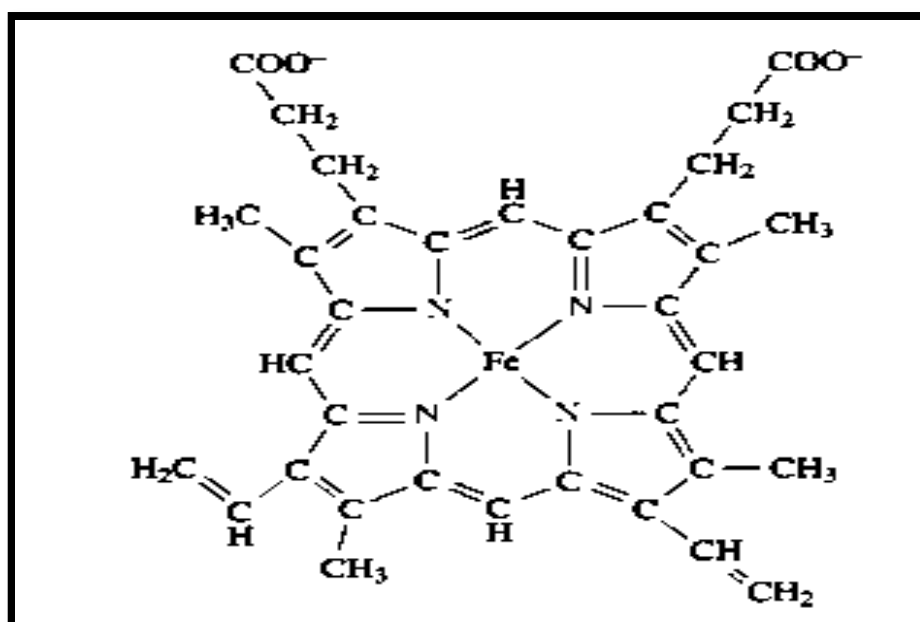


Figura 2.1.Fórmula de la hemoglobina

En un hombre adulto la cantidad aproximada de hierro es de 4 g, distribuidos en la hemoglobina (~2.5 g), las reservas principalmente hepáticas y en la mioglobina y otras proteínas enzimáticas que son dependientes del metal (~0.3 g) [14].

Los principales factores que determinan una adecuada incorporación del hierro al organismo son: la cantidad de hierro total ingerido con la dieta, la proporción de hierro hémico y no hémico de la misma, la presencia de activadores e inhibidores de la absorción de hierro no hémico contenido en el alimento y el estado nutricional de la persona para este elemento. A su vez, estos factores dependen del estado fisiológico de la persona, de los hábitos culturales y de la situación socioeconómica de la región [13]. Los grupos que poseen una mayor probabilidad de sufrir deficiencia de hierro, corresponden a aquellos grupos poblacionales en los que existe un inadecuado consumo y/o asimilación de hierro de la dieta, entre las consecuencias de la deficiencia de hierro están: anemia, disminución de la capacidad física para realizar un trabajo, problemas en la regulación corporal, deficiencia en el desarrollo psicomotor infantil, incremento de la absorción de metales tóxicos entre otros [14].

2.3 ZINC

El zinc se distribuye ampliamente en el reino vegetal y animal y ocupa el segundo lugar en abundancia después del hierro. En el adulto humano existen de 2-3 g y las concentraciones más elevadas se encuentran en el hígado, páncreas, riñón, hueso, y músculos voluntarios; hay otros tejidos con concentraciones altas entre ellos diversas partes del ojo, próstata, piel, pelo y uñas [16].

El zinc se encuentra en una amplia variedad de alimentos: en productos derivados de animales como las carnes, el pescado, yema de huevo, carne de cordero, hígado, ostras, aves, sardinas, mariscos; en alimentos de origen vegetal como levadura de cerveza, algas, legumbres, setas, nueces de pecán, lecitina de soja, soja, cereales integrales. La absorción de zinc es mayor si esta proviene de proteínas vegetales [17].

En la Tabla 2.2, se menciona la cantidad de zinc en miligramos contenida en una porción de alimento.

Tabla 2.2. Contenido de zinc en una porción de alimento.

Alimento	Porción	Zinc (mg)
Ostras	85 g (6 medianas)	76
Cereales fortificados	3/4 taza (30 g)	15
Carne de vaca (80% magra)	100 g	6.2
Carne de cerdo, magra	100 g	2.9
Carne de pollo, pata	1	2.7
Carne de pavo	100 g	3.1
Garbanzos, cocidos	1 taza (160 g)	2.5
Yogur, sin sabor, descremado	100 g	1
Queso suizo	30 g	1.2
Frijoles/judías/habas, cocidas	1 taza (170 g)	1.8
Leche, descremada	1 taza (240 ml)	1
Almendras	30 g	1
Nueces	30 g	1

Este elemento posee un papel muy activo en un número importante de sistemas enzimáticos; a diferencia del hierro y del cobre, no cambia su estado electroquímico, por lo que no es útil en reacciones de óxido-reducción; sin embargo, por la misma razón, el organismo no corre riesgo de daño por oxidación, lo que permite que el zinc sea transportado y utilizado más fácilmente [18].

Las deficiencias de zinc en la persona adulta se manifiestan en la disminución del rendimiento psicomotor e intelectual, produciendo una significativa reducción en la capacidad de trabajo y en la productividad. De esta manera, acarrea serias consecuencias a nivel sanitario, social y económico en aquellos países donde estas deficiencias tienen una alta incidencia [12].

En la actualidad los casos de deficiencia severa de zinc son más bien raros. Los grupos de población más afectados son los niños menores y las mujeres durante el embarazo y la lactancia.

El retraso en el crecimiento lineal, efecto negativo en la sensibilidad sensorial, disminución en el apetito, disminución en la respuesta inmune y efectos negativos en la función intestinal constituyen los padecimientos más comunes en el individuo con deficiencia de zinc [18,20].

2.4 APORTE NUTRICIONAL DE LA CARNE DE CUY

Al ritmo que crece la población mundial, es fácil deducir que la seguridad alimentaria del planeta está en riesgo. Es así que se busca ampliar la oferta de productos proteicos, de modo que todos los estratos sociales puedan acceder a los mismos. Además se busca que la diversificación del mercado cárnico se desarrolle en concordancia con los aspectos culturales de cada región. Para combatir de manera eficaz la desnutrición, deben suministrarse 20g de proteína animal *per cápita* al día [10].

La carne de cuy es una opción, es rica en proteína y baja en grasa respecto a las de mayor consumo en el mercado nacional. Su aporte en minerales es considerable como indica la

Figura 2.4, por lo que se recomienda su consumo[18].Es altamente digerible, cero colesterol y de buen sabor; tiene alta presencia de sustancias esenciales para el ser humano como son el ácido araquidónico (AA) y el ácido graso docosahexaenoico (DHA), cabe resaltar que dichas sustancias no existen en otras carnes, son importantes para el desarrollo de neuronas, membranas celulares (protección contra agentes externos) y forman el cuerpo de los espermatozoides[19].

Es de recalcar, que los costos de producción son mucho menores respecto a otras especies por lo que es económicamente viable el incentivo al consumo de la misma [6].

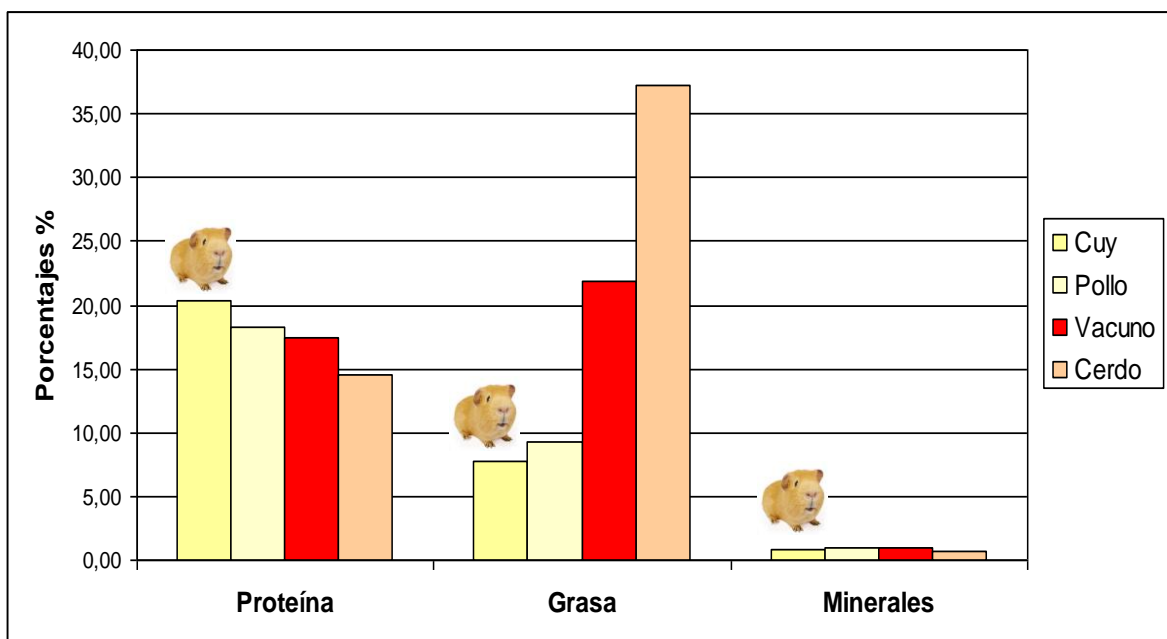


Figura 2.2. Contenido nutricional de carne de cuy frente a otras especies [3].

Por otro lado, la proteína proporcionada por las vísceras animales, si bien tiene un mayor contenido de colesterol, presenta un aumento sustancial en minerales, significa una excelente opción para combatir la deficiencia de éstos en infantes y adolescentes [16].

2.4.1 REQUERIMIENTOS DIARIOS

Las recomendaciones de ingesta de hierro dadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) están orientadas a los requerimientos según género y edad como se detalla en la Tabla 2.3 [20].

Dichas dosis se han establecido en función de las pérdidas diarias y la capacidad de absorción del organismo humano, y varían en niños de 0.5 a 0.9 mg/día, mujeres en edad reproductiva de 1.2 a 3.2 mg/día y hombres de 1.2 a 1.9 mg/día. Al considerar los porcentajes de absorción del micronutriente, la ingesta mínima recomendada para adultos es: hombres 9 mg/día, mujeres en edad reproductiva 16-20 y post-menopáusicas 8 mg/día [21].

Tabla 2.3. Requerimientos totales de hierro por edad y género.

Grupo	Edad (años)	Requerimiento total de hierro (mg/día)
<i>Niños</i>	0.5 – 1	0.72 – 0.93
	1 - 3	0.46 – 0.58
	4 - 6	0.50 – 0.63
	7 - 10	0.71 – 0.89
<i>Mujeres</i>	11 – 14	1.20 – 1.40
	11 – 14 *	1.68 – 3.27
	15 – 17	1.62 – 3.10
	18+	1.46 – 2.94
	Lactancia	1.15 – 1.50
	Post-menopausia	0.87 – 1.13
<i>Hombres</i>	11 – 14	1.17 – 1.46
	15 – 17	1.50 – 1.88
	18+	1.05 – 1.37

* Después de la llegada de la menstruación

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la alimentación, FAO (2002).

En cambio, es muy difícil estimar cual es la ingesta idónea de zinc para un adulto, dados los numerosos factores que pueden afectar la biodisponibilidad de este elemento, incluidos

la composición de la dieta y estatus del propio individuo. En total se calcula una pérdida media de 2.2 mg/día, de los cuales 0.8 mg son a través de la piel y por eyaculación, las pérdidas medias podrían situarse en 2.8 mg/día en varones [20].

Teniendo en cuenta lo incierto de estas pérdidas se fija en 2.5 mg/día los requerimientos medios de zinc de un adulto. Si la absorción media de este elemento alcanza el 20%, supone unos requerimientos de al menos 12.5 mg/día de zinc en la dieta. Dada la variabilidad de factores que pueden afectar a estos cálculos, la ingesta finalmente recomendada de zinc es de 15 mg/día para hombres y 12 mg/día para las mujeres [17].

CAPÍTULO III

TÉCNICAS ANALÍTICAS E INSTRUMENTALES

3.1 DETERMINACIÓN DE HIERRO Y ZINC

Existen algunos métodos para la cuantificación de hierro y zinc, entre ellos se pueden destacar: Espectrometría de Absorción Atómica con Llama, Espectrometría de Emisión con Plasma de Inducción; la selección del método dependerá de la sensibilidad requerida para el análisis, así como del número de muestras a analizar y los costos que se destinarán para este efecto.

3.2 FUNDAMENTOS DE ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

En absorción atómica, una cierta cantidad de luz es absorbida por el analito mientras un haz de luz atraviesa una nube atómica. A mayor cantidad de analito, mayor cantidad de luz absorbida, en correspondencia con la ley de Lambert-Beer; por lo tanto, se puede efectuar una determinación cuantitativa de la especie química presente.

Bajo condiciones apropiadas de llama, muchos de los átomos permanecerán en su estado fundamental siendo capaces de absorber luz de longitud de onda apropiada. La nube atómica es producida por la adición de energía térmica a la muestra con el fin de disociar los compuestos químicos en átomos libres [23].

Esta técnica presenta ventajas como facilidad, velocidad, exactitud y precisión a un costo relativamente económico, lo que ha hecho que sea uno de los métodos más populares para

la determinación de metales. La mayoría de instrumentos operan a longitudes de onda de entre 200 y 780 nm (región UV-Vis) [24].

El uso de fuentes especiales de luz y la selección cuidadosa de la longitud de onda, permiten la determinación cuantitativa específica de elementos individuales aun cuando otros se encuentren presentes en la muestra.

Los instrumentos de absorción atómica constan de las siguientes partes: fuente de radiación, atomizador, monocromador o sistema de selección de longitud de onda, detector, sistema de procesamiento y salida de la señal. Un diagrama tipo de un equipo mono haz se presenta en la Figura 3.1.

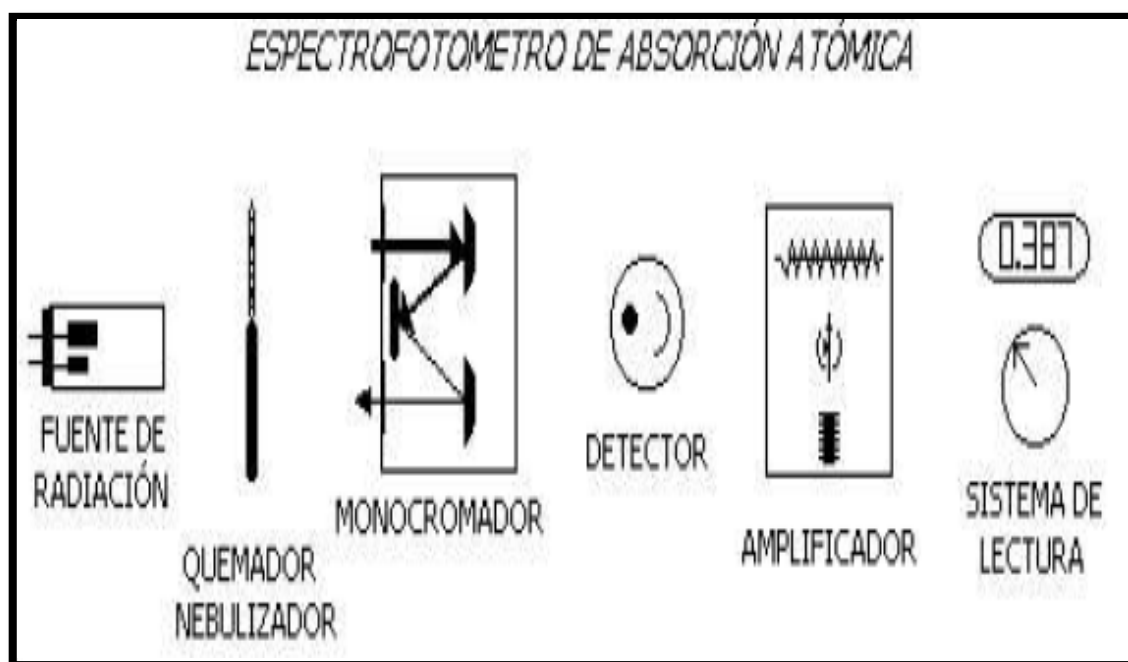


Figura 3.1. Espectrofotómetro de llama. Diseño de haz sencillo [23].

La técnica requiere que los átomos de la especie a analizar se encuentren en fase gaseosa, para esto se debe evaporar el solvente hasta producir un aerosol molecular a altas

temperaturas. En general se emplea la atomización a la llama, que consiste en nebulizar la muestra mediante un flujo de gas oxidante-gas combustible y se transporta hasta la llama donde se produce la desolvatación, disociación y finalmente atomización[23]. Los combustibles comúnmente utilizados son aire-acetileno y óxido nitroso-acetileno, con los que se alcanzan temperaturas de 2100-2400°C y 2600-2800°C respectivamente [24, 25, 26].

La fuente de radiación más común para las medidas de absorción atómica es la lámpara de cátodo hueco. Este implemento consiste en un cilindro cerrado de vidrio lleno de un gas inerte, con una ventana de cuarzo para la salida del haz de luz; cuenta con un cátodo del elemento metálico sujeto a análisis y un ánodo de wolframio. Al aplicar un potencial entre los electrodos se ioniza el gas, se genera una corriente eléctrica y algunos átomos metálicos salen de la superficie del cátodo y forman una nube de átomos en estado excitado que al volver a su estado fundamental emiten radiación característica [27]. El haz de luz pasa a través del monocromador antes de ser detectado, por lo que la anchura de la abertura del monocromador es determinante para el control de la resolución de las longitudes de onda y la obtención de una relación señal-ruido adecuada [23].

3.2.1 CUANTIFICACIÓN

Como consecuencia de interacciones entre los fotones y las partículas absorbentes, la potencia del haz es atenuada. La intensidad del haz transmitido se relaciona con la cantidad de radiación absorbida por la especie química mediante la ecuación 3.1.

La ley de Lambert-Beer establece que la absorbancia de una solución es directamente proporcional a la concentración de la solución a determinada longitud de onda.

Donde:

- I_0 : Intensidad de la luz incidente
- I : Intensidad de luz transmitida
- L : Camino óptico
- c : Concentración de la especie
- a : Absortividad
- A : Absorbancia

Siendo a una constante de proporcionalidad llamada absortividad, la magnitud de ésta dependerá de las unidades empleadas para la concentración y el camino óptico.

3.2.2 CURVA DE CALIBRACIÓN

Cuando la absorbancia de soluciones estándar del elemento a determinar se grafica versus la concentración de las mismas, se obtiene una curva de calibración. La curva así obtenida es generalmente lineal a bajas concentraciones y la concentración de la muestra se puede determinar por interpolación de su absorbancia en la curva.

Para emplear este método de análisis cuantitativo la composición de las soluciones estándar deben ser preparadas lo más semejante posible a la composición de la solución-muestra para compensar o eliminar interferencias.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

4.1 MUESTRAS

La producción y crianza de los cobayos se desarrolló dentro del proyecto de alimentación en cuyeras que mantiene el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito en el barrio San Marcelo en el sector Sur de la Ciudad.

El área destinada para la crianza de los cobayos fue de aproximadamente 4 m², distribuida en dos habitaciones, en las que se instalaron cuatro pozas de empadre, cuatro de recría, dos para reproductores y cuatro para engorde.

Las instalaciones fueron construidas con bloques, madera y techo de Eternit, mientras que las pozas, por malla metálica en las paredes, malla plástica y metálica en el piso y soportes de madera.

Se dispusieron inicialmente de 22 cuyes en dos pozas de empadre, once en cada una, (diez hembras y un macho reproductor), en una de las pozas, poza A, los cuyes fueron alimentados con alfalfa; en la otra, poza B, se utilizó alimentación mixta (concentrado de pescado y alfalfa), según se muestra en la Figura 4.1.

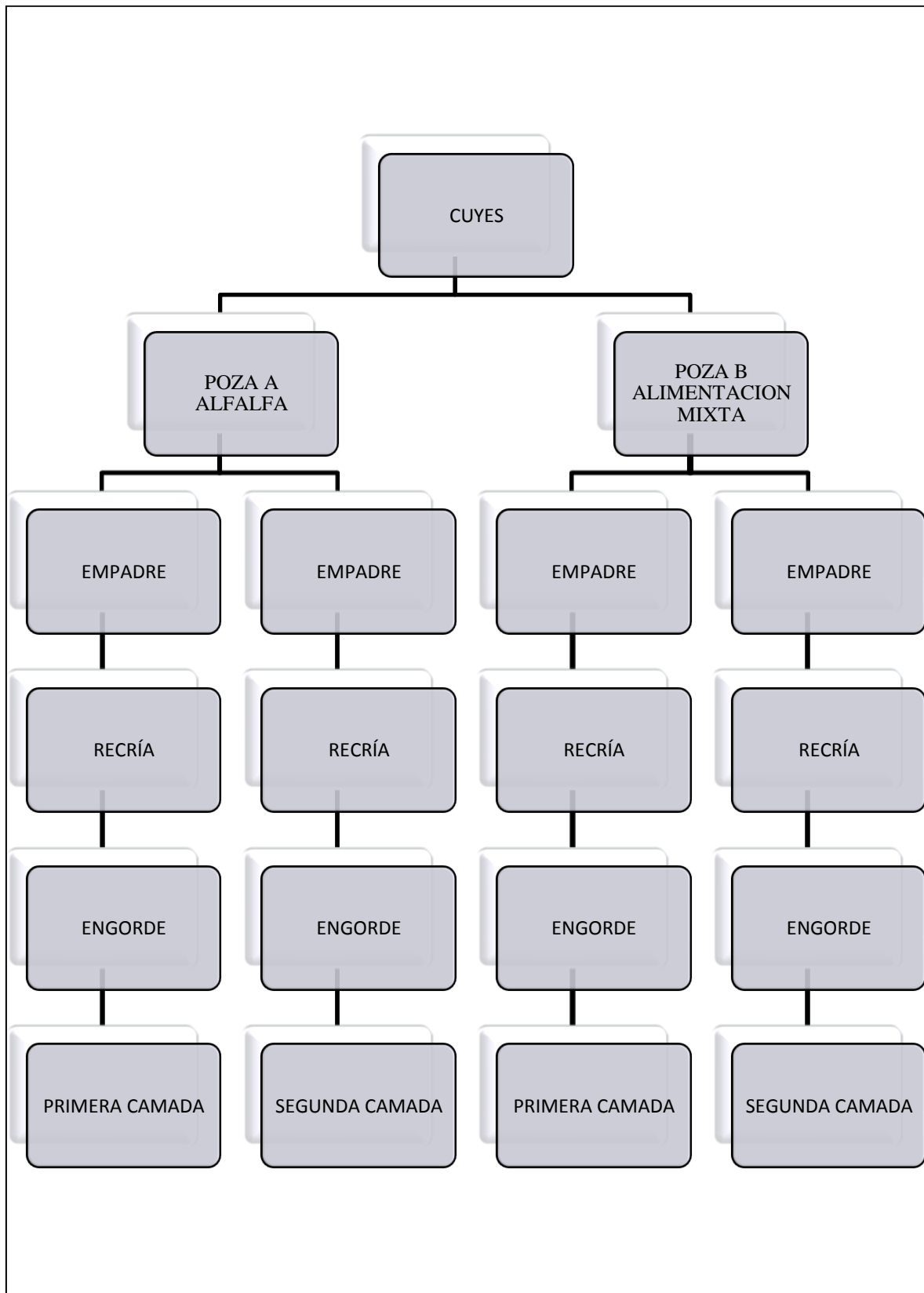


Figura 4.1. Diagrama explicativo de la organización de las pozas.

Los cuyes fueron alimentados diariamente con dos raciones del alimento correspondiente, para lo cual se colocaron alrededor de 1000 g en cada poza de empadre, 1000 g en las pozas de recría y 2000 g en la poza de engorde dejando que cada animal lo ingiera libremente. Los restos de alimento se retiraron una hora antes de colocar la siguiente ración. El agua para bebida se colocó en los dos casos en recipientes para el libre acceso de los cobayos. En cada camada se obtuvieron aproximadamente 30 crías, de las cuales se tomaron al azar siete para el faenamamiento y posterior determinación de hierro y zinc en carne (tejido muscular) y vísceras (intestinos grueso y delgado).

El faenamamiento de los cuyes se realizó cuando éstos alcanzaron un peso mínimo de 850 g, aproximadamente a las 4-5 semanas desde su nacimiento. Los animales faenados se transportaron al laboratorio donde se procedió a separar las vísceras y deshuesar al animal, las vísceras utilizadas para el análisis son aquellas partes del animal que son utilizadas usualmente para la preparación de los platillos, el tejido muscular lo constituyen el abdomen, brazos y piernas, los cuales se trocearon en pedazos homogéneos y se almacenaron debidamente etiquetadas en refrigeración. Se tiene un total de 56 muestras.

Para la codificación de las muestras se utilizó la siguiente nomenclatura: B2 – 7c, por ejemplo, la letra mayúscula identifica al tipo de alimentación, A, para la alimentación con alfalfa y B, para la alimentación mixta; el número, identifica 1 para la primera camada y 2 para la segunda camada; el siguiente número identifica al número de animal muestreado para el análisis y la letra minúscula, identifica la parte del animal analizada, c para carne y v para vísceras. Del siguiente modo:

B 2 – 7 c

Donde:

- *B*: Alimentación mixta (poza B).
- 2: Segunda camada.
- 7: Séptimo animal muestreado.
- *c*: Carne.

Los códigos de las muestras de carne se indican en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Códigos de las muestras de carne.

Número de muestra	Código	Camada	Número de muestra	Código
1	A 1-1c	PRIMERA	15	B 1-1 c
2	A 1-2c		16	B 1-2 c
3	A 1-3c		17	B 1-3 c
4	A 1-4c		18	B 1-4 c
5	A 1-5c		19	B 1-5 c
6	A 1-6c		20	B 1-6 c
7	A 1-7c		21	B 1-7 c
8	A 2-1c	SEGUNDA	22	B 2-1 c
9	A 2-2c		23	B 2-2 c
10	A 2-3c		24	B 2-3 c
11	A 2-4c		25	B 2-4 c
12	A 2-5c		26	B 2-5 c
13	A 2-6c		27	B 2-6 c
14	A 2-7c		28	B 2-7 c

En la Tabla 4.2, constan los códigos de las muestras pertenecientes a las vísceras de cuyes.

Tabla 4.2. Códigos de las muestras de vísceras.

Número de muestra	Código	Camada	Número de muestra	Código
1	A 1-1v	PRIMERA	15	B 1-1v
2	A 1-2v		16	B 1-2v
3	A 1-3v		17	B 1-3v
4	A 1-4v		18	B 1-4v
5	A 1-5v		19	B 1-5v
6	A 1-6v		20	B 1-6v
7	A 1-7v		21	B 1-7v
8	A 2-1v	SEGUNDA	22	B 2-1v
9	A 2-2v		23	B 2-2v
10	A 2-3v		24	B 2-3v
11	A 2-4 v		25	B 2-4v
12	A 2-5 v		26	B 2-5v
13	A 2-6 v		27	B 2-6v
14	A 2-7 v		28	B 2-7v

4.2 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

4.2.1 LAVADO DE MATERIAL DE VIDRIO

Para minimizar las fuentes de error por contaminación, es necesario e importante considerar la limpieza del material volumétrico, para ello se utilizaron:

REACTIVOS

- Solución de ácido nítrico 6.5%.
- Detergente químico Extrán.
- Agua desionizada, con valores de conductividad igual a 0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$ o similar.

PROCEDIMIENTO

- Lavar el material con detergente y agua potable.

- Enjuagar con agua desionizada.
- Sumergir en una solución de ácido nítrico al 6.5% durante un día.
- Enjuagar cinco veces con agua desionizada y dejar escurrir hasta su secado total.
- El material no volumétrico se secó en estufa a 100°C.

4.2.2 DIGESTIÓN ÁCIDA DE LAS MUESTRAS

Para la transformación de la muestra sólida a fase líquida, se pueden utilizar ácidos en órdenes crecientes de complejidad, solos o en mezcla. El ácido nítrico es un ácido oxidante, inestable, fotosensible y altamente reactivo, a pesar de su elevada capacidad oxidante en muy pocas ocasiones se utiliza solo para la descomposición de muestras orgánicas, se lo utiliza en mezcla con ácido perclórico en la que modera el elevado poder oxidante, peligroso en ocasiones de este ácido. La mezcla debe añadirse a la muestra siguiendo una secuencia, primero se añade el ácido nítrico y después el perclórico, se deben tomar precauciones para evitar posibles explosiones por adición del ácido perclórico a una matriz fácilmente oxidable [25].

El método empleado para la mineralización de la muestras corresponde a una modificación del método AOAC 968.08. (Anexo 1).

EQUIPOS

- Digestor VelpScientifica DK6.
- Balanza analítica, Mettler Toledo, Mod AB 204.
- Termómetro infrarrojo de mano, HIOKI 3445.

REACTIVOS

- Ácido perclórico, 60%, para análisis.
- Ácido nítrico 65%, para análisis.
- Agua desionizada, con valores de conductividad igual a 0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$ o similar.

MATERIALES

- Tubos de digestión para equipo VelpScientificaDK6 de 400 mL.
- Núcleos de ebullición.
- Pipetas graduadas 10 mL.
- Matraz aforado 25 mL.
- Papel filtro Whatman No. 3.
- Embudo de vidrio.

PROCEDIMIENTO

- Pesar 0.5 g de muestra y colocar junto a 3 núcleos de ebullición en un tubo de digestión VelpScientifica DK6.
- Añadir 10 mL de ácido nítrico al 65% y calentar a una temperatura de 420 °C por 30-45 minutos, aproximadamente.
- Dejar enfriar y adicionar 3 mL de ácido perclórico al 65%.
- Continuar el calentamiento hasta observar el desprendimiento de humos blancos.
- Enfriar la mezcla y añadir 20 mL de agua desionizada.
- Filtrar, trasvasar a un balón de 25 mL y aforar con agua desionizada [29].

4.2.3 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN CARNE Y VÍSCERAS DE CUY

El contenido de agua de una muestra suele alterarse en función de las condiciones atmosféricas en las que se encuentra, se recomienda con el fin de que los resultados obtenidos sean independientes de dichos efectos, que estos se refieran a muestra seca [30].

Para el secado en estufa la muestra se coloca generalmente en un vidrio de reloj y se introduce en un horno a una temperatura de 100 °C, aproximadamente, durante el tiempo necesario para la eliminación completa del agua[26].

EQUIPOS

- Estufa Memmert.
- Balanza analítica Mettler Toledo, Mod AB 204.

MATERIALES

- Cápsulas de porcelana.
- Desecador.
- Espátula de acero inoxidable.

PROCEDIMIENTO

- Pesar en una cápsula de porcelana tarada, 30 g de muestra, pesados al 0,1 mg.
- Introducir las cápsulas en una estufa a 110° C por dos horas.
- Retirar las cápsulas y enfriar en un desecador.
- Pesar y repetir el calentamiento, enfriado y pesada hasta conseguir peso constante.

4.3 CUANTIFICACIÓN DE HIERRO Y ZINC POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA DE LLAMA (EAA)

EQUIPOS

- Espectrofotómetro de absorción atómica VarianSpectra AA.
- Lámpara de cátodohueco para hierro, Varian.
- Lámpara de cátodo hueco para zinc, Varian.

REACTIVOS

- Solución estándar de hierro 1000 mg/L, AccuTrace™ Reference Standard (Anexo 2).
- Solución estándar de zinc 1000 mg/L, Merck CertiPUR® (Anexo 3).
- Material de referencia certificado: Minerales en alimentos, RTC lote 012193 (Anexo 4).
- Solución de ácido clorhídrico 0.5M.
- Acetileno AA extra puro, AGA S.A.
- Aire, comprimido y seco.
- Agua desionizada, con valores de conductividad igual a 0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$ o similar.

MATERIALES

- Matraz aforado 10 y 100 mL.
- Pipeta automática de volumen ajustable 100 – 1000 μL .
- Pipetas volumétricas de 2 y 5 mL.

4.3.1 DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE DETECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN

Según la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, 1975) el límite de detección es un número expresado en unidades de concentración que describe el más bajo nivel de concentración (o cantidad) de un sustancia que puede determinarse como estadísticamente diferente del blanco analítico, el límite de cuantificación es la mínima concentración de analito que se puede cuantificar a partir de la recta de calibrado [31].

Los límites de detección y cuantificación del método fueron determinados de la siguiente manera [22]:

- Se preparó una solución stock de cada analito
- Se prepararon soluciones estándar de hierro y zinc por diluciones sucesivas de la solución stock.
- Se preparó una solución blanco.
- Se midió la respuesta de las soluciones estándar de hierro y zinc y del blanco en el equipo.
- Se continuó con las diluciones y mediciones hasta llegar a la mínima dilución posible detectable.
- Se obtuvo la media y la desviación estándar de estas mediciones.

4.3.2 PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES ESTÁNDAR PARA LA CURVA DE CALIBRACIÓN

Para la preparación de las soluciones estándar para obtener la curva de calibración se consideró que la solución de menor concentración debía corresponder al doble del límite de cuantificación determinado y las otras serán de mayores concentraciones.

Solución stock de hierro: Se tomó 500 μL de la solución madre del estándar de hierro (1000 mg/L) y se aforó a 100 mL con la solución 0.5 M de ácido clorhídrico. La concentración de la solución resultante es 5 mg/L.

Por dilución de la solución stock, se prepararon cinco soluciones cuyas concentraciones se indican en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Preparación de soluciones patrón de hierro.

Dilución	Volumen de solución stock(μL)	Volumen de aforo (mL)	Concentración de la solución estándar (mg/L)
1	100	10	0.05
2	200	10	0.1
3	400	10	0.2
4	1000	10	0.5
5	2000	10	1.0
6	5000	10	2.5

Solución stock de zinc: Se tomó 500 μL de la solución madre del estándar de zinc (1000 mg/L) y se aforó con la solución 0.5M de ácido clorhídrico en un matraz de 100 mL. Por dilución de la solución stock se prepararon las soluciones cuya concentración se indica en la Tabla 4.4.

Tabla4.4. Preparación de soluciones patrón de zinc.

Dilución	Volumen de solución stock (μL)	Volumen de aforo (mL)	Concentración de la solución estándar (mg/L)
1	50	10	0.025
2	100	10	0.05
3	200	10	0.1
4	600	10	0.3
5	1000	10	0.5
6	2000	10	1.0

4.4 PROCEDIMIENTO DE CUANTIFICACIÓN DE HIERRO Y ZINC

Para la cuantificación de hierro y zinc en las muestras y soluciones estándar se empleó el Software Spectra AA 220 del Espectrofotómetro VarianSpectra AA.

- Se instaló la lámpara correspondiente en el espectrofotómetro.
- Se seleccionó el método en el software del equipo, donde se tienen establecidos los parámetros que se indican en la tabla siguiente:

Tabla 4.5. Condiciones instrumentales para cuantificación de hierro y zinc.

Condiciones	Hierro	Zinc
Longitud de onda	248.3 nm	213.8 nm
Modo de lectura	Integración	Integración
Tiempo de lectura	2 s	2 s
Llama	Aire – acetileno	Aire – acetileno
Flujo	10:1.5 L/min	10:1.5 L/min
Corriente de la lámpara	10 mA	5 mA
Corrección de fondo	Desactivado	Desactivado
Slit	0.2 nm	1.0 nm

- Se alineó la lámpara hasta máxima energía y se la dejó encendida.
- Se realizó un alineamiento de la celda de cuarzo (QTA).
- Se optimizó la posición del mechero y se comprobó la limpieza del nebulizador y su adecuada configuración.
- Se encendió la flama de aire-acetileno en la relación adecuada para una llama oxidante. Se dejó encendida durante 15 minutos antes de realizar cualquier medición a fin de lograr una flama estable.

- Se estableció un flujo bajo de agua para que el equipo aspire durante la estabilización de la flama.
- Se colocó el capilar dentro del balón con la solución blanco para que sea aspirada y direccionada al atomizador y luego a la llama.
- Se seleccionó la opción *Read* en el software para obtener la lectura.
- Se ajusta el instrumento a cero con el blanco de calibración.
- Se lee la absorbancia de las soluciones estándares de hierro de menor a mayor concentración.
- Se traza la curva de calibración relacionando valores de Absorbancia en función de la concentración.
- Se leen a continuación la absorbancia de las soluciones estándar y posteriormente de las muestras. Siguiendo el procedimiento de aseguramiento de la calidad, todas las lecturas en el espectrofotómetro se realizaron por triplicado.

4.5 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS

Debido a que la cuantificación de los analitos fue realizada en el Laboratorio Corplab S.A., laboratorio acreditado por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE), se siguió el Procedimiento General de Aseguramiento de la Calidad PG 20 Rev.12 de Corplab S.A. (Anexo 5), en un lote de 40 muestras.

Después de trazar la curva de calibración se lee la Verificación inicial de calibración, VIC, con un $\pm 10\%$ de error, si pasa este margen se vuelve a leer el VIC; seguidamente se lee el Blanco de calibración inicial, BCI; el Blanco método, BM; la Muestra control del laboratorio, LCS, y el lote de las muestras. El proceso de lecturas se reduce al esquema siguiente:

VIC, BCI, BM, LCS, LOTE, DUPLICADOS, VCC, BCC

Donde:

- *VIC*: Verificación inicial de calibración.
 - *BCI*: Blanco de calibración inicial
 - *BM*: Blanco método
 - *LCS*: Muestra control del laboratorio
 - *VCC*: Verificación continua de calibración
 - *BCC*: Blanco de calibración continua
-
- *Verificación inicial de calibración (VIC)*: Comprueba la validez de la curva de calibración. Se leyó una de las soluciones estándar preparada para la curva.
 - *Blanco de calibración inicial (BCI)*: Es un blanco para verificar y ajustar la señal del equipo. Se empleó ácido clorhídrico 0.5 M.
 - *Blanco método (BM)*: Es la matriz sin analitos a la que se le proporciona un tratamiento similar a la muestra. Sirve para detectar interferencias del método.
 - *Muestra control del laboratorio (LCS)*: Sirve para verificar que el instrumento no presenta deriva; por cada 10 análisis se analiza un estándar de valor conocido, en este caso el material de referencia certificado.

- *Verificación continua de calibración (VCC)*: Se analiza al menos un blanco de reactivos con cada grupo de muestras. Los valores obtenidos ponen de manifiesto la calidad de los reactivos usados.
- *Blanco de calibración continua (BCC)*: Es igual al BCI, se ejecuta luego del VCC. Sirve para detectar el fenómeno de *carryover* o arrastre de analito por residuos de muestras anteriores en los componentes del equipo.

4.5.1 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

- Una curva de calibración se aceptará si su coeficiente de correlación es mayor o igual a ± 0.999 ; caso contrario, se debe repetir la curva.
- Para el caso del VIC y del VCC se aceptará una desviación estándar relativa de $\pm 10\%$. En el BCI y el BCC se aceptará cuando el valor sea menor al límite de cuantificación del método.
- Para el LCS si el valor verdadero del analito difiere $\pm 10\%$ o más, se procede a recalibrar el instrumento.
- Además por cada camada, se preparó 1 muestra duplicada. Entre ambos valores se acepta un error relativo del 5%.

4.6 CÁLCULOS

Se determina la concentración de los analito en cada una de las muestras en mg/L con la curva de calibración atendiendo a la ecuación de la recta:

(4.1)

Donde:

- y : Absorbancia leída en el instrumento
- x : Concentración del analito
- m : Pendiente de la curva
- b : Intercepto

(4.2)

Donde:

- M : Concentración de los analitos en la muestra en mg/L

Una vez determinada la concentración en mg/L (M), se calcula la concentración en peso mediante la ecuación 4.3:

(4.3)

Donde:

- C : Concentración en mg/kg.
- V : Volumen de aforo de la muestra, en mL.
- P : Peso de la muestra seca, en g.
- Fd : Factor de dilución para la lectura en el espectrofotómetro.

Para determinar el peso de muestra seca se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{-----} \quad (4.4)$$

Donde:

- Q : Peso de la muestra, en g.
- $\%H$: Porcentaje de humedad.

4.6.1 DETERMINACIÓN DE LA PRUEBA t

La prueba t ayuda a vaticinar la probabilidad de que dos promedios pertenezcan a una misma población es decir que no tengan diferencias significativas o a su vez que posean diferencias significativas lo que indica que provienen de distintas poblaciones.

4.6.2 CÁLCULO DE LA PRUEBA t

Se aplica la prueba t a las diferentes camadas y tipos de alimentación atendiendo a la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{-----}}{\text{-----}} = \frac{\text{-----}}{\text{-----}} \quad (4.5)$$

Donde:

- t : Valor estadístico de la prueba t de student
- X_1 : Valor promedio del grupo 1

- \bar{X}_2 : Valor promedio del grupo 2
- N_1 : Tamaño de la muestra del grupo 1
- N_2 : Tamaño de la muestra del grupo 2
- SC: Suma de desviaciones estándar al cuadrado de cada grupo
- $N_1 + N_2$: Tamaño de la muestra 1 + 2

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Acorde con el diseño experimental planteado, se utilizaron 14 crías de cada sistema de alimentación, obteniendo un total de 28 cuyes para la determinación de hierro y zinc en carne y vísceras que representan las 56 muestras totales. El peso mínimo de los animales para ser faenados fue de 850 g que lo consiguieron entre los 27 – 37 días.

La Tabla 5.1, presenta el peso y edad de cuyes alimentados con alfalfa pertenecientes a la primera y segunda camada.

Tabla 5.1. Peso y edad de cuyes alimentados con alfalfa

Número de muestra	Código	Peso(g)	Edad (días)
1	A 1-1	850.1	35
2	A 1-2	850.3	35
3	A 1-3	850.0	37
4	A 1-4	850.1	36
5	A 1-5	850.2	35
6	A 1-6	850.2	35
7	A 1-7	850.2	37
8	A 2-1	848.3	37
9	A 2-2	849.3	36
10	A 2-3	850.9	35
11	A 2-4	849.6	36
12	A 2-5	849.2	36
13	A 2-6	849.1	35
14	A 2-7	850.3	37
PROMEDIO		850	36
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		0.7	0.9

En la tabla anterior se aprecia que los cuyes alimentados con alfalfa alcanzan el peso establecido en un promedio de 36 días. Las desviaciones estándares fueron menores a 1 lo que indica que los valores no tienen mucha dispersión.

La Tabla 5.2, indica el tiempo transcurrido para el faenamiento y el peso de los cuyes que recibieron alimentación mixta, las dos camadas reportan una desviación de 1.2, por lo que se estima que los valores son muy cercanos entre sí.

Tabla 5.2. Pesos y edad de cuyes alimentados con alimentación mixta

Número de muestra	Código	Peso (g)	Edad (días)
15	B 1-1	850.2	28
16	B 1-2	849.5	27
17	B 1-3	849.3	28
18	B 1-4	849.9	27
19	B 1-5	850.5	28
20	B 1-6	849.1	29
21	B 1-7	850.2	28
22	B 2-1	848.2	28
23	B 2-2	849.5	27
24	B 2-3	847.9	26
25	B 2-4	852.1	27
26	B 2-5	850.3	28
27	B 2-6	852.1	27
28	B 2-7	848.7	29
PROMEDIO		850.0	28
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		1.2	0.8

Hay una diferencia marcada en la edad entre los cuyes que fueron alimentados con alfalfa (36 días) y los que recibieron alimentación mixta (27 días), estos valores demuestran que estos últimos ganan más rápidamente peso.

5.2 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

El porcentaje de humedad promedio de las muestras de carne es de 70.7 y la desviación estándar de 1.4, este valor indica que no hay mayor diferencia entre las dos camadas, Tabla 5.3.

Tabla 5.3. Contenido de humedad en muestras de carne de cuy alimentados con alfalfa.

Número de muestra	Código	Humedad (%)
1	A 1-1c	72.6
2	A 1-2c	72.7
3	A 1-3c	69.5
4	A 1-4c	70.5
5	A 1-5c	72.1
6	A 1-6c	69.2
7	A 1-7c	71.1
8	A 2-1c	69.8
9	A 2-2c	69.4
10	A 2-3c	73.2
11	A 2-4c	71.6
12	A 2-5c	69.1
13	A 2-6c	69.4
14	A 2-7c	69.1
PROMEDIO		70.7
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		1.4

En la Tabla 5.4 se presentan los valores de humedad de cuyes con alimentación mixta, como se puede observar el contenido de humedad promedio en este caso es de 64.6% con una desviación de 0.85 lo que indica que no hay una dispersión significativa entre los de la primera y segunda camada.

Tabla 5.4. Contenido de humedad en muestras de carne de cuy alimentados con alimentación mixta.

Número de muestra	Código	Humedad (%)
15	B1-1c	65.1
16	B1-2c	64.9
17	B1-3c	64.8
18	B1-4c	65.6
19	B1-5c	65.0
20	B1-6c	63.0
21	B1-7c	64.9
22	B2-1c	64.8
23	B2-2c	63.9
24	B2-3c	63.1
25	B2-4c	65.3
26	B2-5c	64.1
27	B2-6c	63.6
28	B2-7c	65.4
PROMEDIO		64.6
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		0.85

Sin embargo si se comparan los valores de las Tablas 5.3 y 5.4 hay mayor contenido de agua en carnes de cuyes alimentados con alfalfa (70.7%), si el suministro de agua para bebida fue un factor constante puesto que en los dos casos tuvieron libre acceso a este elemento; se podría pensar que el factor determinante es el tipo de alimentación.

5.3 MINERALIZACIÓN DE LOS ANALITOS

Para mineralizar las muestras se empleó un digestor VelpScientifica, este equipo cuenta con temperatura y tiempo programable, como paso previo se determinó la temperatura de digestión con ayuda de un termómetro telescópico infrarrojo. La temperatura que los reactivos alcanzan durante la digestión en un matraz Kjeldahl tradicional es de 420°C, por tanto se programó el equipo para que alcance este valor.

Es necesario tener sumo cuidado durante la digestión ya que en la primera fase se producen óxidos de nitrógeno sustancias altamente tóxicas. Se trabajó todo el tiempo bajo la protección de cámaras de extracción. El uso de los ácidos nítrico y perclórico permite la eliminación total de la materia orgánica y la oxidación de hierro (II) a hierro (III) para lograr la determinación de hierro total.

5.4 CUANTIFICACIÓN DE HIERRO Y ZINC POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA DE LLAMA (EAA)

5.4.1 DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE DETECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN

Se determinaron los límites de detección y cuantificación del método para cada uno de los minerales, en base a las lecturas mínimas detectables de los estándares de hierro de 0.0500 mg/L y zinc 0.0250 mg/L obteniéndose los valores mostrados en las Tablas 5.5 y 5.6.

Tabla 5.5. Determinación de límites de detección y cuantificación de hierro en el Espectrofotómetro Varian Spectra AA.

Número de lectura	Concentración teórica de hierro (mg/L)	Concentración práctica de hierro (mg/L)
1	0.0500	0.0510
2		0.0480
3		0.0470
4		0.0460
5		0.0490
6		0.0550
7		0.0510
8		0.0490
9		0.0490
10		0.0480
Media		0.0493
Desviación Estándar		0.0025
Límite Detección		0.0569
Límite Cuantificación		0.0743

Tabla 5.6. Determinación de límites de detección y cuantificación de zinc en el Espectrofotómetro Varian Spectra AA.

Número de lectura	Concentración teórica de zinc (mg/L)	Concentración práctica de zinc (mg/L)
1	0.0250	0.0251
2		0.0247
3		0.0253
4		0.0246
5		0.0248
6		0.0253
7		0.0248
8		0.0250
9		0.0251
10		0.0252
Media		0.0250
Desviación Estándar		0.0003
Límite Detección		0.0257
Límite Cuantificación		0.0273

Los límites de detección para hierro y zinc, se calcularon mediante la siguiente fórmula:

$$(5.1)$$

Donde:

- *LD*: Límite de detección
- : Desviación estándar
- : Media de la solución de concentración más baja utilizada

Los límites de cuantificación para hierro y zinc, se calcularon mediante la siguiente fórmula:

$$(5.2)$$

Donde:

- *LC*: Límite de cuantificación
- : Desviación estándar
- : Media de la solución de concentración más baja utilizada

5.4.2 ELABORACIÓN DE CURVAS DE CALIBRACIÓN

Para elaborar la curva de calibración de cada uno de los minerales se fijó como la mínima concentración al doble de la determinada como el límite de cuantificación, observando siempre que la relación entre absorbancia y concentración sea lineal. Las lecturas obtenidas se muestran en las Tablas 5.7 y 5.8.

Tabla 5.7. Datos para la curva de calibración de hierro.

Solución	Concentración(mg/L)	Absorbancia media
Blanco	0.00	0.0001
Patrón 1	0.10	0.0100
Patrón 2	0.20	0.0220
Patrón 3	0.50	0.0529
Patrón 4	1.00	0.1027
Patrón 5	2.50	0.2721

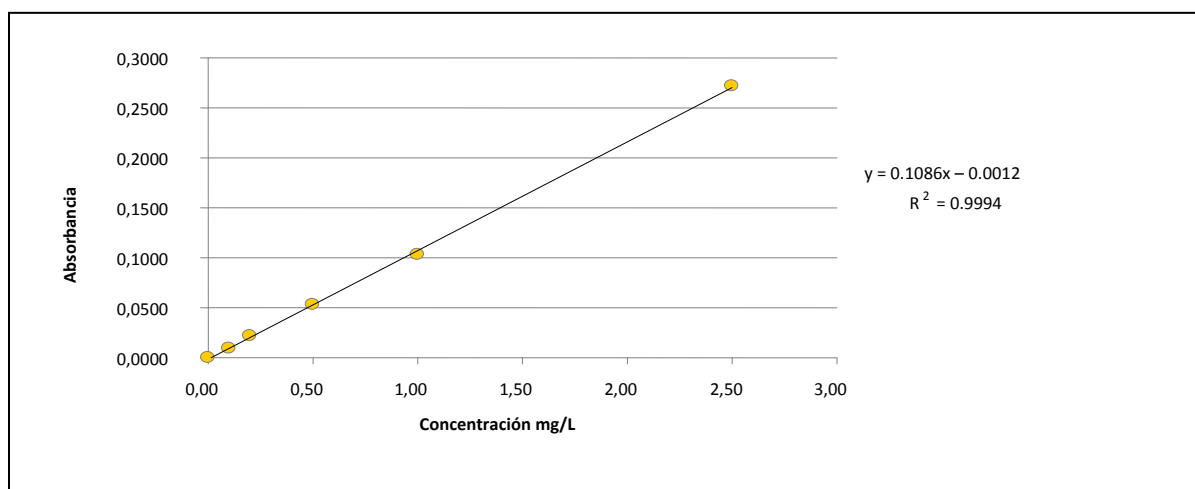


Figura 5.1. Curva de calibración para hierro.

Tabla 5.8. Datos para la curva de calibración de zinc.

Solución	Concentración(mg/L)	Absorbancia media
Blanco	0.00	0.0002
Patrón 1	0.05	0.0348
Patrón 2	0.10	0.0592
Patrón 3	0.30	0.1520
Patrón 4	0.50	0.2478
Patrón 5	1.00	0.4923

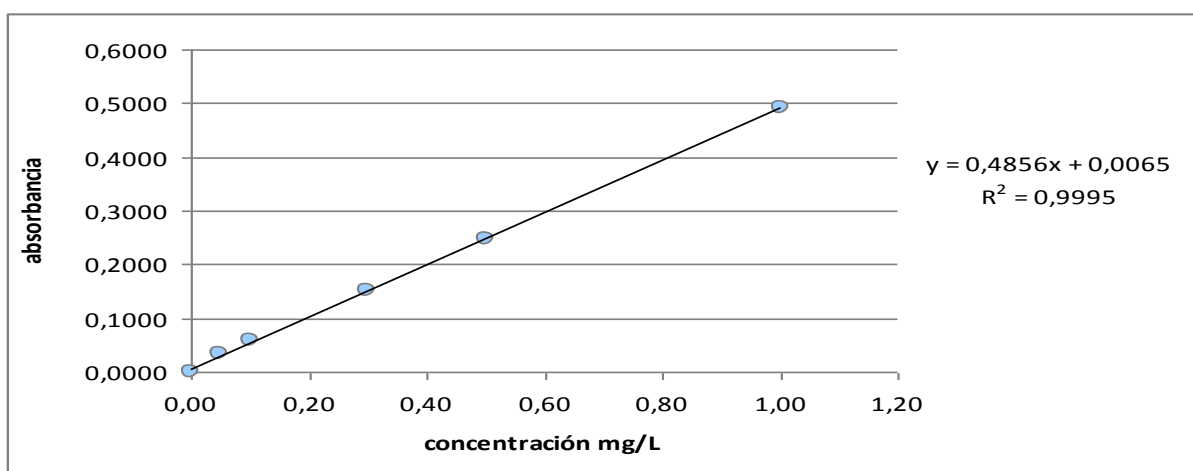


Figura 5.2. Curva de calibración para zinc.

En las Figuras 5.1 y 5.2 se observan las curvas de calibración elaboradas para hierro y zinc respectivamente. La relación lineal encontrada es satisfactoria en los dos casos ya que el coeficiente de correlación (R^2) es mayor a 0.999.

5.4.3 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS

De acuerdo al esquema planteado en el procedimiento de Aseguramiento de la Calidad de Corplab S.A., se verifican los parámetros establecidos, considerando como lote a las 14 muestras, correspondientes a un tipo de alimentación por tanto:

VIC. BCI (BM. LCS. Lote = 14 muestras). VCC. BCC duplicado cada análisis.

En el caso de las verificaciones inicial y final de calibración se establece como aceptable una desviación estándar relativa de $\pm 10\%$. Se trabajó con la solución patrón de hierro de 1 mg/L y con la solución de 0.3 mg/L de zinc. Como se observa en las Tablas 5.9 y 5.10 se obtuvieron desviaciones menores al 6% en todas las mediciones tanto de hierro como de zinc.

Tabla 5.9. Valores de las verificaciones inicial (VIC) y finales de calibración (VCC) de hierro.

Verificación	Lote de muestras	Absorbancia	Concentración práctica de hierro (mg/L)	Concentración teórica de hierro (mg/L)	Desviación estándar	Desviación estándar relativa
VIC	Carne A	0.1075	1.005	1.000	0.003	0.33
	Carne B	0.1088	1.017	1.000	0.012	1.18
	Vísceras A	0.1121	1.047	1.000	0.033	3.34
	Vísceras B	0.1138	1.063	1.000	0.045	4.45
VCC	Carne A	0.1073	1.003	1.000	0.002	0.20
	Carne B	0.1088	1.017	1.000	0.012	1.18
	Vísceras A	0.1074	1.004	1.000	0.003	0.26
	Vísceras B	0.1102	1.030	1.000	0.021	2.10

Tabla 5.10. Valores de las verificaciones inicial (VIC) y finales de calibración (VCC) de zinc.

Verificación	Lote de muestras	Absorbancia	Concentración práctica de zinc(mg/L)	Concentración teórica de zinc(mg/L)	Desviación estándar	Desviación estándar relativa
VIC	Carne A	0.1616	0.321	0.300	0.015	4.91
	Carne B	0.1613	0.320	0.300	0.014	4.76
	Vísceras A	0.1599	0.317	0.300	0.012	4.08
	Vísceras B	0.1601	0.318	0.300	0.013	4.18
VCC	Carne A	0.1622	0.322	0.300	0.016	5.20
	Carne B	0.1605	0.319	0.300	0.013	4.37
	Vísceras A	0.1603	0.318	0.300	0.013	4.28
	Vísceras B	0.1599	0.317	0.300	0.012	4.08

En los blancos de calibración inicial y continuo se encontraron, en todos los casos, valores menores al límite de cuantificación del método (Tablas 5.12 y 5.13), por tanto no existió contaminación durante la lectura de las muestras.

Además, se realizó la lectura de los blancos del método, encontrándose lecturas ligeramente mayores respecto a los blancos de calibración, pero dentro del límite de aceptación establecido, indicando que los reactivos empleados no interfieren en el valor resultante.

Tabla 5.11. Lecturas de blancos en los análisis de hierro.

Blancos	Lote de muestras	Absorbancia	Concentración práctica de hierro (mg/L)	Límite cuantificación (mg/L)	Criterio de aceptación o rechazo
BCI	Carne	0.0011	0.019	0.0743	ACEPTA
	Carne	0.0009	0.018	0.0743	ACEPTA
	Vísceras	0.0004	0.013	0.0743	ACEPTA
	Vísceras	0.0003	0.012	0.0743	ACEPTA
BCC	Carne	0.0012	0.020	0.0743	ACEPTA
	Carne	0.0015	0.023	0.0743	ACEPTA
	Vísceras	0.0015	0.023	0.0743	ACEPTA
	Vísceras	0.0009	0.018	0.0743	ACEPTA
BM	Carne	0.0016	0.024	0.0743	ACEPTA
	Carne	0.0017	0.025	0.0743	ACEPTA
	Vísceras	0.0017	0.025	0.0743	ACEPTA
	Vísceras	0.0019	0.027	0.0743	ACEPTA

Tabla 5.12. Lecturas de blancos en los análisis de zinc.

Blancos	Lote de muestras	Absorbancia	Concentración práctica de zinc (mg/L)	Límite cuantificación (mg/L)	Criterio de aceptación o rechazo
BCI	Carne	0.0002	0.004	0.0273	ACEPTA
	Carne	0.0002	0.004	0.0273	ACEPTA
	Vísceras	0.0002	0.004	0.0273	ACEPTA
	Vísceras	0.0001	0.003	0.0273	ACEPTA
BCC	Carne	0.0002	0.004	0.0273	ACEPTA
	Carne	0.0003	0.006	0.0273	ACEPTA
	Vísceras	0.0003	0.006	0.0273	ACEPTA
	Vísceras	0.0003	0.006	0.0273	ACEPTA
BM	Carne	0.0011	0.020	0.0273	ACEPTA
	Carne	0.0008	0.008	0.0273	ACEPTA
	Vísceras	0.0006	0.001	0.0273	ACEPTA
	Vísceras	0.0007	0.001	0.0273	ACEPTA

En el caso de las muestras control (LCS), se empleó el material de referencia certificado marca RTC (Anexo 4), se realizó una lectura por cada camada y se encontraron valores dentro del rango especificado en el certificado del producto, indicado por las líneas entrecortadas claras en las Figuras 5.3 y 5.4, dentro del 10% máximo de desviación establecido como aceptable en el Procedimiento de Aseguramiento de la Calidad indicado por las líneas entrecortadas oscuras en las mismas figuras.

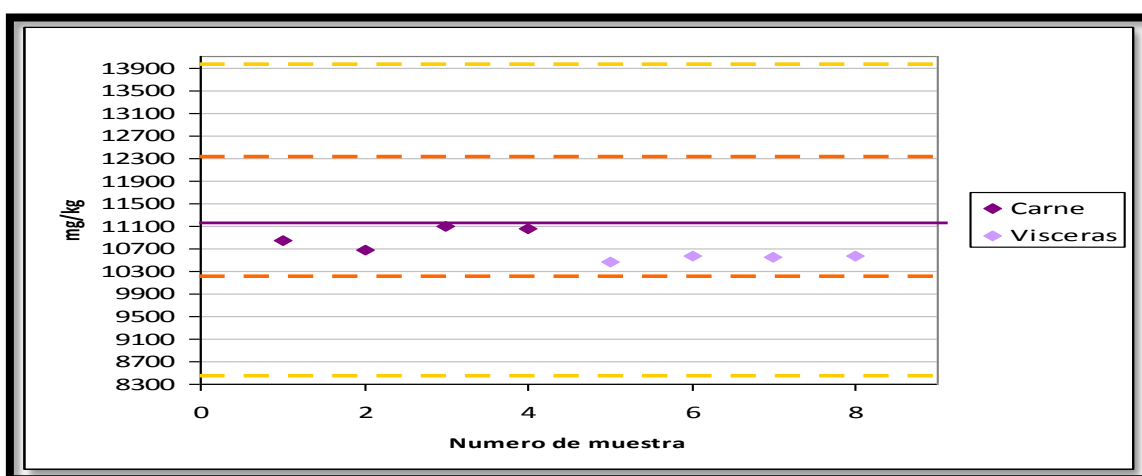


Figura 5.3. Carta de control del material de referencia certificado para el parámetro hierro.

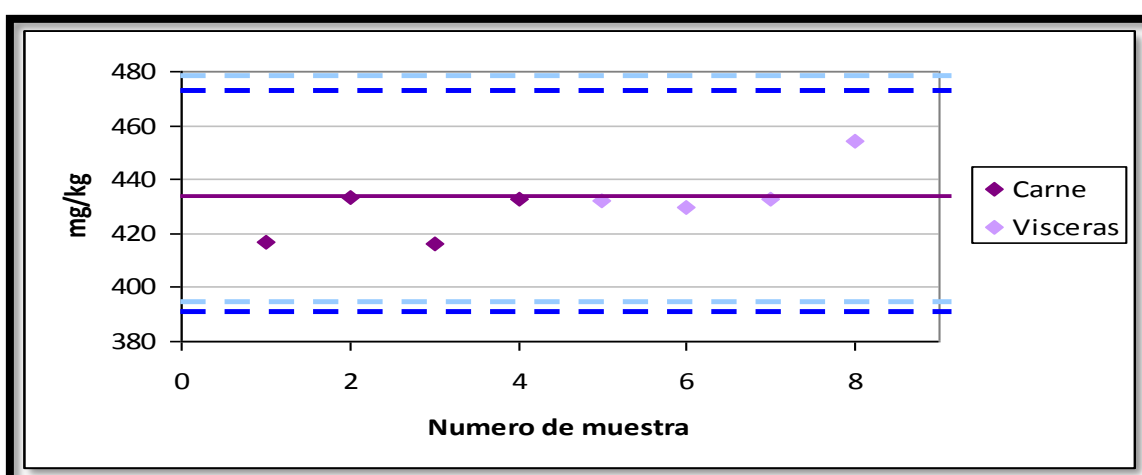


Figura 5.4. Carta de control del material de referencia certificado para el parámetro zinc.

En la Tabla 5.13 se muestra el valor certificado para cada mineral, el mismo que se indica por la línea continua en las Figuras 5.3 y 5.4, se especifican además los valores de desviación aceptables equivalentes a $\pm 10\%$ del valor certificado.

Tabla 5.13. Valores límite para el material certificado de referencia.

Valor	Hierro (mg/kg)	Zinc (mg/kg)
Certificado	11191.9	435.5
Mínimo 10%	10072.7	391.9
Máximo 10%	12311.1	479.0

Los duplicados de cada camada, si bien no se encuentran como un parámetro establecido en el Procedimiento de Aseguramiento de la Calidad, fueron analizados a fin de comprobar la precisión del método ensayado. Entre los valores se encontraron diferencias relativas inferiores al 2.5%, afianzando la confiabilidad de los resultados de la cuantificación de hierro y zinc de las muestras analizadas. Los resultados de hierro se muestran en las Tablas 5.14 y 5.15, mientras que los de zinc en las Tablas 5.16 y 5.17.

Tabla 5.14. Contenido de hierro en carne.

Código	Ensayo 1 (mg/100 g)	Ensayo 2 (mg/100 g)	Porcentaje de error
A 1-1c	1.946	1.953	0.36
A 2-4c	1.969	1.971	0.12
B 1-5c	2.359	2.389	1.26
B 2-6c	2.277	2.33	2.34

Tabla 5.15. Contenido de hierro en vísceras (intestinos grueso y delgado).

Código	Ensayo 1 (mg/100 g)	Ensayo 2 (mg/100 g)	Porcentaje de error
A 1-4v	0.307	0.307	0.04
A 2-5v	0.314	0.315	0.18
B 1-1v	0.409	0.408	0.08
B 2-1v	0.419	0.420	0.13

Tabla 5.16. Contenido de zinc en carne.

Código	Ensayo 1 (mg/100 g)	Ensayo 2 (mg/100 g)	Porcentaje de error
A 1-5c	1.515	1.551	2.37
A 2-7c	1.489	1.474	1.02
B 1-1c	1.833	1.863	1.59
B 2-6c	1.821	1.829	0.41

Tabla 5.17. Contenido de zinc en vísceras (intestinos grueso y delgado).

Código	Ensayo 1 (mg/100 g)	Ensayo 2 (mg/100 g)	Porcentaje de error
A 1-7v	0.307	0.298	2.91
A 2-5v	0.304	0.302	0.45
B 1-1v	0.412	0.413	0.11
B 2-1v	0.419	0.419	0.05

5.5 CUANTIFICACIÓN DE HIERRO Y ZINC EN CARNE Y VÍSCERAS DE CUY

5.5.1 CARNE DE CUY

Contenido de hierro:

Se procedió a cuantificar los minerales en las muestras, el contenido promedio de hierro para cuyes alimentados con alfalfa es de 1.99 mg/100 g, la desviación estándar es baja, 0.3, (Tabla 5.18). Los datos de la Tabla 5.19, se refieren al contenido de hierro en carne de cuy con alimentación mixta, el valor promedio es de 2,35 mg/ 100 g. Como se observa en las tablas anteriores el contenido de hierro en carne de cuyes que recibieron alimentación mixta es más alta (2.35 mg/100 g) comparada con la de aquellos alimentados con alfalfa (1.99 mg/100 g), la dispersión de los datos obtenidos en los cuyes con alimentación mixta es mayor, 0.55, respecto a los alimentados con alfalfa, 0.3.

Tabla 5.18. Contenido de hierro en carne de cuyes alimentados con alfalfa.

Numero de muestra	Código	Absorbancia media	Peso de la muestra (g)	Concentración (mg/100 g)
1	A 1-1c	0.0114	0.1356	1.95
2	A 1-2c	0.0116	0.1359	1.98
3	A 1-3c	0.0132	0.1529	2.00
4	A 1-4c	0.0129	0.1485	2.01
5	A 1-5c	0.0123	0.1405	2.03
6	A 1-6c	0.0135	0.1542	2.03
7	A 1-7c	0.0129	0.1444	2.07
8	A 2-1c	0.0130	0.1520	1.98
9	A 2-2c	0.0131	0.1535	1.98
10	A 2-3c	0.0115	0.1344	1.98
11	A 2-4c	0.0121	0.1422	1.97
12	A 2-5c	0.0133	0.1560	1.97
13	A 2-6c	0.0132	0.1529	2.00
14	A 2-7c	0.0134	0.1541	2.01
PROMEDIO				1.99
DESVIACIÓN ESTÁNDAR				0.3

Tabla 5.19. Contenido de hierro en carne de cuyes con alimentación mixta.

Numero de muestra	Código	Absorbancia media	Peso de la muestra (g)	Concentración (mg/100 g)
15	B 1-1c	0.0180	0.1743	2.39
16	B 1-2c	0.0178	0.1749	2.36
17	B 1-3c	0.0179	0.1768	2.34
18	B 1-4c	0.0181	0.1721	2.43
19	B 1-5c	0.0179	0.1756	2.36
20	B 1-6c	0.0183	0.1853	2.29
21	B 1-7c	0.0184	0.1757	2.42
22	B 2-1c	0.0182	0.1756	2.40
23	B 2-2c	0.0181	0.1810	2.32
24	B 2-3c	0.0181	0.1846	2.27
25	B 2-4c	0.0182	0.1746	2.41
26	B 2-5c	0.0179	0.1798	2.30
27	B 2-6c	0.0179	0.1820	2.28
28	B 2-7c	0.0180	0.1729	2.41
PROMEDIO				2.35
DESVIACIÓN ESTÁNDAR				0.55

Contenido de zinc:

Las Tablas 5.20 y 5.21 muestran el contenido de zinc en carne en los dos sistemas de alimentación.

La primera, contiene los valores de zinc en carne de cuyes, de las dos camadas analizadas, alimentados con alfalfa, el contenido promedio es 1.53 mg/100 g y la dispersión de los resultados es de 0.3.

En la segunda se observan los valores de zinc en carne en el caso de cuyes que recibieron alimentación mixta, el contenido promedio es de 1.85 mg/100 g y la dispersión se mantiene como en la tabla anterior en 0.3. Al igual que en el hierro, el contenido de zinc es más alto en la carne de cuyes que recibieron alimentación mixta comparada con la de cuyes alimentados con alfalfa.

Tabla 5.20. Contenido de zinc en carne de cuyes alimentados con alfalfa.

Numero de muestra	Código	Absorbancia media	Peso de la muestra (g)	Concentración (mg/100 g)
1	A 1-1c	0.0400	0.1356	1.52
2	A 1-2c	0.0391	0.1359	1.48
3	A 1-3c	0.0451	0.1529	1.52
4	A 1-4c	0.0445	0.1485	1.54
5	A 1-5c	0.0413	0.1405	1.52
6	A 1-6c	0.0453	0.1542	1.51
7	A 1-7c	0.0439	0.1444	1.57
8	A 2-1c	0.0451	0.1520	1.53
9	A 2-2c	0.0456	0.1535	1.53
10	A 2-3c	0.0405	0.1344	1.55
11	A 2-4c	0.0435	0.1422	1.58
12	A 2-5c	0.0459	0.1560	1.52
13	A 2-6c	0.0451	0.1529	1.52
14	A 2-7c	0.0445	0.1541	1.49
PROMEDIO				1.53
DESVIACIÓN ESTÁNDAR				0.3

Tabla 5.21. Contenido de zinc en carne de cuyes que recibieron alimentación mixta.

Numero de muestra	Código	Absorbancia media	Peso de la muestra (g)	Concentración (mg/100 g)
15	B 1-1	0.0620	0.1743	1.83
16	B 1-2	0.0632	0.1749	1.86
17	B 1-3	0.0650	0.1768	1.90
18	B 1-4	0.0622	0.1721	1.86
19	B 1-5	0.0629	0.1756	1.85
20	B 1-6	0.0680	0.1853	1.89
21	B 1-7	0.0637	0.1757	1.87
22	B 2-1	0.0629	0.1756	1.85
23	B 2-2	0.0633	0.1810	1.80
24	B 2-3	0.0654	0.1846	1.83
25	B 2-4	0.0641	0.1746	1.89
26	B 2-5	0.0636	0.1798	1.82
27	B 2-6	0.0643	0.1820	1.82
28	B 2-7	0.0634	0.1729	1.89
PROMEDIO				1.84
DESVIACIÓN ESTÁNDAR				0.4

Las Tablas 5.22 y 5.23, resumen el contenido de hierro y zinc en carne de cuyes alimentados con alfalfa y alimentación mixta, respectivamente.

Del análisis de los valores obtenidos en las dos camadas, el contenido de hierro y zinces mayor en la primera camada.

Tabla 5.22. Contenido de hierro y zinc en carne de cuyes alimentados con alfalfa.

Código	Hierro (mg/100 g)	Zinc (mg/100 g)
A 1-1c	1.95	1.52
A 1-2c	1.98	1.48
A 1-3c	2.00	1.52
A 1-4c	2.01	1.54
A 1-5c	2.03	1.52
A 1-6c	2.03	1.51
A 1-7c	2.07	1.57
PROMEDIO	2.01	1.52
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.4	0.3
A 2-1c	1.98	1.53
A 2-2c	1.98	1.53
A 2-3c	1.98	1.55
A 2-4c	1.97	1.58
A 2-5c	1.97	1.52
A 2-6c	2.00	1.52
A 2-7c	2.01	1.49
PROMEDIO	1.98	1.53
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.2	0.3

Tabla 5.23. Contenido de hierro y zinc en carne de cuyes con alimentación mixta.

Código	Hierro (mg/100 g)	Zinc (mg/100 g)
B 1-1c	2.39	1.83
B 1-2c	2.36	1.86
B 1-3c	2.34	1.90
B 1-4c	2.43	1.86
B 1-5c	2.36	1.85
B 1-6c	2.29	1.89
B 1-7c	2.42	1.87
PROMEDIO	2.37	1.87
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.5	0.2
B 2-1c	2.40	1.85
B 2-2c	2.32	1.80
B 2-3c	2.27	1.83
B 2-4c	2.41	1.89
B 2-5c	2.30	1.82
B 2-6c	2.28	1.82
B 2-7c	2.41	1.89
PROMEDIO	2.34	1.84
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.6	0.4

5.5.2 VÍSCERAS DE CUY

En el presente estudio se analizaron los intestinos grueso y delgado a los que denominamos “vísceras”.

De manera similar a los resultados anteriores, en las vísceras se observa que las lecturas de los dos minerales (Tablas 5.24. y 5.25) se encuentran dentro del rango de trabajo.

Contenido de hierro:

En vísceras de cuyes alimentados con alfalfa, el contenido de hierro es de 0.31 mg/100 g, los valores no presentan una dispersión marcada, desviación estándar 0.05, (Tabla 5.24).

El contenido de hierro en vísceras de cuy con el sistema de alimentación mixta, es 0.41 mg/100 g, la desviación estándar es 0.01. (Tabla 5.25).

El contenido de hierro es más alto en cuyes que recibieron alimentación mixta.

Tabla 5.24. Contenido de hierro en vísceras de cuyes alimentados con alfalfa

Numero de muestra	Código	Absorbancia media	Peso de la muestra (g)	Concentración (mg/100 g)
1	A 1-1v	0.0184	1.3737	0.31
2	A 1-2v	0.0179	1.3719	0.30
3	A 1-3v	0.0177	1.3382	0.31
4	A 1-4v	0.0181	1.3636	0.31
5	A 1-5v	0.0182	1.3848	0.30
6	A 1-6v	0.0180	1.3412	0.31
7	A 1-7v	0.0179	1.3504	0.31
8	A 2-1v	0.0183	1.3723	0.31
9	A 2-2v	0.0184	1.4136	0.30
10	A 2-3v	0.0185	1.3996	0.31
11	A 2-4v	0.0181	1.3407	0.31
12	A 2-5v	0.0184	1.3555	0.31
13	A 2-6v	0.0186	1.4208	0.30
14	A 2-7v	0.0183	1.3634	0.31
PROMEDIO				0.31
DESVIACIÓN ESTÁNDAR				0.05

Tabla 5.25. Contenido de hierro en vísceras de cuyes con alimentación mixta.

Numero de muestra	Código	Absorbancia media	Peso de la muestra (g)	Concentración (mg/100 g)
15	B 1-1v	0.0265	1.5005	0.41
16	B 1-2v	0.0271	1.5247	0.41
17	B 1-3v	0.0261	1.4790	0.41
18	B 1-4v	0.0268	1.4890	0.42
19	B 1-5v	0.0269	1.4892	0.42
20	B 1-6v	0.0261	1.4596	0.41
21	B 1-7v	0.0272	1.5192	0.41
22	B 2-1v	0.0265	1.4611	0.42
23	B 2-2v	0.0261	1.4601	0.41
24	B 2-3v	0.0257	1.4491	0.41
25	B 2-4v	0.0251	1.4398	0.40
26	B 2-5v	0.0262	1.5080	0.40
27	B 2-6v	0.0263	1.5041	0.40
28	B 2-7v	0.0266	1.5104	0.41
PROMEDIO				0.41
DESVIACIÓN ESTÁNDAR				0.01

Contenido de zinc:

El contenido de zinc en vísceras para cada sistema de alimentación, en las dos primeras camadas analizadas se muestran en las Tablas 5.26 y 5.27.

El contenido promedio de zinc en vísceras de cuyes alimentados con alfalfa es de 0.30 mg/100 g y en el caso de alimentación mixta es 0.41mg/100 g, no existe diferencia entre camadas.

Un resumen del contenido de hierro y zinc en vísceras de cuyes alimentados con los dos tipos de alimentación utilizados en el ensayo se presentan en las Tablas 5.28 y 5.29. valores más altos de hierro y zinc se observan en cuyes que recibieron alimentación mixta.

Tabla 5.26. Contenido de zinc en vísceras de cuyes alimentados con alfalfa.

Numero de muestra	Código	Absorbancia media	Peso de la muestra (g)	Concentración (mg/100 g)
1	A 1-1v	0.0800	1.3737	0.30
2	A 1-2v	0.0795	1.3719	0.30
3	A 1-3v	0.0803	1.3382	0.31
4	A 1-4v	0.0801	1.3636	0.30
5	A 1-5v	0.0804	1.3848	0.30
6	A 1-6v	0.0803	1.3412	0.31
7	A 1-7v	0.0803	1.3504	0.31
8	A 2-1v	0.0804	1.3723	0.30
9	A 2-2v	0.0822	1.4136	0.30
10	A 2-3v	0.0809	1.3996	0.30
11	A 2-4v	0.0804	1.3407	0.31
12	A 2-5v	0.0799	1.3555	0.30
13	A 2-6v	0.0826	1.4208	0.30
14	A 2-7v	0.0803	1.3634	0.30
PROMEDIO				0.30
DESVIACIÓN ESTÁNDAR				0.04

Tabla 5.27. Contenido de zinc en vísceras de cuyes con alimentación mixta.

Numero de muestra	Código	Absorbancia media	Peso de la muestra (g)	Concentración (mg/100 g)
15	B 1-1v	0.1200	1.5005	0.41
16	B 1-2v	0.1204	1.5247	0.41
17	B 1-3v	0.1187	1.4790	0.41
18	B 1-4v	0.1179	1.4890	0.41
19	B 1-5v	0.1182	1.4892	0.41
20	B 1-6v	0.1185	1.4596	0.42
21	B 1-7v	0.1191	1.5192	0.40
22	B 2-1v	0.1187	1.4611	0.42
23	B 2-2v	0.1175	1.4601	0.41
24	B 2-3v	0.1169	1.4491	0.42
25	B 2-4v	0.1145	1.4398	0.41
26	B 2-5v	0.1167	1.5080	0.40
27	B 2-6v	0.1195	1.5041	0.41
28	B 2-7v	0.1199	1.5104	0.41
PROMEDIO				0.41
DESVIACIÓN ESTÁNDAR				0.07

Tabla 5.28. Contenido de hierro y zinc en vísceras de cuyes alimentados con alfalfa.

Código	Hierro (mg/100 g)	Zinc (mg/100 g)
A 1-1v	0.31	0.30
A 1-2v	0.30	0.30
A 1-3v	0.31	0.31
A 1-4v	0.31	0.30
A 1-5v	0.30	0.30
A 1-6v	0.31	0.31
A 1-7v	0.31	0.31
PROMEDIO	0.31	0.30
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.05	0.05
A 2-1v	0.31	0.30
A 2-2v	0.30	0.30
A 2-3v	0.31	0.30
A 2-4v	0.31	0.31
A 2-5v	0.31	0.30
A 2-6v	0.30	0.30
A 2-7v	0.31	0.30
PROMEDIO	0.31	0.30
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.05	0.04

Tabla 5.29. Contenido de hierro y zinc en vísceras de cuyes con alimentación mixta.

Código	Hierro (mg/100 g)	Zinc (mg/100 g)
B 1-1v	0.41	0.41
B 1-2v	0.41	0.41
B 1-3v	0.41	0.41
B 1-4v	0.42	0.41
B 1-5v	0.42	0.41
B 1-6v	0.41	0.42
B 1-7v	0.41	0.40
PROMEDIO	0.41	0.40
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.05	0.06
B 2-1v	0.42	0.42
B 2-2v	0.41	0.41
B 2-3v	0.41	0.42
B 2-4v	0.40	0.41
B 2-5v	0.40	0.40
B 2-6v	0.40	0.41
B 2-7v	0.41	0.41
PROMEDIO	0.41	0.40
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.08	0.07

5.5.3 RESUMEN DEL CONTENIDO DE HIERRO Y ZINC EN CARNE Y VÍSCERAS DE CUY SEGÚN EL TIPO DE ALIMENTACIÓN

La Tabla 5.30., presenta el resumen total del contenido de los dos minerales analizados en carne y vísceras.

Tabla 5.30. Contenido promedio de hierro y zinc en carne y vísceras de cuy según el tipo de alimentación.

Alimentación	Hierro en carne (mg/100 g)	Hierro en vísceras (mg/100 g)	Zinc en carne (mg/100 g)	Zinc en vísceras (mg/100 g)
Alfalfa (primera camada)	2.01	0.31	1.52	0.30
Alfalfa (segunda camada)	1.98	0.31	1.53	0.30
Mixta (primera camada)	2.37	0.41	1.87	0.40
Mixta (segunda camada)	2.34	0.41	1.84	0.40

En las Figuras 5.5 y 5.6., se aprecia el incremento causado por el concentrado de pescado en el contenido de hierro y zinc.

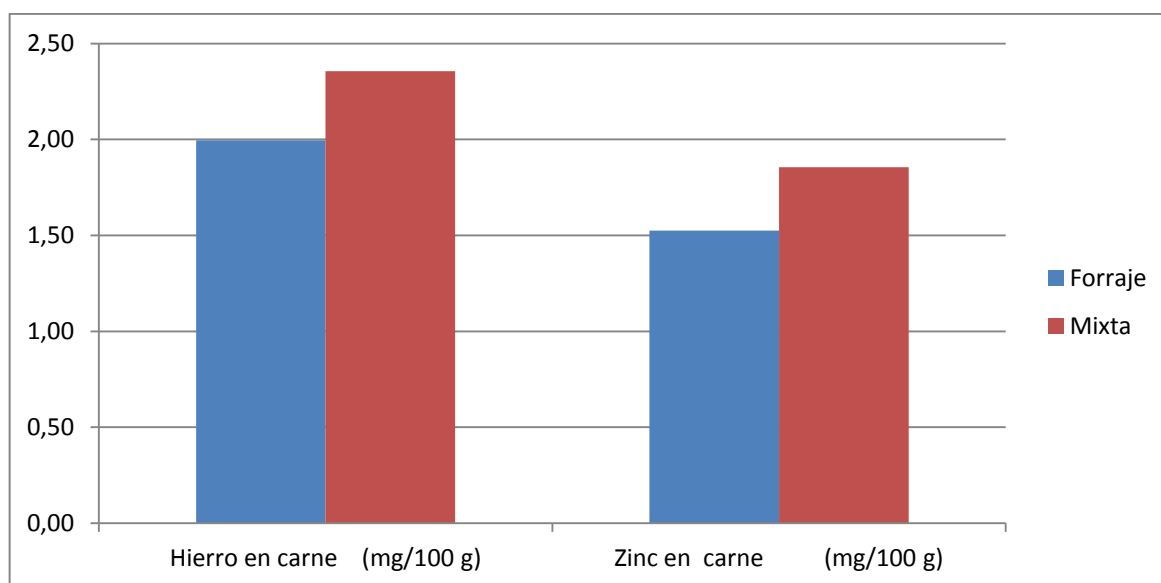


Figura 5.5. Contenido de hierro y zinc en carne de cuy según la alimentación proporcionada al animal

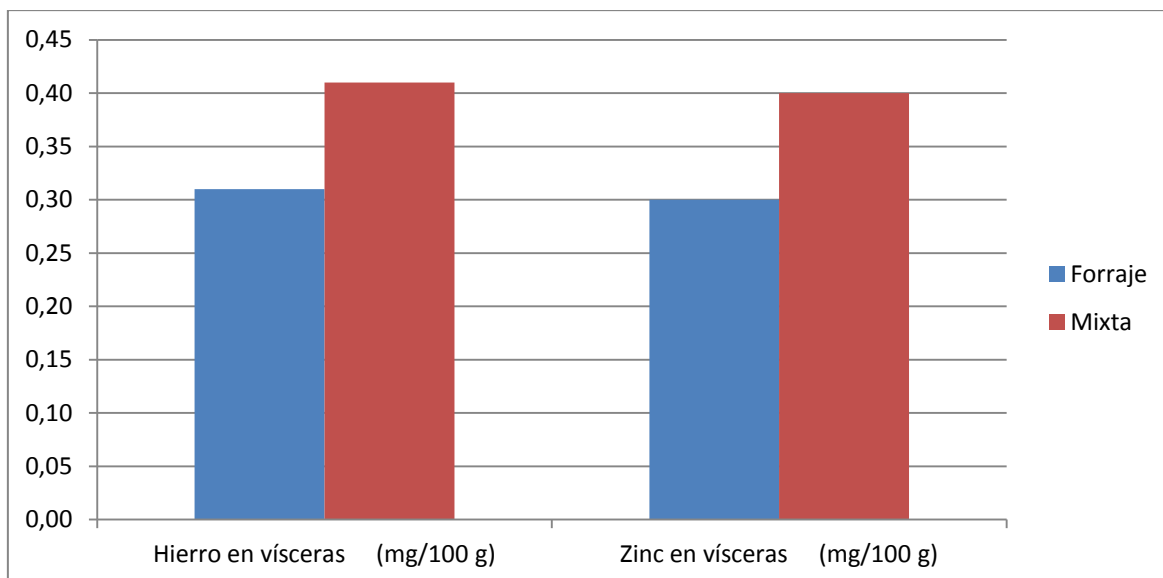


Figura 5.6. Contenido de hierro y zinc en vísceras de cuy según la alimentación proporcionada al animal

Si se comparan los dos sistemas de alimentación se observa que existe un incremento del contenido de minerales del 30% en las vísceras y del 15% en la carne de cuy.

Es un hecho conocido que las vísceras animales tienden a acumular mayor contenido de minerales por lo que se recomienda su consumo en el caso de anemia ferropénica especialmente. Si bien el contenido en mg/ 100 g es menor el porcentaje de acumulación es alto.

5.5.4 CÁLCULO DE LA PRUEBA t

5.5.4.1 PRUEBA t

Para aplicar esta prueba se relacionan los valores correspondientes al peso, edad, humedad con el tipo de alimentación y camadas, para conocer si pertenecen a una misma población o no.

Los grados de libertad se obtienen del tamaño de las dos muestras ($N_1 + N_2 - 2$), con un 95% de confianza representado en la tabla con la probabilidad (p) 0.05. Si el valor calculado de t excede a 2.18 indica que se trata de poblaciones diferentes y si es menor pertenecen a las mismas poblaciones.

Tabla 5.31. Valores críticos de t .

Grados de libertad	Probabilidad (p)			
	0.1	0.05	0.01	0.001
1	6.31	12.71	63.66	636.62
2	2.92	4.3	9.93	31.6
3	2.35	3.18	5.84	12.92
4	2.13	2.78	4.6	8.61
5	2.02	2.57	4.03	6.87
6	1.94	2.45	3.71	5.96
7	1.89	2.37	3.5	5.41
8	1.86	2.31	3.36	5.04
9	1.83	2.26	3.25	4.78
10	1.81	2.23	3.17	4.59
11	1.8	2.2	3.11	4.44
12	1.78	2.18	3.06	4.32
13	1.77	2.16	3.01	4.22
14	1.76	2.15	2.98	4.14

Tabla 5.32. Resultados de los parámetros analizados.

Número de muestra	Código	Tipo de Camada	Peso (g)	Edad (días)	Humedad (%)	Concentración de hierro carne (mg/Kg)	Concentración de zinc carne (mg/Kg)	Concentración de hierro vísceras (mg/Kg)	Concentración de zinc vísceras (mg/Kg)
1	A 1-1	PRIMERA	850.1	35.0	72.6	19.5	15.2	3.1	3.0
2	A 1-2		850.3	35.0	72.7	19.8	14.8	3.0	3.0
3	A 1-3		850.0	37.0	69.5	20.0	15.2	3.1	3.1
4	A 1-4		850.1	36.0	70.5	20.1	15.4	3.1	3.0
5	A 1-5		850.2	35.0	72.1	20.3	15.2	3.0	3.0
6	A 1-6		850.2	35.0	69.2	20.3	15.1	3.1	3.1
7	A 1-7		850.2	37.0	71.1	20.7	15.7	3.1	3.1
8	A 2-1	SEGUNDA	848.3	37.0	69.8	19.8	15.3	3.1	3.0
9	A 2-2		849.3	36.0	69.4	19.8	15.3	3.0	3.0
10	A 2-3		850.9	35.0	73.2	19.8	15.5	3.1	3.0
11	A 2-4		849.6	36.0	71.6	19.7	15.8	3.1	3.1
12	A 2-5		849.2	36.0	69.1	19.7	15.2	3.1	3.0
13	A 2-6		849.1	35.0	69.4	20.0	15.2	3.0	3.0
14	A 2-7		850.3	37.0	69.1	20.1	14.9	3.1	3.0
15	B 1-1	PRIMERA	850.2	28.0	65.1	23.9	18.3	4.1	4.1
16	B 1-2		849.5	27.0	64.9	23.6	18.6	4.1	4.1
17	B 1-3		849.3	28.0	64.8	23.4	19.0	4.1	4.1
18	B 1-4		849.9	27.0	65.6	24.3	18.6	4.2	4.1
19	B 1-5		850.5	28.0	65.0	23.6	18.5	4.2	4.1
20	B 1-6		849.1	29.0	63.0	22.9	18.9	4.1	4.2
21	B 1-7		850.2	28.0	64.9	24.2	18.7	4.1	4.0
22	B 2-1	SEGUNDA	848.2	28.0	64.8	24.0	18.5	4.2	4.2
23	B 2-2		849.5	27.0	63.9	23.2	18.0	4.1	4.1
24	B 2-3		847.9	26.0	63.1	22.7	18.3	4.1	4.2
25	B 2-4		852.1	27.0	65.3	24.1	18.9	4.0	4.1
26	B 2-5		850.3	28.0	64.1	23.0	18.2	4.0	4.0
27	B 2-6		852.1	27.0	63.6	22.8	18.2	4.0	4.1
28	B 2-7		848.7	29.0	65.4	24.1	18.9	4.1	4.1

Tabla 5.33. Aplicación de la prueba *t* al parámetro Edad.

Comparación entre camadas y tipo de alimentación	Edad		
	F calculado	F tabulada	Criterio <i>t</i>
A1* y A2	0.49	2.18	Sin diferencia
B1** y B2	3.17	2.18	Con diferencia
A1 y B1	39.34	2.18	Con diferencia
A1 y B2	38.99	2.18	Con diferencia
A2 y B1	47.75	2.18	Con diferencia
A2 y B2	40.92	2.18	Con diferencia

Aplicando el Criterio *t*, al parámetro edad se observa que los cuyestipo(A) pertenecen a una misma población mientras que los (B) a distintas poblaciones. Al comparar los tipos de alimentación y las camadas corresponden a poblaciones diferentes.

Tabla 5.34. Aplicación de la prueba *t* al parámetro Humedad

Comparación entre camadas y tipo de alimentación	Humedad		
	F calculado	F tabulada	Criterio <i>t</i>
A1* y A2	2.17	2.18	Sin diferencia
B1** y B2	2.64	2.18	Con diferencia
A1 y B1	27.11	2.18	Con diferencia
A1 y B2	29.03	2.18	Con diferencia
A2 y B1	23.89	2.18	Con diferencia
A2 y B2	25.81	2.18	Con diferencia

El Criterio *t* confirma las expectativas que se tenían del ensayo, excepto el criterio obtenido con los animales del tipo B, no pertenecen a la misma población.

Tabla 5.35. Aplicación de la prueba *t* al parámetro Concentración de hierro en carne

Comparación entre camadas y tipo de alimentación	Concentración de hierro en carne		
	F calculado	F tabulada	Criterio <i>t</i>
A1* y A2	0.26	2.18	Sin diferencia
B1** y B2	0.18	2.18	Sin diferencia
A1 y B1	2.48	2.18	Con diferencia
A1 y B2	2.10	2.18	Sin diferencia
A2 y B1	3.14	2.18	Con diferencia
A2 y B2	2.61	2.18	Con diferencia

El Criterio *t* responde a las expectativas del estudio realizado, excepto en el ensayo A1 y B2, las muestras analizadas corresponden a la misma población.

Tabla 5.36. Aplicación de la prueba *t* al parámetro Concentración de zinc en carne

Comparación entre camadas y tipo de alimentación	Concentración de zinc en carne		
	F calculado	F tabulada	Criterio <i>t</i>
A1* y A2	0.17	2.18	Sin diferencia
B1** y B2	0.25	2.18	Sin diferencia
A1 y B1	3.13	2.18	Con diferencia
A1 y B2	2.59	2.18	Con diferencia
A2 y B1	2.95	2.18	Con diferencia
A2 y B2	2.42	2.18	Con diferencia

El Criterio *t* confirma que los dos tipos de alimentación reportan diferentes valores del contenido de zinc.

Tabla 5.37. Aplicación de la prueba t al parámetro Concentración de hierro en vísceras

Comparación entre camadas y tipo de alimentación	Concentración de hierro en vísceras		
	F calculado	F tabulada	Criterio t
A1* y A2	0.21	2.18	Sin diferencia
B1** y B2	0.00	2.18	Sin diferencia
A1 y B1	2.26	2.18	Con diferencia
A1 y B2	2.00	2.18	Sin diferencia
A2 y B1	2.05	2.18	Sin diferencia
A2 y B2	1.82	2.18	Sin diferencia

Según el Criterio t , las poblaciones analizadas no son distintas a excepción de A1 y B1.

Tabla 5.38. Aplicación de la prueba t al parámetro Concentración de zinc en vísceras

Comparación entre camadas y tipo de alimentación	Concentración de zinc en vísceras		
	F calculado	F tabulada	Criterio t
A1* y A2	0.00	2.18	Sin diferencia
B1** y B2	0.00	2.18	Sin diferencia
A1 y B1	2.12	2.18	Sin diferencia
A1 y B2	2.02	2.18	Sin diferencia
A2 y B1	2.28	2.18	Con diferencia
A2 y B2	2.16	2.18	Sin diferencia

De acuerdo a los valores de la tabla la respuesta en los casos comparados pertenecen a la misma población excepto el ensayo A2 y B1. El contenido de zinc en vísceras no depende del tipo de alimentación.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La edad para el faenamiento de los cuyes alimentados con forraje (alfalfa) fue de 36 días, mientras que los que fueron alimentados con concentrado de pescado el tiempo promedio fue de 27.5, éstos últimos alcanzaron más rápidamente el peso sugerido para los ensayos, por lo tanto la alimentación mixta brinda mayores beneficios económicos en la producción de cuyes debido a que logra disminuir el tiempo de manutención del animal, como se aprecian en las Tablas 5.1 y 5.2.[32].
- Si se analiza la producción anual, se esperarían tener 13 camadas con alimentación mixta y con alfalfa se tendrían únicamente 10, por lo tanto el negocio utilizando alimentación mixta sería rentable económicamente.
- El contenido de agua en carne de aquellos animales que recibieron alimentación mixta es menor (64.5%) con respecto a la carne de los cuyes alimentados con alfalfa (70.8%), posiblemente esta diferencia se produzca por cuanto las materias primas empleadas para la preparación del concentrado de pescado deben tener una cantidad baja y controlada de agua (menor al 13%) para evitar la descomposición del material por efecto de bacterias y hongos [28].
- El contenido de hierro en carne de cuyes que recibieron alimentación mixta es 2.35mg/100 g, ligeramente más alto que el encontrado en la carne de cuyes con

alimentación tradicional, alfalfa 2.00 mg /100 g. Como se observa en las tablas 5.18 y 5.19.[33].

- El contenido de hierro obtenido experimentalmente, 2.0 mg /100 g es muy similar a los datos que reportan las referencias bibliográficas, 1.9 mg /100 g, dato reportado por el boletín Ciudadanos al día, CAD número 31[34].
- El contenido de hierro en vísceras es de 3.1 y 4.1 mg /100 g, el valor más alto corresponde a los cuyes que recibieron alimentación mixta, sin embargo las referencias bibliográficas reportan valores más altos debido a que las vísceras incluyen hígado, corazón entre otros.
- El contenido de zinc en carne y vísceras es mayor en los cuyes que recibieron concentrado, 4.1 mg /100 g en los dos casos.
- Dado que la carne de cuy se destina con fines alimenticios, es evidente que la alimentación con concentrado de pescado permitirá proveer a la población que ingiera este producto animal una mayor cantidad de minerales favoreciendo la disminución de la deficiencia de éstos y por ende, el mejoramiento de la calidad de vida de los consumidores.
- Si se toma como referencia el peso de un cuy preparado con fines alimenticios (400 g) en una sola comida se aportaría una dosis de 9.4y7.4 mg de hierro y zinc respectivamente. Al comparar con las dosis mínimas recomendadas para hierro (hombres 9 mg/día, mujeres en edad reproductiva 16-20 mg/día) y zinc (hombres 12 y mujeres 15 mg/día), se tiene un aporte de aproximadamente la mitad de la dosis mínima diaria.

- Al alimentar a los cobayos con una mezcla concentrado de pescado-forraje se logra una mayor absorción de nutrientes minerales gracias al mayor contenido de éstos en el alimento y al complemento entre las formas minerales presentes en el reino animal y vegetal que aumentan la biodisponibilidad de los minerales.
- La espectrofotometría de absorción atómica es una técnica que nos permite obtener datos confiables en un espacio de tiempo relativamente corto y a un costo moderado.
- Se asume que el contenido de minerales en los peces y sus sub-productos es mucho mayor respecto al de las plantas. Además las formas de hierro que contienen son de mayor biodisponibilidad que aquellas que se presentan en el reino vegetal (Fe-No Hem). Siendo este factor determinante para su absorción.

6.2 RECOMENDACIONES

- Debido al contenido de hierro en carne de cuy se debería consumir carne de cuy con la finalidad de mejorar la alimentación y elevar el nivel de hierro. Por referencias bibliográficas la carne de cuy tiene mayor cantidad de hierro (1.9 mg en 100 gr) que la de cerdo (1.3 mg) y la de gallina (0.8 mg) o pollo (1.5 mg)[30].
- Se sugiere realizar un estudio comparativo del contenido de hierro en otros tipos de carnes de uso habitual de la población como es la de cerdo y pollo para conocer los valores reales de este mineral.

- Se recomienda utilizar el concentrado de pescado para la producción de cuyes porque el tiempo de manutención del animal es menor y la carne que producen es de mejor calidad, el contenido de hierro y zinc es más alto.
- Desde el punto de vista económico la crianza intensiva de cuyes puede ser una fuente de ingresos económicos familiares, si se dispone de un espacio apropiado se puede construir un pequeño galpón para alojar unas 5 ó 6 pozas de empadre con sus respectivas pozas de recría, además la alimentación mixta se la puede conseguir durante todo el año lo que no sucede con la alfalfa que en épocas de verano desaparece o el precio es elevado.
- Sería conveniente realizar un estudio en el que se incluyan diferentes tipos de alimentación mixta a fin de comprobar que el suministro de formas de hierro presentes en vegetales con aquellas presentes en cárnicos. aumentan la absorción del mineral respecto a los suministros individuales.
- Ampliar el estudio considerando un mayor número de generaciones de cobayos a fin de establecer si estos organismos se adaptan al consumo de minerales y su absorción se incrementa.
- Realizar un estudio complementario en el área de salud pública para determinar la incidencia del consumo de la carne de cobayo en la disminución de la deficiencia de hierro y zinc.
- El aseguramiento de la calidad de los resultados es crítico al momento de presentar datos en un estudio. por lo que se recomienda establecer correctamente los parámetros al momento de realizar el diseño experimental.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mejía, L., Escobar, J. (2006). *Fortificación de un producto cárnico en Industrias Alimenticias REX S.A.*, Revista Vector, pp. 57 – 62.
2. Forstadt, M. (2008). History of the Guinea Pig (*Caviaporcellus*) in South America, <http://cavyhistory.tripod.com/>, 25 de abril de 2011.
3. Castro, H. (2002). Sistemas de crianza de cuyes en el sistema familiar-comercial en el sector rural, <http://www.bensoninstitute.org/publicatem/thesis/sp/cuyecuador.pdf>, 30 de abril de 2011.
4. Raggi, L. (2010). Cartillas veterinarias, http://www.foyel.com/cartillas/27/el_cobayo_-_cavia_porcellus.html, 28 de noviembre de 2010.
5. Espín, L., Lucio, J., Mazzini, M. (2004). Proyecto de inversión para la producción y comercialización del cuy (*Cavia porcellus*) como una alternativa para el consumo local y desarrollo de su potencial exportación. http://www.cib.espol.edu.ec/digipath/D_tesis_PDF/D_33463.PDF, 28 de noviembre de 2010.
6. Chauca. L. (1997). Producción de cuyes (*Cavia porcellus*) En: *Estudio FAO Producción y Sanidad Animal 138*. Roma. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
7. Villota, M. (2004). *Pre factibilidad de la producción. industrialización y comercialización de la carne de cuy (Cavia porcellus) en la zona de Pifo. provincia de Pichincha.* Disertación de Ingeniería de Agro empresas. Universidad San Francisco de Quito. Ecuador.
8. Murillo, I., Quilambaqui, M. (2008). Evaluación de 2 Dietas Experimentales con Diferentes Niveles de Cascarilla de Cacao (*Theobroma cacao L.*) en las Fases de

- Crecimiento y Acabado de Cuyes (*Cavia porcellus* L.) de Raza Andina.<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2393/1/4733.pdf>, 23 de febrero de 2010.
9. Mattos, J., Chauca, L., San Martín, F., Carcelén, F., Arbaiza, T. (2003). *Uso del ensilado biológico de pescado en la alimentación de cuyes mejorados*. Perú. 14 (2) pp. 89-96.
 10. Enríquez, M., Rojas, F. (2004). Normas generales para la crianza de cuyes.http://www.agrojunin.gob.pe/documentos/manuales_dpa/items/Manual_para_la_Crianza_de_Cuyes.pdf, 19 de julio de 2010.
 11. Murgueytio, C. (1989). *Efecto de la alfalfa más concentrado en la alimentación de cuyes (Cavia porcellus) en desarrollo en confinamiento*. Disertación de Ingeniería Agrónoma. Universidad Central del Ecuador. Ecuador.
 12. Aliaga, L. (1979). *Producción de cuyes*. Huancayo. Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. 35-85p.
 13. Consejo Nacional de Vacunación (2003). *Bases técnicas para la suplementación de vitaminas y minerales en la Infancia y Adolescencia*. México.
 14. Paguay, R. (2007). Relación entre la anemia, el consumo de hierro y la parasitosis intestinal en niños menores de cinco años pertenecientes a las etnias indígena, mestiza y negra de Imbabura.<http://www.bensoninstitute.org/Publication/RELAN/31/Relan31sm.pdf>, 16 de agosto de 2010.
 15. Boccio, J., Salgueiro, J., Lisyonek, A., Zubilliaga, M., Goldman, C., Weill, R., Caro, R. (2003). *Metabolismo del hierro: conceptos actuales sobre un micronutriente esencial*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición.

16. Venegas, A. (1991). *Investigación sobre el contenido de zinc en los principales alimentos de consumo popular*. Disertación de Licenciatura en Ciencias de la Educación con especialización en Química. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ecuador.
17. Rosado, J. (1998). *Deficiencia de zinc y sus implicaciones funcionales*. Sal. pública Méx. 40 (2).
18. Trujillo, R. (1994). *Biología del Cuy*. 1era. Edición. Riobamba. Ecuador. Editorial Freile.
19. Aliaga, L. (1979). *Producción de cuyes*. Huancayo. Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. 35-85p.
20. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación FAO.(2002). Human Vitamin and Mineral Requirements. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation Bangkok. Thailand. Rome, <http://www.fao.org/docrep/004/y2809e/y2809e00.htm>, 25 de julio de 2010.
21. Bettger, W., O'Dell, B. (1981). *A critical physiological role of zinc in the structure and function of biomembranes*. LifeSci (28) pp.1425-1438.
22. Rosado, J. (1998). Deficiencia de zinc y sus implicaciones funcionales. *Sal. pública Méx.* 40 (2).
23. Skoog, D., Holler, F., Nieman, T. (2001). *Principios de Análisis Instrumental*. 5a edición. McGraw-Hill. España.
24. Baquero. M. (2008). *Determinación de hierro y manganeso en agua subterránea en zonas de las parroquias del Distrito Sur Rural: Alangasí. La Merced y El Tingo. por medio de la técnica de espectrofotometría de absorción atómica*. Disertación de Licenciatura en Ciencias Químicas. especialidad Química Analítica. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ecuador.



25. Acosta, S. (2009). *Determinación de cadmio en la almendra de cultivos de cacao (Theobroma cacao) en fincas ubicadas en la vía Santo Domingo-Esmeraldas. mediante espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito.* Disertación de Licenciatura en Ciencias Químicas. especialidad Química Analítica. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ecuador.
26. Varian (1989). *Analytical methods for flame atomic absorption spectrometry.* Melbourne. Australia.
27. Varian (1988). *Analytical methods for graphite tube atomizers.* Melbourne. Australia.
28. Oleas, S. (2005). *Determinación de selenio en alimentos vegetales de mayor consumo. estandarización y validación del método.* Disertación de Ingeniería Química. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.
29. Association of official analytical chemistry – AOAC (2005). *Official Methods of Analysis.* Ed. Association of Agricultural Chemists. USA.
30. Cámara, C., Fernández P., Martín-Esteban A., Pérez-Conde C., Vidal M., (2004). *Toma y tratamiento de muestra.* 1ª edición, Editorial Síntesis, S.A, Madrid.
31. Quino, I., Ramos, O., Guisbert, E. (2007). Determinación del límite de detección instrumental (LDI) y límite de cuantificación instrumental (LCI) en elementos traza de agua subterránea. <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602007000100010&script=sci>, 05 de agosto de 2011.
32. Díaz, E. (2002). Manejo de reservas. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_henos/05-conservacion_alfalfa.pdf, 12 de noviembre 2011.

33. Rivas, C. (2003). Estudio de hierro, <http://www.alimetoshierro.com/alimentos/listada.pdf>, 12 de noviembre 2011.
34. Carrera, J. (2006). Estudio de hierro en la ciudadanía, http://www.ciudadanosaldia.org/repositorio/docs/0308/Bol_31_Nutricion.pdf, 12 de noviembre 2011.

ANEXOS

ANEXO 1: MÉTODO AOAC 968.08

**ANEXO 2: CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE
HIERRO**

125 Market Street New Haven, CT 06513 USA	 AccuStandard, Inc.	Tel (203)786-5290 Fax (203)786-5287 Web: AccuStandard.com
CERTIFICATE OF ANALYSIS AccuTrace™ Reference Standard Item Number: AA27N-1		
Element: Iron	Lot Number: B8045019	
Matrix: 5% Nitric acid	Expiration Date: Apr / 2013	
<u>Actual Lot Analysis</u>		
Iron 1000 µg/mL		
<p>The total maximum uncertainty on the certified value(s) is ±2%. See reverse side of certificate for details.</p> <p>The concentration of the final solution was verified by ICP against NIST SRM# 3126a</p> <p>RESULTS: This solution standard was certified for accuracy of major elemental constituency via methodology traceable to primary or well characterized secondary standards. All trace level elements and impurities were determined via plasma emission spectroscopy on the concentrate.</p> <p>This standard was prepared gravimetrically to contain the elemental concentrations shown above. Balances, used in the preparation, are calibrated regularly using NIST-traceable weights. All glassware is Class A.</p> <p>Use good laboratory procedure when diluting this product. Shake bottle prior to use and do not pipette directly out of the bottle. Use only cleaned Class A volumetric glassware.</p> <p>We certify the accuracy of this standard to be ± 0.5% of the stated value until the expiration date listed above, provided it is kept tightly capped and stored under normal laboratory conditions.</p>		
		 Lydia Snyder Inorganic QC Supervisor
AccuStandard is accredited to ISO/IEC 17025:2005		
		<small>OH-ORG-010-001 Rev. 7/07</small>

**ANEXO 3: CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE
ZINC**

Specification



<http://certificates.merck.de>

Date of print: 14.04.2009

**1.19806.0100 Zinc standard solution traceable to SRM from NIST
Zn(NO₃)₂ in HNO₃ 0,5 mol/l 1000 mg/l Zn CertiPUR®**

	Spec. Values
Concentration β (Zn)	990 - 1010 mg/l

Determination method: *Complexometric titration.*
(traceable to NIST - SRM 682)
Accuracy of the method: \pm 2 mg/l

Wolfgang Germand


responsible laboratory manager quality control

This document has been produced electronically and is valid without a signature

ANEXO 4: CERTIFICADO DE ANÁLISIS DEL MATERIAL DE REFERENCIA



Metals in food

Number SQC001
 Lot 012193
 Solvent (Matrix) food
 Hazard Irritant
 Storage & Handling Store in a cool dry environment.
 Expiration Date See Sample Label
 Certified By:  Christopher Rucinski - QA Director


Analyte	Units	Assigned (Gravimetric) Value	Certified ¹ Value	Standard ² Deviation	Acceptance Limits ³
Bismuth, Bi 205	Traceable to: NIST SRM 3106 mg/Kg	0.00	0.00	0.00	0.0 to 0.0
Antimony, Sb 1005	Traceable to: NIST SRM 3102a mg/Kg	274	108.93	55.94	0.00 to 277
Arsenic, As 1010	Traceable to: NIST SRM 3103a mg/Kg	307	264.07	25.23	188 to 340
Barium, Ba 1015	Traceable to: NIST SRM 3104a mg/Kg	759	780.59	65.58	584 to 977
Beryllium, Be 1020	Traceable to: NIST SRM 3105a mg/Kg	201	185.79	15.17	140 to 231
Boron, B 1025	Traceable to: NIST SRM 3107 mg/Kg	155	125.17	16.90	74.5 to 176
Cadmium, Cd 1030	Traceable to: NIST SRM 3108 mg/Kg	98.5	72.34	6.46	53.0 to 91.7
Calcium, Ca 1035	Traceable to: NIST SRM 3109a mg/Kg	4670	4,170.17	391.80	2990 to 5350
Chromium, Cr (total) 1040	Traceable to: NIST SRM 3112a mg/Kg	170	167.95	16.55	118 to 218
Cobalt, Co 1050	Traceable to: NIST SRM 3113 mg/Kg	82.5	78.46	6.71	58.3 to 98.6
Copper, Cu 1055	Traceable to: NIST SRM 3114 mg/Kg	128	137.89	11.46	104 to 172
Iron, Fe 1070	Traceable to: NIST SRM 3126a mg/Kg	12000	11,191.90	2,733.95	2990 to 19400
Lead, Pb 1075	Traceable to: NIST SRM 3128 mg/Kg	346	319.77	25.62	243 to 397
Lithium, Li 1080	Traceable to: NIST SRM 3129a mg/Kg	191	193.97	21.60	129 to 259
Magnesium, Mg 1085	Traceable to: NIST SRM 3131a mg/Kg	1610	1,689.55	249.95	940 to 2440
Manganese, Mn 1090	Traceable to: NIST SRM 3132 mg/Kg	208	217.99	20.26	157 to 279
Mercury, Hg 1095	Traceable to: NIST SRM 3133 mg/Kg	20.8	13.06	2.12	6.71 to 19.4
Molybdenum, Mo 1100	Traceable to: NIST SRM 3134 mg/Kg	76.6	62.30	6.69	42.2 to 82.4
Nickel, Ni 1105	Traceable to: NIST SRM 3136 mg/Kg	339	333.41	28.35	248 to 418
Potassium, K 1125	Traceable to: NIST SRM 3141a mg/Kg	2950	3,093.61	382.91	1940 to 4240
Selenium, Se 1140	Traceable to: NIST SRM 3149 mg/Kg	308	274.13	27.92	190 to 358
Silver, Ag 1150	Traceable to: NIST SRM 3151 mg/Kg	39.6	25.37	3.00	16.4 to 34.4
Sodium, Na 1155	Traceable to: NIST SRM 3152a mg/Kg	1020	985.36	131.83	590 to 1380
Strontium, Sr 1160	Traceable to: NIST SRM 3153a mg/Kg	185	220.05	21.43	156 to 284
Thallium, Tl 1165	Traceable to: NIST SRM 3158 mg/Kg	123	109.25	11.91	73.5 to 145
Tin, Sn 1175	Traceable to: NIST SRM 3161a mg/Kg	218	190.70	24.68	117 to 265
Titanium, Ti 1180	Traceable to: NIST SRM 3162a mg/Kg	348	237.03	54.58	73.3 to 401
Vanadium, V 1185	Traceable to: NIST SRM 3165 mg/Kg	280	278.33	22.61	211 to 346
Zinc, Zn 1190	Traceable to: NIST SRM 3168a mg/Kg	475	435.47	39.52	317 to 554
Phosphorus, P 1715	Traceable to: NIST SRM 3139a mg/Kg	494	452.96	49.44	305 to 601

R.T. Corporation - 2931 Soldier Springs Rd. - Laramie, WY 82070 - US
 Phone (307) 742-5452 - Fax (307) 745-7936
 An ISO 9001 registered company



RTC Certificate of Analysis

Minerals in food

Number SQC001
 Lot 012193
 Solvent (Matrix) food
 Hazard Irritant
 Storage & Handling Store in a cool dry environment.
 Expiration Date See Sample Label
 Certified By:  Christopher Rucinski - QA Director

Analyte	Units	Assigned (Gravimetric) Value	Certified ¹ Value	Standard ² Deviation	Acceptance Limits ³
pH 1900	Units	4.30	4.28	0.23	3.61 to 4.96
Aluminum, Al 1000	mg/Kg	33000	11,900.00	2,040.00	5750 to 36300
Silicon, Si 1145	mg/Kg	9980	1,119.08	930.56	0.00 to 3910

Additional Information

Description
 A total sample size of 50 g is provided.
 The sample has been heat sterilized.

Preparation Instructions

Perform the sample digestion on an appropriate amount of sample according to the selected digestion procedure. The recommended minimum sampling size is 0.5 grams.
 Determination of the percent moisture content of the material is required.
 All results are reported on a dry weight basis.
 It is recommended that approximately one gram of the soil be digested.

¹ Certified values are the robust statistical mean when prepared according to instructions from an Interlaboratory Study or are based on historic Interlaboratory Study Results (i.e. TNI Fields of PT Tables).
² The standard deviation is the robust statistical standard deviation from the round robin interlaboratory study.
³ Acceptance limits are based on US EPA RCRA, WS, and WP Interlaboratory Study Results.

Traceability: The standard was manufactured under an ISO 9001/17025 certified quality system. The balance used to weigh raw materials is accurate to +/- 0.00001g and calibrated regularly using mass standards traceable to NIST. All dilutions were performed gravimetrically. Additionally, individual analytes are traceable to NIST SRMs where available.

MSDS reports for components comprising greater than 1.0% of the solution or 0.1% for components known to be carcinogens are available upon request.

R.T. Corporation - 2931 Soldier Springs Rd. - Laramie, WY 82070 - US
 Phone (307) 742-5452 - Fax (307) 745-7936
 An ISO 9001 registered company



**ANEXO 5: PROCEDIMIENTO GENERAL DE ASEGURAMIENTO DE LA
CALIDAD PG 20 REV. 12 DE CORPLAB S.A**

CERTIFICACIÓN

Certifico que la disertación de Licenciatura en Ciencias Químicas, especialidad Química Analítica, de la candidata Dina Melissa Albuja Tapia, ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto puede ser presentada para la calificación correspondiente.

M.Sc. Yolanda Jibaja A.

Directora de la Disertación

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios, a mi papá Gerardo, mi madre Rosa, mis hermanos Bryan, Grace, Sofía, mis sobrinos Jeanacely, Luanen, Jeffrey y en especial a mi hijo Gerardo por ser el soporte en toda mi vida y por constituir un pilar importante en mi carrera.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme culminar con este proyecto, a mi papá que desde el cielo me brinda su apoyo y su bendición. A mi madre por ser un ejemplo y una ayuda incondicional, a mis hermanas Grace y Sofía porque con ellas comparto el día a día.

A mis sobrinos que con sus palabras han logrado apoyarme.

A mis amigas, Nait, María Fernanda, Laura, María Elisa, Anita, Silvia, Aleyda, Kathe.

Al laboratorio CORPLAB y su Gerente General Miguel Maliza porque con su ayuda culminé la parte práctica de este trabajo.

A mi tutora M.Sc. Yolanda Jibaja por su tiempo y conocimiento.

A los Señores lectores Doctor Ramiro Gallegos y Licenciado Ramiro Merino.

A cada una de las personas que a lo largo de mi vida y carrera me han apoyado de alguna u otra forma en ser lo que ahora soy.

Gracias a ti Gerardito porque cada logro que realizó es compartiendo un poco de tu tiempo y aprendiendo que la vida es más fácil sonriendo al mundo con cosas sencillas.