

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

**DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE**



TESIS

**CUANTIFICACIÓN DEL CALCIO Y MAGNESIO EN AGUA PARA
CONSUMO HUMANO Y EL APORTE EN SU ALIMENTACIÓN**

PRESENTADA POR:

CANDIDA LÓPEZ LOAYZA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE**

PUNO, PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE



TESIS

CUANTIFICACIÓN DEL CALCIO Y MAGNESIO EN AGUA PARA
CONSUMO HUMANO Y EL APORTE EN SU ALIMENTACIÓN

PRESENTADA POR:

CANDIDA LÓPEZ LOAYZA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO
AMBIENTE

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

.....
Dr. EDGARDO PINEDA QUISPE

PRIMER MIEMBRO

.....
Ph.D. SABINO ATENCIO LIMACHI

SEGUNDO MIEMBRO

.....
Dr. FELIPE SANTIAGO AMACHI FERNÁNDEZ

ASESOR DE TESIS

.....
Ph.D. JUAN MÁRCOS ARO ARO

Puno, 21 de noviembre de 2018

ÁREA: Ciencia, tecnología y medio ambiente.

TEMA: Cuantificación del calcio y magnesio en aguas de consumo humano.

LÍNEA: Evaluación tecnología y del medio ambiente.

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mis queridos padres Juan Antonio y Gumerinda, a mis hermanos Dehané, Alberto, Marhysol, Alex y Edith quienes siempre confiaron en mí y que con sus palabras de aliento no me dejaron decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A David mi esposo por creer en mi capacidad y brindarme siempre su apoyo, comprensión, cariño y amor.

A mis adorados hijos Ricardo Jhamel y Sulenka Araceli, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar siempre presente en mi vida, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el período de ejecución de tesis.
- A la Universidad Nacional del Altiplano por haberme albergado entre sus aulas y laboratorios.
- A mis profesores del Escuela de Posgrado de la UNA Puno, por haberme compartido sus conocimientos en el área.
- A mi asesor del trabajo de investigación Dr. Juan Marcos Aro Aro por su apoyo académico.
- A mis Jurados, Dr. Edgardo Pineda Quispe, Ph.D. Sabino Atencio Limachi y Dr. Felipe Amachi Fernández. Por su valioso aporte académico en la realización del presente trabajo.
- A mis colegas M.Sc. Víctor Hugo Sarmiento Casavilca e Ing. Justo Arias por su apoyo incondicional y por sus consejos y conocimientos en el área de laboratorio.
- A todos mis familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son...

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco Teórico	3
1.1.1 El agua	3
1.1.2 Agua para consumo humano	4
1.1.3 El equilibrio de agua en el organismo	5
1.1.4 Como perdemos agua	5
1.1.5 Funciones del agua	6
1.1.6 Ingesta Recomendada del agua	6
1.1.7 Tratamientos Básicos para la Remoción de la Dureza del Agua	7
1.1.7.1 Proceso Cal – Carbonato (o Cal – Soda).	7
1.1.7.2 Intercambio Iónico.	7
1.1.8 Tratamientos para la Remoción de la Dureza del Agua	8
1.1.8.1 Procesos de Membranas	8
1.1.8.2 Evaporación – Condensación	9
1.1.8.3 Tratamiento Magnético	9
1.1.8.4 Cloración del Agua	10
1.1.8.5 Desinfección del agua y factores de riesgo	10
1.1.8.6 Formas de desinfección del agua	11
1.1.9 Calcio	11
1.1.9.1 Funciones del calcio	12
1.1.9.2 Consumo de calcio	13
1.1.9.3 Calcio en las aguas de bebida	14
	iii

1.1.9.4	Calcio en los alimentos	15
1.1.9.5	Absorción del calcio	16
1.1.9.6	Biodisponibilidad del calcio del agua	17
1.1.9.7	Clasificación de acuerdo a la Concentración de Calcio	18
1.1.10	Magnesio	18
1.1.10.1	Funciones del magnesio	19
1.1.10.2	Clasificación del Aporte Nutricional de Magnesio en el Agua.	20
1.1.10.3	Consumo de magnesio	20
1.1.10.4	Magnesio en los alimentos	20
1.1.10.5	Deficiencia de magnesio	21
1.1.10.6	Ingesta recomendada	23
1.1.10.7	Magnesio en el agua	23
1.1.11	Espectrofotometria de absorción atómica	25
1.1.12	Grupo Etéreo.	25
1.2	Antecedentes	26

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1	Identificación del problema	29
2.2	Enunciados del problema objeto de investigación	30
2.3	Justificación	30
2.4	Objetivos.	31
2.4.1	Objetivo General	31
2.4.2	Objetivos específicos	31
2.5	Hipótesis.	31
2.5.1	Hipótesis general	31
2.5.2	Hipótesis específicas	31

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Lugar de Estudio	32
3.2	Población y tamaño de muestra	32
3.2.1	Población de estudio	32
3.2.2	Muestra	33
3.3	Descripción de métodos por objetivos	33
3.3.1	Análisis de calcio y magnesio en agua	33

3.3.2	Para determinar la Ingesta Recomendada Diaria de Calcio y Magnesio	34
3.3.3	Para determinar el aporte que cubre el consumo de agua a la IRD de calcio y magnesio	35
3.3.4	Tipo de Investigación	35
3.3.5	Diseño Metodológico	35
3.3.6	Diseño Experimental	36
3.3.7	Técnicas Estadísticas de Análisis de Datos	38
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	Determinación del contenido de calcio y magnesio de los reservorios de agua que abastecen a la ciudad de Abancay.	39
4.2	Cantidad de calcio y magnesio presentes en los reservorios de agua y el porcentaje del aporte a la ingesta recomendada diaria	43
	CONCLUSIONES	53
	RECOMENDACIONES	54
	BIBLIOGRAFÍA	55
	ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Clasificación de acuerdo a la concentración y % de aporte de calcio a la ingesta diaria	18
2. Sistema de clasificación del aporte nutricional de magnesio en el agua de bebida.	20
3. Ingesta recomendada diaria de calcio y magnesio	24
4. Ingesta recomendada diaria de calcio y magnesio en niños de 4 a 8 años, adolescentes y adultos	34
5. Diseño metodológico para la recolección de calcio y magnesio del agua proveniente de los reservorios	36
6. Diseño metodológico para la determinación del porcentaje de calcio y magnesio en la ingesta recomendada diaria para niños, adolescentes y adultos	36
7. Contenido de calcio en los reservorios de agua que abastecen a la ciudad de Abancay – 2017	40
8. Contenido de magnesio en los reservorios de agua que abastecen a la ciudad de Abancay – 2017	41
9. Contenido de calcio en los reservorios de agua y porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria en niños de 4 a 8 años	43
10. Contenido de calcio en los reservorios de agua y porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria en adolescentes	45
11. Contenido de calcio en los reservorios de agua y porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria en adultos	47
12. Contenido de magnesio en los reservorios de agua y porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria en niños de 4 a 8 años	48
13. Contenido de magnesio en los reservorios de agua y porcentaje a la ingesta recomendada diaria en adolescentes	50
14. Contenido de magnesio en los reservorios de agua y porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria en adultos	51

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Diseño experimental para la determinación del calcio y magnesio y la comparación con las Ingestas Recomendadas diarias de diferentes grupos etarios.	37

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. ANOVA y prueba de rangos múltiples del contenido de calcio en los reservorios de agua de la ciudad de Abancay - 2017.	63
2. ANOVA y prueba de rangos múltiples del contenido de magnesio en los reservorios de agua de la ciudad de Abancay - 2017.	65
3. ANOVA y prueba de comparaciones del contenido de calcio de la ingesta recomendada diaria en niños de 4 a 8 años, por cada reservorio.	67
4. ANOVA y prueba de comparaciones del contenido de calcio de la ingesta recomendada diaria en adolescentes, por cada reservorio.	70
5. ANOVA y prueba de comparaciones del contenido de calcio de la ingesta recomendada diaria en adultos, por cada reservorio	73
6. ANOVA y prueba de comparaciones del contenido de magnesio de la ingesta recomendada diaria en niños de 4 a 8 años, por cada reservorio.	76
7. ANOVA y prueba de comparaciones del contenido de magnesio de la ingesta recomendada diaria en adolescentes, por cada RESERVORIO.	79
8. ANOVA y prueba de comparaciones del contenido de magnesio de la ingesta recomendada diaria en adultos, por cada reservorio.	82

RESUMEN

Las aguas naturales constituyen un alimento saludable que aporta nutrientes esenciales como el calcio y el magnesio, que tiene relevancia en casos de consumo insuficiente de productos lácteos y derivados, pues el calcio del agua mineral es recomendable por su fácil biodisponibilidad. Este trabajo tiene como objetivo determinar el contenido de calcio y magnesio en los reservorios de agua de Abancay y su aporte en la ingesta recomendada diaria, para ello se recolectaron muestras de los 6 reservorios de agua donde se realizó 3 repeticiones por tratamiento, dicha colección se hizo en botellas de vidrio para luego ser enviadas al laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA Puno para ser analizadas por el método de espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados fueron: el aporte a la ingesta recomendada diaria para niños de 4 a 8 años respecto al calcio varía entre 5,93 a 10,64% y magnesio de 24,02 a 56,33%, para adolescentes de 7,74 a 10,07% en cuanto al calcio y 11,58 a 36,11% de magnesio y para adultos el aporte fue de 7,29 a 13,09% de calcio y 7,72 a 24,07% de magnesio; llegando a la conclusión que, el porcentaje de aporte a la ingesta recomendada de calcio y magnesio del agua de consumo público cubre una parte importante en la ingesta recomendada diaria para los 3 grupos etáreos siendo el agua potable una fuente importante de calcio y magnesio especialmente para aquellas personas que tienen bajas ingesta de estos minerales.

Palabras clave: Agua, calcio, grupo etáreo, ingesta diaria, magnesio y reservorio.

ABSTRACT

Natural waters are a healthy food that provides essential nutrients such as calcium and magnesium, which is relevant in cases of insufficient consumption of dairy products and derivatives, as calcium from mineral water is recommended for its easy bioavailability. The objective of this research is to determine the content of calcium and magnesium in the water reservoirs of Abancay and its contribution in the recommended daily intake, for this purpose samples from the 6 water reservoirs where 3 repetitions per treatment were collected, were collected. It was made in glass bottles and then sent to the Food Nutritional Assessment laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences of the UNA Puno to be analyzed by the atomic absorption spectrophotometry method. The results were: the contribution to the recommended daily intake for children from 4 to 8 years of age regarding calcium varies between 5.93 to 10.64% and magnesium from 24.02 to 56.33%, for adolescents of 7.74 to 10.07% for calcium and 11.58 to 36.11% for magnesium and for adults the contribution was 7.29 to 13.09% for calcium and 7.72 to 24.07% for magnesium; concluding that, the percentage of contribution to the recommended intake of calcium and magnesium from public consumption water covers an important part of the recommended daily intake for the 3 age groups, with drinking water being an important source of calcium and magnesium, especially for those people who have low intake of these minerals.

Keywords: Age group, calcium, daily intake, magnesium, reservoir and water.

INTRODUCCIÓN

El agua, por su misma naturaleza, es un medio adecuado para desarrollar funciones fisiológicas indispensables como: a) el transporte de material nutritivo hasta las células y la eliminación de los productos de desecho; b) la conservación del ambiente físico-químico constante. El calcio, que constituye uno de los temas centrales de este trabajo, es fundamental para el buen funcionamiento del cuerpo humano. Su papel en el organismo está relacionado con la conducción de estímulos nerviosos, la regulación del corazón, el proceso de la formación de los huesos y en la coagulación sanguínea, sin omitir que constituye entre el 1.5 y 2% del peso corporal. (Arnaud y Sánchez, 1997)

Del mismo modo, el consumo de magnesio en la población también es bajo y habitualmente no alcanza el 80% de las recomendaciones mínimas, que son del orden de 6 mg/kg/día, alrededor de 350 mg/día. Si bien la principal fuente de magnesio procede de la alimentación (especialmente verduras, cereales, nueces y pescado), la alta biodisponibilidad de este mineral en el agua la convierte en una de las mejores fuentes de suministro. (Azoulay *et al.*, 2001)

El aporte de calcio en la dieta se obtiene, en su mayor parte, mediante el consumo de productos lácteos. Sin embargo, existen otras fuentes, como el agua, que pueden contribuir en su ingesta. Además, el agua contiene otros minerales, como el magnesio donde el aumento de éste se ha relacionado con una disminución de muerte súbita. (Salas *et al.*, 2014).

El calcio y el magnesio son minerales muy importantes y los podemos encontrar tanto en los alimentos que no están procesados, como en las aguas minerales naturales. Las aguas minerales naturales provienen de manantiales naturales y es ésta la que contiene las sales minerales esenciales para mantener el equilibrio perfecto de nuestro organismo. Por estos motivos se ha considerado de gran importancia realizar un estudio teniendo como objetivo general determinar el contenido de calcio y magnesio en los reservorios de agua que abastecen a la ciudad de Abancay y el porcentaje de aporte en la ingesta recomendada diaria y de esta manera conocer la concentración de estos minerales ya que en la mayoría de los casos no se considera el agua de bebida en el aporte de calcio y magnesio a la dieta de sus habitantes, y Abancay no es la excepción, ya que el consumo de agua incluso podría aportar las recomendaciones mínimas de estos minerales.

La presente tesis se encuentra organizada de la siguiente forma:

Capítulo I: Revisión de Literatura: Marco teórico y antecedentes.

Capítulo II: Planteamiento del problema: definición del problema, enunciados del problema, justificación de la investigación objetivos de la investigación e hipótesis

Capítulo III: Materiales y Métodos: lugar de estudio, población y tamaño de muestra, recolección de muestras, conservación de muestras, descripción de métodos por objetivos, tipo de investigación, diseño metodológico, diseño experimental y técnicas estadísticas de análisis de datos

Capítulo IV: Resultados y Discusión y finalmente las conclusiones, recomendaciones y bibliografía.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco Teórico

1.1.1 El agua

El agua es considerada como una sustancia esencial indispensable para mantener al cuerpo humano en perfectas condiciones, pero no suministra energía ni material para la construcción o reparación de tejidos del organismo. Sus funciones principales son: mantener la temperatura corporal; transportar los nutrientes a las células; eliminar los desechos a través de la orina. El agua se encuentra en la naturaleza tal como la vemos, pero también la mayoría de los alimentos la contienen, por ejemplo, muchas frutas y verduras tienen agua en un 90%, la carne contiene en promedio un 60%, mientras que el pan, considerado un alimento seco, contiene un 30% de agua. En general, el organismo repone esta sustancia esencial a partir de la sensación de sed y para satisfacer las necesidades de líquido debemos beber agua. Los jugos de frutas, la leche, el té y el café pueden resultar otra alternativa para incorporar agua al organismo. Los requerimientos de agua son de 1,5 a 2,5 litros diarios, independiente del líquido que ingerimos a través de los alimentos. (Bahamonde, 2011)

El agua es el principal componente del cuerpo humano. Es esencial para los procesos fisiológicos de la digestión, absorción y eliminación de desechos metabólicos no digeribles, y también para la estructura y función del aparato circulatorio. Actúa como medio de transporte de nutrientes y todas las sustancias corporales, y tiene acción directa en el mantenimiento de la temperatura corporal. El cuerpo humano tiene un 75% de agua al nacer y cerca del 60% en la edad adulta.

Aproximadamente el 60% de esta agua se encuentra en el interior de las células (agua intracelular), el resto (agua extracelular) circula en la sangre y baña los tejidos. El agua de bebida, junto con la contenida en los alimentos, ha de garantizar nuestra correcta hidratación a cualquier edad o circunstancia vital. En consecuencia, es muy importante asegurar el aporte en cantidad y calidad adecuadas, especialmente cuando conocemos la influencia que el grado de hidratación puede tener sobre la salud y el bienestar de las personas, tanto en lo que se refiere a los aspectos cognitivos, el rendimiento físico y la termorregulación. (Fernández *et al.*, 2008). La vida es una realidad maravillosa que se basa en una sustancia simple, inodora e insípida, el agua, el componente más abundante de los seres vivos. Alrededor del 60% de su peso corporal es agua siendo, con diferencia, la sustancia más abundante de nuestro organismo, por ejemplo, un adulto cuyo peso sean 60 kg. Unos 36 kg. Serán de agua. Las 2/3 partes de la misma se encuentra en el interior de la célula y el resto se reparte por el llamado espacio extracelular, fundamentalmente en el líquido en el que se bañan las células y en la sangre. Su reparto en los diferentes tejidos altamente hidratados, como la sangre (83%) y los músculos (70-75%) y otros cuyo contenido en agua es escaso, como ocurre con el tejido adiposo, en el que se almacenan las grasas, con tan solo el 15%. (Fossas, 2005).

1.1.2 Agua para consumo humano

El agua para consumo humano, es el agua potable que es una sustancia vital para la vida y es escasa. Si bien el 70 % de la corteza terrestre está cubierta por agua, sólo el 0,65 % es potable, el 2,05 % está congelada, son los hielos continentales, y la mayor parte, el 97,3 % está en los océanos y mares, que contienen más de 30 gramos por litro de Sólidos Totales Disueltos (STD) y no es apta para el consumo humano y animal. Las aguas para llamarse potables no deben contener gérmenes patógenos ni no patógenos en cantidades superiores a 100.000 gérmenes por centímetro cúbico. Las aguas blandas contienen muy poco calcio y las duras pueden contener hasta 200 mg. por litro. El consumo de agua necesario para realizar las funciones vitales del organismo puede explicarse por la gran representatividad de este elemento en los diferentes tejidos animales. Una pérdida de un 10 % del volumen de agua corporal significa un riesgo importante para la salud, la pérdida del 20% supone la muerte. De ahí la necesidad de una buena

hidratación en las situaciones de altas temperaturas. (Lagger *et al.*, 2000 y Martín, 1995).

La dureza del agua es muy variable, como reflejo de la naturaleza de la geología del área donde asienta el acuífero. Las aguas duras se asocian con cuencas de captación de rocas sedimentarias, de las que las más comunes son piedra caliza y creta, mientras las aguas blandas suelen haber estado en contacto con rocas impermeables como el granito. Asimismo, en general, las aguas superficiales suelen ser más blandas que las subterráneas (Rodier, 1981)

1.1.3 El equilibrio de agua en el organismo

A pesar de la enorme cantidad de agua que poseemos en nuestro interior, no disponemos de reservas. Este es un hecho fundamental que condiciona por completo la manera en que debemos abordar la gestión de esta preciada sustancia en nuestro organismo. Equilibrio es la relación que se establece entre la entrada y la salida de agua corporal. Conocer bien estos dos aspectos resulta fundamental para lograr un correcto equilibrio, sin el cual la vida corre peligro. (Fossas, 2005).

Las aguas minerales naturales provienen de manantiales naturales y es ésta la que contiene las sales minerales esenciales para mantener el equilibrio perfecto de nuestro organismo. Cada mineral cumple funciones específicas que ayudan al correcto funcionamiento del cuerpo humano. (Zamora, 2009).

1.1.4 Como perdemos agua

Con nuestro funcionamiento habitual perdemos agua de manera constante. Podemos afirmar así que incluso en circunstancias normales, existe una tendencia a la deshidratación. El agua se pierde fundamentalmente por: el riñón: en forma de orina, se calculó que diariamente se eliminan alrededor de 1,5 litros por esta vía: Los pulmones y la piel: son dos formas de pérdida insensible, pero de gran importancia, pues juntas pueden sumar alrededor de 1 litro diario; el intestino: en este caso el agua se elimina a través de las heces. Estas pérdidas oscilan entre los 100 y los 200 ml diarios. En total el conjunto de pérdidas suele alcanzar los 2,5 litros diarios. Y no hace falta decir que en circunstancias calurosas o cuando se practica ejercicios tales cantidades aumentan de forma espectacular debido al sudor. También hay situaciones patológicas en las que pueden aumentar en gran

medida las pérdidas de agua, por ejemplo, las alteraciones renales, la fiebre, la hiperventilación pulmonar y la diarrea. (Fossas, 2005)

1.1.5 Funciones del agua

El agua es necesaria para el mantenimiento de los fluidos corporales y un el balance iónico adecuado. Es vehículo de la digestión, absorción, el metabolismo y transporte de los nutrientes hacia y desde los tejidos. Participa en la eliminación por heces y evita el exceso de calor producido por el organismo, provee el entorno fluido para las heces, orina y saliva. Interviene en la regulación de la sudoración, la evaporación de la superficie corporal y la respiración. (Lagger *et al.*, 2000). Las aguas naturales constituyen un alimento saludable e idóneo para una correcta hidratación, al tiempo que aportan nutrientes y oligoelementos esenciales. Entre ellos el calcio, que puede adquirir verdadera relevancia en los casos de consumo insuficiente de productos lácteos y derivados, pues el calcio del agua mineral es recomendable por su fácil administración e idónea biodisponibilidad; en sujetos que padecen intolerancia a la lactosa, en los que el calcio de las aguas minerales puede y debe convertirse en una fuente primordial; y también, para paliar el escaso cumplimiento, mala tolerancia y efectos indeseables que suelen conllevar los suplementos cálcicos medicamentosos. (Maraver, 2012)

1.1.6 Ingesta Recomendada del agua

La Organización de la Salud (OMS) aconseja a todos los habitantes de este planeta beber todos los días un mínimo de litro y medio de agua. Este mínimo lo incrementaremos en verano u otras circunstancias. Podríamos considerar un centímetro cúbico de agua por caloría administrada por los alimentos. Dicho de otra manera, nuestras necesidades diarias se mueven entre seis y ocho vasos grandes de agua por día. (Martín, 1995). Después de respirar, beber agua es nuestra necesidad más imperiosa. La subsistencia obliga a la ingesta de 1 litro de agua diario y no cumplir con esta necesidad básica durante un periodo de 4 a 6 días hace imposible la continuidad de la vida. Pero lejos de esta situación crítica, en nuestro organismo beberla directamente y extraerla de los alimentos que ingerimos. En realidad, poco importa la manera de hacerlo si se consigue el fin último, reponer las pérdidas. Partiendo de nuestros hábitos, lo más frecuente es

que la bebida nos aporte alrededor de 1,5 litros diarios y el agua de los alimentos, 1 litro más (Fossas, 2005).

1.1.7 Tratamientos Básicos para la Remoción de la Dureza del Agua

1.1.7.1 Proceso Cal – Carbonato (o Cal – Soda).

El proceso Cal – Carbonato es el método químico más importante para el ablandamiento del agua. En este proceso las sales solubles se transforman químicamente en compuestos insolubles que son en parte precipitados y en parte filtrados. Este proceso permite eliminar una parte de los compuestos de calcio y magnesio y reducir la dureza a un valor predeterminado congruente con el control de la formación de incrustaciones, la prevención de la corrosión y otros factores que contribuyen a la obtención de calidad de agua adecuada (Pérez, 1979). En este proceso generalmente es necesario agregar dos tipos de reactivos, uno para eliminar la dureza temporal provocada por bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio, y el otro, para eliminar la dureza permanente originada principalmente por el sulfato de calcio. Con el tiempo se han ido desarrollando métodos más avanzados para el ablandamiento basados en este mismo proceso, los cuales mejoran significativamente su eficiencia y la velocidad del proceso de precipitación como, por ejemplo, la aplicación de aluminato sódico o carbonato bórico a la reacción, los cuales reaccionan formando productos más insolubles. El problema de estos compuestos, es que se requiere un constante análisis químico del agua para dosificarlo exactamente, además son productos químicos de alto costo y que pueden contaminar el medio ambiente y en algunos casos no son saludables para el usuario (SAGAN, 2006).

1.1.7.2 Intercambio Iónico.

El intercambio iónico remueve de un agua cruda los iones indeseables transfiriéndolos a un material sólido llamado intercambiador iónico, el cual los acepta cediendo un número equivalente de iones de una especie deseable que se encuentra en la matriz del intercambiador de iones. El intercambiador iónico tiene una capacidad limitada para intercambiar

iones, llamada capacidad de intercambio; en virtud de esto, llegará finalmente a saturarse con iones indeseables. Entonces se lava con una solución regeneradora que contiene la especie deseable de iones, los que sustituyen los indeseables acumulados, dejando al material de intercambio en condición útil (Nalco Chemical Company. 1982)

1.1.8 Tratamientos para la Remoción de la Dureza del Agua

1.1.8.1 Procesos de Membranas

En la purificación de aguas mediante la separación por membrana, el agua pasa a través de una membrana en virtud de una fuerza impulsora o una combinación de fuerzas impulsoras, dejando atrás una porción de impurezas originales que se presentan como un concentrado. El tipo de membrana o barrera, el método de aplicación de las fuerzas impulsoras y las características del agua determinan la cantidad de impurezas eliminadas (Nalco Chemical Company, 1982).

Los procesos de membrana más utilizados son la microfiltración, la ultrafiltración, la nanofiltración y la osmosis inversa, siendo estos dos últimos los más usados para la remoción de la dureza.

La Osmosis Inversa (OI), está basada en la búsqueda fundamental del equilibrio. Si dos fluidos que contienen diferente concentración de sólidos disueltos son puestos en contacto, éstos se mezclarán hasta que la concentración sea uniforme. Cuando estos fluidos están separados por una membrana semipermeable, uno de ellos (el de menor concentración) se moverá a través de la membrana hacia el fluido que tenga una mayor concentración de sólidos disueltos. La diferencia de altura representa la presión osmótica. Aplicando en la columna del fluido una presión superior a la presión osmótica se obtiene el efecto inverso. Los fluidos son presionados de vuelta a través de la membrana mientras que los sólidos disueltos permanecen en la columna (Valenzuela, 2004 y Anselme *et al.*, 1998).

La Nanofiltración (NF), también llamada osmosis inversa a baja presión o desendurecimiento por membrana, en términos de la selectividad de la

membrana se encuentra entre las membranas de osmosis inversa y la ultrafiltración y posee un tamaño de poros típicamente entre 0.001 y 0.01 μm . Estas membranas permiten débilmente el paso de iones monovalentes como el sodio y el potasio, pero rechazan una proporción alta de iones divalentes como el calcio y el magnesio y de moléculas orgánicas de peso molecular mayor a 200. La presión de trabajo usada en la nanofiltración es mucho menor que en la osmosis inversa, normalmente son alrededor de 0.5 a 1.5 MPa. Las membranas de NF ofrecen una alternativa de tratamiento singular, ya que eliminan contaminantes específicos de aguas con bajos sólidos disueltos totales (SDT). Este método normalmente elimina en un 80% a 95% de la dureza total y 70 % de iones monovalentes (Anselme *et al.*, 1998 y Despouy, 2005)

1.1.8.2 Evaporación – Condensación

Este método constituye un proceso térmico, por medio del cual el agua se somete a calentamiento hasta llegar a su punto de ebullición, colectando posteriormente el vapor en un condensador para obtener agua pura. A medida que se evapora el agua de la solución y el líquido se vuelve más concentrado, se llega a un punto en que se rebasa la solubilidad de la sal, esto provoca la precipitación por lo común en forma de incrustaciones sobre las superficies de transferencia de calor donde el agua es evaporada, las incrustaciones pueden consistir en sales de calcio, magnesio y sílice. Esta incrustación disminuye en gran cantidad la velocidad de transferencia de calor, retarda la evaporación y reduce la eficiencia térmica (Valenzuela, 2004).

1.1.8.3 Tratamiento Magnético

El mecanismo por el cual el tratamiento magnético afecta las propiedades del agua dura no ha podido hasta la fecha ser explicado satisfactoriamente, existiendo si ciertos criterios que tratan de explicar de modo cualitativo el proceso. Experimentos efectuados en torno a este fenómeno indican una clara dependencia a la intensidad del campo magnético aplicado y la velocidad del fluido, pero existe duda en el efecto del campo con respecto a la estructura del agua surgiendo dos alternativas, una que implica un

reforzamiento del poder de atracción de los iones diluidos u otra que actúa sobre las moléculas de agua rompiendo el fuerte encapsulamiento de los iones. En esta última actúa rompiendo directamente en la solución el enclaustramiento de las impurezas (iones), propiciando así que se liberen en la misma solución microcristales no ligados al recipiente (arenilla fina), los cuales más tarde precipitan. (Zavaleta y Varela, 1998).

1.1.8.4 Cloración del Agua

La cloración es el procedimiento en la desinfección de aguas de consumo en razón a que el cloro reúne la mayoría de las propiedades del "desinfectante ideal". Su objetivo principal es la destrucción de microorganismos gracias a la acción germicida del cloro, también la oxidación de sustancias inorgánicas reducidas (hierro, manganeso, sulfuros, etc.), la destrucción de compuestos que producen olor y sabor, eliminación de algas y microorganismos del lógamo, así como el efecto coadyuvante en la coagulación. El cloro es un gas tóxico, de olor penetrante, más pesado que el aire y no combustible ni explosivo (Pérez y Espigares, 1995).

El cloro, es un gas verde, que pesa dos veces y media más que el aire. Se le produce en forma gaseosa por electrólisis de una solución de cloruro de sodio. Este proceso se realizó por primera vez en Frankfort en el año 1890 (Cáceres, 1990).

La OMS (1995) recomienda una cloración en condiciones normales (es decir, cloro residual libre > 0.5 mg/litro, 30 minutos de contacto por lo menos, Ph inferior a 8 y turbiedad del agua inferior a 1 UT) pueda reducir en más del 99% el número de E. Coli y de ciertos virus, pero no el de quistes, protozoarios.

1.1.8.5 Desinfección del agua y factores de riesgo

La desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La destrucción y/o desactivación de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de estos microorganismos. Si estos

microorganismos no son eliminados el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades. El agua potable no puede contener estos microorganismos. (Paico, 2007)

Tal como ocurre en los países desarrollados, el tratamiento adecuado y la entrega en condiciones favorables de agua segura, representan uno de los caminos más idóneos para reducir en gran medida las tasas expuestas por la OMS (2006) sobre enfermedades e infecciones estomacales.

1.1.8.6 Formas de desinfección del agua

Existen las siguientes formas de desinfección: formas físicas (sedimentación natural, sedimentación con ayuda de coagulantes, filtración, el calor, luz solar, radiaciones gama), formas químicas (Cloro, Yodo, Bromo, Plata ionizada y ozono) (Cáceres, 1990)

1.1.9 Calcio

El calcio es un elemento químico, de símbolo Ca y de número atómico 40. Se encuentra en el medio interno de los organismos como ion calcio o formando parte de otras moléculas; en algunos seres vivos se halla precipitado en forma de esqueleto interno o externo. Los iones de calcio actúan de cofactor en muchas reacciones enzimáticas, e interviene en el metabolismo del glicógeno, junto al potasio y el sodio regulando la contracción muscular. El porcentaje de calcio en los organismos es variable y depende de las especies, pero por término medio representa el 2,45% en el conjunto de los seres vivos; en los vegetales, solo representa el 0,007%. No se encuentra libre en la naturaleza. Por lo general se encuentra como carbonato de calcio en la piedra caliza, la creta, el mármol, el espato de Islandia, el aragonito, las estalactitas u estalagmitas. Como sulfato de calcio se encuentran el yeso y la anhidrita, como sulfuro de calcio se halla el mineral llamado fluorita o espanto y como fosfato el apatito y la fosforita, $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$. En las aguas se encuentra en mayor cantidad que el magnesio siendo, salvo en raras excepciones, el catión más abundante. A las aguas pasa por simple disolución, cuando tiene su origen en los yesos o los silicatos, o bien por ataque de las calizas o dolomitas, por la acción del anhídrido carbónico (Badilla *et al.*, 2005). Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la

Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, la concentración de calcio se encuentra en el segundo nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado de 100 ppm.

El calcio (Ca) es un micronutriente del grupo de los minerales que debe, siempre, formar parte de nuestra dieta. Es el elemento mineral más abundante en nuestro organismo, ya que forma parte importante del esqueleto y los dientes. Supone alrededor del 2% del peso corporal; en cifras absolutas, aproximadamente 1.200 g (1,2 kg). De todo el calcio corporal, el 99% se encuentra en el esqueleto y los dientes en forma de hidroxiapatita, un compuesto cristalino que incluye fósforo ($\text{Ca}_{10} [\text{PO}_4]_6 [\text{OH}]_2$). El resto (1%) se encuentra en los tejidos blandos y en los fluidos corporales (Theobald, 2005) El cuerpo humano adulto contiene más de un kilo de calcio y prácticamente todo se concentra en forma del componente mineral del esqueleto, el compuesto de fosfato cálcico hidroxiapatita. Se promueve el consumo de grandes dosis de calcio, bien a partir del alimento o de complementos, para el mantenimiento de la salud ósea y la prevención y/o tratamiento de la osteoporosis (Webb, 2007).

1.1.9.1 Funciones del calcio

Las funciones del calcio, se pueden concretar en dos: a) Funciones Esqueléticas: El Ca es parte fundamental de nuestro esqueleto (huesos) y de los dientes. El hueso está formado por una matriz proteica que se mineraliza de forma mayoritaria con calcio (el más abundante), fosfato y magnesio; para ello es imprescindible un correcto aporte dietético de Ca, fósforo y vitamina D. El tejido óseo está formado por dos tipos diferentes, el hueso compacto (cortical) (80%), cuya función es la de dar dureza al esqueleto y ejercer la función estructural, y el hueso trabecular (20%), cuya función es metabólica. A pesar de su apariencia compacta, el hueso es una estructura dinámica que está en constante remodelación, destruyéndose (resorción) y formándose (formación) continuamente. (Theobald, 2005) y b) Funciones Reguladoras: El Ca (el Ca iónico: Ca^{2+}) es un componente celular imprescindible para mantener y/o realizar las diferentes funciones especializadas de prácticamente todas las células del organismo. Estas funciones, no esqueléticas, podemos dividir las en estructurales y

propia mente reguladoras. Dentro de las primeras, el Ca está implicado en el mantenimiento de estructuras celulares (orgánulos), gránulos de secreción, membranas celulares y subcelulares y estructuras nucleares (como los cromosomas) (Theobald, 2005 y Cai *et al.*, 2015). El calcio cumple funciones bioquímicas importantes en casi todas las células y su concentración sanguínea está bajo un control homeostático estricto, de manera que no se observa una deficiencia en el corto plazo, porque los niveles son mantenidos a expensas del calcio que se encuentra en los huesos. Bajo tales circunstancias, existe una inadecuada mineralización en los jóvenes o el mineral es retirado del hueso con una consecuente reducción de la fuerza del hueso. Por ello, diversos estudios han encontrado que una ingesta crónica inadecuada de calcio es una de las causas importantes de una masa ósea reducida y de osteoporosis (Fossas, 2005)

1.1.9.2 Consumo de calcio

Muchos individuos en el Reino Unido y probablemente en otros países occidentales presentan consumos habituales de calcio alimentario que se consideran insatisfactorios. Existen indicios de que el consumo en grandes cantidades de complementos de calcio en niños produce, de manera inicial, un pequeño, pero mensurable, aumento de la densidad ósea, aunque la eficacia parece disminuir con el consumo continuado y no hay confirmación de que el efecto se mantenga a largo plazo, una vez que cesa el uso de los complementos. Es importante alentar a los niños a mantener un consumo suficiente de productos lácteos (los productos lácteos con bajo contenido de grasa contienen la misma cantidad de calcio que los ricos en grasa). Existen pocos indicios convincentes de que un consumo importante de calcio en la edad adulta antes de la menopausia tenga una influencia significativa en la densidad ósea y, de hecho, la osteoporosis aparece más frecuente en las poblaciones de adultos que beben leche y que tienen ingestas de calcio consideradas grandes a nivel internacional. En las ancianas cuyo consumo habitual de calcio es pobre, los complementos de calcio parecen ralentizar la pérdida de masa ósea. Estos complementos pueden ser una alternativa útil si no puede mejorar la dieta. (Webb, 2007).

Existen diversos estudios que recogen las ingestas de Ca de la población española. El estudio ENIDE (2011) muestra una ingesta observada de calcio de 886 mg/día en hombres y 834 en mujeres. La adecuación va desde un 65% a un 98%, dependiendo de las ingestas diarias recomendadas (IDR) consideradas. Sin embargo, si en este mismo estudio consideramos la distribución de las ingestas habituales teniendo en cuenta las variaciones intra e interindividuales así también los porcentajes de población con riesgo de ingestas bajas de Ca oscila entre el 20-30% en hombres y el 35-82% en mujeres, dependiendo de los segmentos de edad. La principal fuente de este mineral son la leche y productos lácteos (44%), seguidos de pescados, moluscos y crustáceos y legumbres, semillas y frutos secos. Los datos sobre ingesta de Ca del panel de consumo alimentario FEN-MAGRAMA son semejantes al estudio ENIDE y presentan una ligera tendencia al descenso desde 2003 a 2008 de 889 mg/ día frente a 874 mg/día. (Del Pozo *et al.*, 2012)

1.1.9.3 Calcio en las aguas de bebida

La dureza del agua es un constituyente inespecífico debido principalmente al calcio y el magnesio. Ni la legislación española ni la OMS establecen un límite máximo basándose en la falta de evidencia de asociación entre dureza del agua y salud. Cuando se revisan las recomendaciones sobre el tipo de agua de consumo público en la infancia, se acostumbra a restarle importancia al calcio. Los dos motivos fundamentales son los inconvenientes de las incrustaciones en los sistemas de conducción de las aguas duras, así como la posible asociación entre aguas duras y nefrolitiasis. Sin embargo, el calcio del agua es un componente nutricional significativo, y más ante la tendencia de nuestra sociedad a consumir bebidas refrescantes ricas en fosfatos desde la infancia, con lo que hay una menor absorción de calcio. (Bohmer *et al.*, 2001)

Las aguas duras se someten a menudo a procesos de intercambio iónico o de ósmosis inversa para eliminar el calcio, generando aguas poco recomendables por el exceso de sodio o déficit de flúor, respectivamente. El calcio del agua tiene una biodisponibilidad semejante al de la leche. Por

ello, en niños y personas sin nefrolitiasis el agua con concentración de calcio entre 50 y 100 mg/l puede suponer una fuente no desdeñable de calcio ya que supone entre el 24 y el 56 % de la ingesta adecuada recomendada diaria de calcio en el caso del lactante (Ballabriga y Carrascosa, 2001 y Vitoria y Dalmau, 2011)

1.1.9.4 Calcio en los alimentos

El calcio lo encontramos en algunos alimentos como sardinas y otros pescados pequeños, almejas, camarones, salmón, berza, hojas de nabo. Así el alimento más importante en calcio es la leche y sus derivados. Nuestro organismo contiene entre 1000 y 1500 gr. de calcio de los que el 90% se encuentran en los huesos. (Martín, 1995). La principal fuente de Ca en la dieta son la leche y todos sus derivados. Algunos quesos contienen más de 1 g de Ca por 100 g de alimento, siendo la mantequilla la que presenta un contenido menor, 15 mg/100 g. La leche líquida presenta una media de 124 mg/100 g. Dos tercios del Ca en la leche se encuentran unidos a caseína y el resto libre. Después se encuentran las verduras de hoja verde, frutas y legumbres, que pueden tener importancia en un patrón alimentario mediterráneo, en el que pueden aportar hasta 400 mg/día. Los cereales no son una fuente rica en Ca excepto si están suplementados con él, como ocurre en algunos países como el Reino Unido. Por último, no debemos olvidar el agua y los complementos alimenticios. (Theobald, 2005)

Muchos alimentos son ricos en calcio, sobre todos los de origen animal tales como el huevo, la leche y de otros productos de origen animal. Las legumbres y las leguminosas también lo poseen. Los productos lácteos aportan más del 55% del calcio ingerido en la dieta. También son fuentes de calcio en la dieta diaria algunos vegetales de hojas verdes, como brócoli y coles rizada. La vitamina D se necesita para ayudarle al cuerpo a usar el calcio, razón por la cual se fortifica la leche con esta vitamina. (Loján, 2011, Franco y Charca, 2011 y Chiappa, 2011)

1.1.9.5 Absorción del calcio

En primer lugar, debemos saber que la vitamina D incrementa la absorción de calcio en el intestino, por lo que ingerir alimentos que la contengan como aceites de pescado, salmón, sardinas, huevo, entre otros, y exponerse a la luz solar, serán buenas opciones para que ésta se presente en niveles normales y favorezca el aprovechamiento del calcio. Por otro lado, cuando más necesidad tenemos de calcio, más se absorbe, de aquí deriva la importancia de cubrir la ingesta recomendada de calcio en etapas de crecimiento, por ejemplo. Entre los factores que debemos limitar porque entorpecen la absorción de calcio, se encuentra el ácido oxálico, presente en vegetales como la remolacha, la acelga, la espinaca y en alimentos como el cacao el polvo. El ácido oxálico forma compuestos insolubles junto al calcio que impiden su absorción en intestino, por eso, el calcio de las espinacas se absorbe sólo en un 5%, mientras que el calcio derivado de los lácteos tiene una biodisponibilidad mucho mayor. En estos casos, es recomendable no ingerir todas las porciones de leche junto a cacao, ya que reduciríamos la disponibilidad del mineral. Además, el ácido fítico de la fibra, que contiene fósforo, y la fibra propiamente dicha, sobre todo el salvado de trigo, forman fitatos de calcio y quelatos insolubles, respectivamente, que interfieren en su absorción en el organismo. Incluso, las dietas con alta cantidad de proteínas de origen animal y sodio, incrementan la excreción de calcio por orina, pero esto puede ser contrarrestado con la adecuada ingesta del mineral mediante los alimentos. Una dieta con cantidades suficientes de calcio y que incluya proporciones adecuadas de otros nutrientes, no tendrá por qué ser causante de una carencia de este mineral que tanto puede ayudarnos a mantener la forma física y la salud en buen estado. (Martín, 1995).

Para efectos prácticos, la absorción de calcio es más eficiente si se consume en dosis divididas a lo largo del día. El ingreso del calcio al organismo se realiza mediante combinaciones orgánicas unido a las proteínas, a los ácidos grasos o en forma de sales, como carbonatos, fosfatos y cloruros de calcio. De importancia para su absorción resulta el ácido clorhídrico del estómago, que solubiliza parte del calcio unido a

diferentes productos insolubles. La absorción del calcio ocurre por el intestino delgado influyendo en ello varios factores. En primer lugar, hay que señalar que todos los elementos que favorecen el pH ácido del contenido intestinal incrementan la absorción del calcio. Por el contrario, cuando el pH se hace más alcalino se producen fosfatos y carbonatos neutros más insolubles y con ello menos calcio absorbido, el transporte activo, a nivel del intestino delgado, requerido para la absorción del calcio. De igual manera actúan los azúcares, las proteínas y las grasas favoreciendo la absorción del calcio, ya que por diversas vías actúan disminuyendo el pH intestinal. Una vez absorbido el calcio se localiza en todo el organismo, bien en forma iónica como Ca^{+2} , o en forma de complejos orgánicos unidos a proteínas o bien en forma de sales difusibles o no. La absorción de calcio es elevada cuando la ingesta es baja y disminuye cuando se ingieren grandes cantidades, el calcio solo se absorbe si está en una forma hidrosoluble, la absorción de calcio disminuye por la existencia de sales insolubles como fosfatos y oxalatos. (Erdman *et al.*, 2013 y Franco y Charca, 2011)

1.1.9.6 Biodisponibilidad del calcio del agua

Miñana,(2002) comprobó la biodisponibilidad del calcio aportado a partir de las aguas ricas en calcio (467 mg/l) comparándolo con el de la leche de vaca en 9 mujeres jóvenes. Las tasas de absorción fueron $25,0 \pm 6,7\%$ para la leche y $23,8 \pm 4,8\%$ para el agua. Asimismo, la excreción urinaria de calcio no difirió ni se vio influida por la concentración de sulfatos del agua. Este porcentaje de absorción no parece constante. Así, con aguas con menor concentración (100 mg/l), el porcentaje absorbidos mayor (47,5%). Actualmente, se acepta que el calcio del agua se absorbe como mínimo como el de los productos lácteos, así mismo comprobaron los efectos que medio litro de agua rica en calcio (aporte de 172 mg en 500 mL de agua) ejercían sobre la función paratiroidea y la resorción ósea, frente a la ingestión de aguas con menos de 10 mg/l de calcio. (Guillemant *et al.*, 2000).

1.1.9.7 Clasificación de acuerdo a la Concentración de Calcio

En la tabla 1, se muestra la clasificación de aguas de acuerdo a la concentración de calcio y el aporte a la ingesta diaria.

Tabla 1

Clasificación de acuerdo a la concentración y % de aporte de calcio a la ingesta diaria

Concentración de calcio (mg/l)	% de aporte de calcio a la ingesta recomendada diaria (IRD)	Clasificación de acuerdo con el aporte
0 – < 50	0 a 4,99	Escasa
50 -< 100	5 a 9,99	Normal
100- < 150	10 a 14,99	Buena
>= 150	> a 15	Muy buena

Fuente: Mora *et al.* (2000)

1.1.10 Magnesio

El magnesio no existe libre en la naturaleza. Se encuentra combinado como carbonato, $MgCO_3$, constituyendo el mineral llamado magnesita o giobertita. Como sulfato y cloruro forma parte de las sales dobles en diversos yacimientos. Los silicatos más corrientes, donde encontramos el magnesio asociado son, el talco (piedra de jabón) de fórmula $H_2Mg_3(SiO_3)_4$, el asbesto, $Mg_3Ca(SiO_3)_4$, la sepiolita o espuma de mar de fórmula $MgSi_3O_8 \cdot 2H_2O$, la serpentina, $Mg_3Si_2O_7 \cdot 2H_2O$ y el olivino o peridoto, Mg_2SiO_4 . Se encuentra generalmente en las aguas en cantidades mucho menores que el calcio, pero su importancia biológica es grande, ya que es indispensable en el desarrollo de ciertos sistemas enzimáticos, actuando igualmente en la constitución de los huesos. Una persona adulta debe de tomar por término medio 200 a 300 mg por día. Si la cantidad de magnesio en el agua es muy grande, puede esta actuar como laxante e incluso adquirir un sabor amargo. 129 Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, la concentración de magnesio se encuentra en el segundo nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado de 30 ppm y un máximo permisible de 50ppm. (Badilla *et al.*, 2005)

El magnesio es el cuarto mineral más abundante en el cuerpo y es esencial para la buena salud. Ayuda a mantener la función normal del músculo y del nervio, mantiene estable el ritmo cardiaco, contribuye para tener un sistema inmune saludable y mantiene fuerte los huesos. El magnesio también ayuda a regular los niveles de azúcar en la sangre, promueve una presión sanguínea normal y se sabe que está involucrado en el metabolismo de energía y en la síntesis de proteínas. Además, existe un creciente interés en el papel del magnesio en la prevención y manejo de desórdenes tales como la hipertensión, enfermedades cardiovasculares y diabetes (Yardley, 2013). Durante los últimos 20 años, ha habido un incremento en el conocimiento acerca del magnesio y de los trastornos en el balance de magnesio, abriéndose nuevas expectativas para los pacientes, especialmente en los pacientes con Enfermedad Renal Crónica (ERC) (De Francisco y Rodríguez, 2013).

1.1.10.1 Funciones del magnesio

El magnesio cumple varias funciones intracelulares. Estabiliza las enzimas en muchas reacciones que generan ATP, antagoniza el calcio en la contracción muscular, modula la señal de transducción y proliferación celular de la insulina y es importante para la adhesión celular y el transporte de membrana (De Francisco y Rodríguez, 2013).

El magnesio es el componente esencial del tejido óseo y forman la estructura del hueso. También es importante en la regulación de los huesos y del estado mineral. En concreto, el magnesio influye en la formación de los cristales hidroxiapatitos mediante la regulación del equilibrio del calcio y sus interacciones con la vitamina D y la hormona paratiroidea (Thompson, 2008).

El magnesio participa en la trasmisión y la actividad neuromuscular, de manera concertada con los efectos del calcio o de forma opuesta a los mismos, dependiendo del sistema implicado. En una contracción muscular normal el calcio actúa como estimulador y el magnesio como relajante. El magnesio actúa como bloqueante fisiológico de los canales del calcio. Las ingestas elevadas de magnesio se asocian a una mayor densidad ósea (Kathleen y Escott-Stump, 2009).

1.1.10.2 Clasificación del Aporte Nutricional de Magnesio en el Agua.

En la tabla 2, se muestra la clasificación de aguas de acuerdo a la concentración de magnesio y el aporte a la ingesta diaria.

Tabla 2
Sistema de clasificación del aporte nutricional de magnesio en el agua de bebida.

Concentración de Mg. en mg/L.	% de aporte de Mg. a la Ingesta Diaria	Clasificación según % de aporte
0 – 17.5	0 < 5	Escasa
17.6 – 35.0	5 - < 10	Normal
35.1 – 52.5	10 - <15	Buena
> ó = 52.6	> ó = 15	Muy buena

Fuente: Martínez, *et al.* (2008)

1.1.10.3 Consumo de magnesio

Bain *et al.* (2015), señalan que la dieta con magnesio puede modificar los principales factores de riesgo de accidente cerebrovascular, la hipertensión arterial y el colesterol total, pero ha sido poco estudiado en ambos sexos en una misma población. Los mismos autores encontraron que la ingesta baja de magnesio en la dieta se asocia con un mayor riesgo de accidente cerebrovascular e hipertensión arterial, lo que puede tener implicaciones en la prevención primaria. (Kawano *et al.*, 1998) encontraron que la suplementación oral de magnesio disminuyó significativamente la presión arterial a las 24 horas en pacientes hipertensos en la oficina y el hogar, y este efecto fue mayor en los sujetos con una mayor presión arterial inicial.

1.1.10.4 Magnesio en los alimentos

El magnesio principalmente se encuentra en la leche y derivados, legumbres, verduras de hoja verde, cereales de grano entero y frutos secos. También en carnes y pescados. Puede aparecer carencia en la postcirugía, en el síndrome de malabsorción o en otros trastornos digestivos. También,

y esto es, más frecuente, en las dietas hipocalóricas o en ciertas dietas de moda, cuando éstas se mantienen cierto tiempo. Hace años este mineral estuvo de moda; la gente acudía a las consultas de los médicos en demanda de este mineral y otros se lo administraban por su cuenta, bien en forma de pastillas o bien en forma de frutos secos. Si una persona tiene cuidado de alimentarse con sentido común, si todos los días observa la rueda de los alimentos, en definitiva, si su alimentación es variada, es innecesario preocuparse por este o cualquier otro nutriente. (Martín, 1995).

El magnesio se distribuye ampliamente en plantas y alimentos de origen animal. La mayoría de vegetales verdes, nueces y otros frutos secos leguminosos, legumbres frescas, oleaginosas y granos integrales son ricos en magnesio. Una dieta normal habitualmente aporta cantidades adecuadas. Son buenas fuentes las semillas, los frutos secos, las legumbres y los granos de cereales molidos, así como las verduras, porque el magnesio es un constituyente esencial de la clorofila. La leche es una fuente moderadamente buena de magnesio, sobre todo porque la leche y otros productos lácteos se consumen de forma generalizada. El pescado, la carne y las frutas que se consumen con más frecuencia (es decir naranjas, manzanas y plátanos) son fuentes pobres de magnesio. El tofu que se prepara por precipitación de magnesio es una buena fuente. Las dietas ricas en alimentos refinados, carne y productos lácteos habitualmente tienen menor contenido de magnesio que la dieta rica en verduras y granos no refinados. En cambio, harinas de maíz, arroz, trigo, entre otros cereales pulidos, tienen pobres niveles de magnesio. Se pierde magnesio durante el refinado del trigo y el procesado de alimentos y generalmente no se aporta como parte del enriquecimiento de los cereales (Blanco, 2011 y Kathleen y Scott, 2009).

1.1.10.5 Deficiencia de magnesio

La deficiencia de este elemento es provocada muchas veces por problemas en su absorción, patologías renales, diuresis excesiva, alcoholismo crónico, diarrea severa. El déficit primario de magnesio se origina por dos mecanismos etiológicos, que son por deficiencia y la otra por depleción que es debida a la

desregulación de los factores que controlan el estatus de Mg^{+2} como la hipo absorción intestinal de Magnesio. En este sentido, la deficiencia de magnesio puede estar relacionada con una presión arterial elevada debido a que un exceso de calcio puede provocar una constricción de los músculos de las paredes de las arteriolas. Dada la posible relación entre la deficiencia de magnesio y las arritmias cardiacas y la presión arterial elevada, Douban y Brodsky han indicado que la deficiencia de magnesio puede estar asociado a las enfermedades cardiovasculares. (Martinez, 2012 y Melvin, 2002)

La hipomagnesemia produce cambios en los electrocardiogramas, los que generalmente son enmascarados por los que ocasionan otras enfermedades y anomalías metabólicas. Los pacientes hipomagnesémicos son particularmente susceptibles al desarrollo de arritmias relacionadas con el empleo de digitálicos. El déficit intracelular del magnesio y el exceso de digoxina actúan en forma aditiva para modificar la función de la bomba de sodiopotasio. Las manifestaciones neurológicas y cardíacas pueden deberse a la hipomagnesemia o a la asociación de ésta con hipocalcemia e hipopotasemia. (Lovesio, 2006).

En animales y también en seres humanos voluntarios, la inducción experimental de una deficiencia de magnesio provocó: reducción de los niveles sanguíneos de magnesio, potasio y calcio, debilidad muscular, espasmos, cambios de la personalidad, náuseas, vómitos y anorexia. Estos síntomas desaparecen al recuperarse las reservas de magnesio. Rara vez se registran deficiencias nutricionales primarias de magnesio, pero son una consecuencia relativamente frecuente de otras patologías crónicas y agudas, como enfermedades renales, diabetes mellitus incontrolada, alcoholismo y algunas patologías gastrointestinales. Estas enfermedades provocan un aumento de las pérdidas de magnesio o una reducción de la cantidad que se absorbe en el intestino. Existe una patología congénita rara en la que aparece una anomalía de la absorción de magnesio en el intestino: hipomagnesemia idiopática primaria. El consumo de magnesio por debajo de niveles óptimos parece ser frecuente y el agotamiento del mineral es consecuencia de un cierto número de patologías frecuentes. Existen numerosas voces que exponen las consecuencias negativas a largo plazo del consumo mínimo de magnesio o las consecuencias favorables del uso de complementos. La sintomatología más frecuente del consumo excesivo de

magnesio es la aparición de diarrea. Muchos laxantes y antiácidos contienen sales de magnesio. (Pérez *et al.*, 1991).

1.1.10.6 Ingesta recomendada

Son las cantidades medias de nutrientes que representan “las que debe ingerir un colectivo que presenta unas características fisiológicas similares”, aunque esta cantidad cubra con mayor exactitud los requerimientos de algunas personas que los de otras (aquellas con requerimientos más pequeños o muy elevados). Las ingestas recomendadas de nutrientes deben superar por definición los requerimientos de la mayoría de los individuos del grupo para que el que se establecen. (Requejo y Ortega, 2000)

La ingesta dietética normal de magnesio en el adulto es de 300 a 360 mg/día. Es necesario un ingreso de magnesio de alrededor de 3,6 mg/kg/día para mantener el balance del catión. El ingreso por la dieta es la única fuente por la cual el organismo puede suplir sus depósitos de magnesio. Los requerimientos pueden aumentar durante el embarazo, la lactancia y la adolescencia. La absorción máxima se lleva a cabo en el yeyuno e íleon del intestino delgado. Con una dieta normal, un tercio del magnesio pasa la barrera enteral y los dos tercios restantes son excretados con las heces. Con dietas pobres en magnesio, se absorbe hasta el 80%, mientras que sólo se absorbe el 25% cuando el ingreso de magnesio es elevado. La absorción de magnesio se produce mediante dos procesos: el primero es un proceso activo y saturable, que constituye la ruta principal de transporte de magnesio; y el segundo proceso es un mecanismo, que es pasivo y no saturable y se realiza a través de la ruta paracelular (Lovesio, 2006, Thompson, 2008 y Pérez *et al.*, 2009)

1.1.10.7 Magnesio en el agua

El magnesio se encuentra generalmente en las aguas en cantidades mucho menores que el calcio, pero su importancia biológica es grande, ya que es indispensable en el desarrollo de ciertos sistemas enzimáticos, actuando igualmente en la constitución de los huesos. Una persona adulta debe de

tomar por término medio 200 a 300 mg por día. Si la cantidad de magnesio en el agua es muy grande, puede esta actuar como laxante e incluso adquirir un sabor amargo. Así mismo, según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, la concentración de magnesio se encuentra en el segundo nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado de 30 ppm y un máximo permisible de 50 ppm. (Zamora, 2009). El agua de bebida puede contener hasta 50 mg/L en algunas áreas de agua dura. El magnesio está presente en muchos complementos multinutricionales y también está disponible como complemento único o en combinación con calcio y vitamina D. (Webb, 2007)

El contenido de magnesio del agua potable varía considerablemente. Cuanto más dura sea el agua, más magnesio contiene. Esta gran variabilidad del contenido de magnesio en el agua hace imposible que se pueda estimar que cantidad de agua puede contribuir al contenido de magnesio de nuestra dieta (Thompson, 2008).

Martínez *et al.* (2008) refieren que el agua contiene otros minerales, como el magnesio y el sodio, con efectos potenciales para la salud. El agua, tanto envasada como de consumo público, presenta una gran variabilidad en las concentraciones de calcio, magnesio y sodio. En ocasiones, el agua incluso puede suministrar los objetivos nutricionales mínimos de calcio y magnesio y exceder los de sodio. Estos datos, dadas sus repercusiones en la salud, deberían tenerse en cuenta a la hora de seleccionar el agua para el consumo, lo que se resume en la tabla 3.

Tabla 3
Ingesta recomendada diaria de calcio y magnesio

Calcio (mg/día)	Magnesio (mg/día)
800	330-350
700	300
800	300

Fuente: (Webb, 2007, Martín, 1995 y OMS, 2004)

1.1.11 Espectrofotometría de absorción atómica

La espectrometría de absorción atómica es una técnica para determinar la concentración de un elemento metálico determinado en una muestra. Puede utilizarse para analizar la concentración de más de 62 metales diferentes en una solución. La técnica hace uso de la espectrometría de absorción para evaluar la concentración de un mineral en una muestra. Se basa en gran medida en la ley de Beer-Lambert. En resumen, los electrones de los átomos en el atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía (es decir, luz de una determinada longitud de onda). Esta cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular, y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento. Como la cantidad de energía que se pone en la llama es conocida, y la cantidad restante en el otro lado (el detector) se puede medir, es posible, a partir de la ley de Beer-Lambert, calcular cuántas de estas transiciones tienen lugar, y así obtener una señal que es proporcional a la concentración del elemento que se mide. Para analizar los constituyentes atómicos de una muestra es necesario atomizarla. La muestra debe ser iluminada por la luz. Finalmente, la luz es transmitida y medida por un detector. Con el fin de reducir el efecto de emisión del atomizador (por ejemplo, la radiación de cuerpo negro) o del ambiente, normalmente se usa un espectrómetro entre el atomizador y el detector. (Pérez *et al.*, 1991).

1.1.12 Grupo Etéreo.

Perteneciente o relativo a la edad de una persona y se clasifica en:

Partiendo de la Psicología del Desarrollo, se tomó como referentes a Papalia, Wandkos y Dustin (2005). Sobre la división etaria se agrupó la infancia, la niñez temprana e intermedia en el grupo de los 1-10 años, la adolescencia de los 11-20, se dividió la edad adulta temprana en dos grupos; de los 21-30 y de los 31-40. La edad adulta intermedia se dividió de los 41-50 y de los 51-60 años. Por último, la edad adulta tardía se concentró en el grupo de los 60 y más.

1.2 Antecedentes

Martínez *et al.* (2008) refiere que existe una gran variabilidad en las concentraciones de minerales de las diferentes aguas envasadas y en las aguas de consumo público. Así, en las aguas envasadas inscritas en nuestro país, la concentración de Calcio oscila entre 0,5 y 672 mg/l, el 16% tenía una concentración de calcio > 100 mg/l y dos tenían una concentración > 300 mg/l. Algunas aguas europeas tenían concentraciones muy altas de calcio (459-575 mg/l); las concentraciones de sodio oscilan entre 0,1 y 2.000 mg/l y las de magnesio, entre 0,1 y 128 mg/l. En las aguas de consumo público, las concentraciones de calcio oscilan entre 0 y 337 mg/l; las de sodio, entre 1 y 332 mg/l, y las de magnesio, entre 0,3 y 315 mg/l. El 33,4% de las aguas de consumo público tenían una concentración de calcio > 100 mg/l, y en 4 fue > 200 mg/l.

Salas *et al.* (2014). en su trabajo de investigación reporta que la concentración media de calcio en aguas de consumo público fue de $38,96 \pm 32,44$ mg/L (rango: 0,40-159,68 mg/L). En 27 poblaciones el agua contiene entre 50-100 mg/L de calcio y en 6 fue superior a 100 mg/L. La concentración media de calcio de las 97 marcas españolas de aguas fue de 39,6 mg/L (rango: 0,6-610,1 mg/L), 34 de ellas contenían entre 50-100 mg/L de calcio, mientras que en 6 de ellas más de 100 mg/L. De las 12 marcas importadas, 10 contenían más de 50 mg/L. Asumiendo una ingesta de agua recomendada, si el agua contiene entre 50-100 mg/L de calcio, ésta aportaría entre 5,4-12,8% de la ingesta de calcio recomendada para los niños de 1-13 años, hasta el 13,6% en adolescentes, entre 5,8-17,6% en adultos, y hasta el 20,8% en madres lactantes. El agua conteniendo 100-150 mg/L de calcio aportaría entre 10- 31% de las recomendaciones según la edad.

Mora *et al.* (2000) Los resultados se presentan en un mapa, que muestra los porcentajes de contribución del agua a la recomendación diaria admisible (RDA) de calcio (800 mg/día). Estos datos indican que las aguas suministradas en los cantones de las provincias de San José, Alajuela, Heredia y Cartago aportan valores inferiores a 8.9%, mientras que la mayoría de los acueductos ubicados en los cantones de las provincias costeras (Guanacaste, Puntarenas y Limón) contribuyen con más de 10%, lo que resulta significativo en las RDA de Costa Rica.

Jodral *et al.* (2007) Determinaron los niveles de calcio y magnesio en aguas (potables, de riego, residuales y marinas) de la zona industrial y costera del sureste de España. Las muestras de agua acidificadas fueron analizadas por espectrometría de absorción atómica.

Previamente las muestras fueron tratadas con 0,2 ml de LaCl_3 (10 mg/mL La) como modificador de matriz. Las concentraciones de magnesio oscilaron entre 18,2 $\mu\text{g/L}$ y 2286,7 $\mu\text{g/L}$ y las de calcio desde 48,8 $\mu\text{g/L}$ a 627,1 $\mu\text{g/L}$. Los niveles medios de magnesio y calcio en aguas marinas fueron significativamente superiores ($P < 0,001$). Las concentraciones de magnesio encontradas en los diferentes grupos de aguas estuvieron lineal y significativamente correlacionadas con los niveles de calcio correspondientes ($r = 0,942$; $P < 0,001$). La actividad humana e industrial no influyó en los niveles de magnesio y calcio en las aguas de riego y marinas de la zona. Sin embargo, los efluentes de la fábrica de papel existente en la zona y los de origen doméstico aumentaron significativamente las concentraciones de calcio en las aguas residuales.

Miñana (2002) refiere que las aguas duras se someten a menudo a procesos de intercambio iónico o de ósmosis inversa para eliminar el calcio. Estos procesos generan aguas poco recomendables para la infancia (exceso de sodio o déficit de flúor). En los enfermos con nefrolitiasis cálcica lo más importante es aumentar la ingestión de agua, siendo la mejor el agua bicarbonatada y pobre en calcio. El calcio del agua tiene una biodisponibilidad semejante a la de la leche y además logra una frenación mayor de la resorción ósea si se toma a lo largo del día. Por ello, en los niños y personas sin nefrolitiasis, el agua con concentración de calcio entre 100 y 200 mg/L puede suponer una fuente importante de aporte dietético de calcio, ya que supone entre el 16 y el 60% de los aportes adecuados recomendados diarios de calcio

Para Vitoria y Dalmau (2011) el agua: bebida recomendable para una adecuada nutrición en la infancia llega a las siguientes conclusiones: El agua debe seguir siendo la bebida que acompañe tanto a los niños como a los adolescentes en sus comidas. El agua y la leche deben seguir siendo las bebidas básicas en la infancia, mientras que las bebidas de refresco y los zumos de frutas deben ser de consumo ocasional. La composición ideal del agua para el primer año de vida debe ser: Sodio: posiblemente es más segura una concentración de sodio < 25 mg/L en los primeros 4-6 meses y < 50 mg/L a partir de dicha edad, Calcio: 25-100 mg/L, Flúor: $< 0,3$ mg/L. Nitratos: < 50 mg/L (idealmente < 25 mg/L), La composición ideal del agua para el resto de la infancia debe ser: Sodio: < 50 mg/L, Calcio: 25-100 mg/L, Flúor: < 1 mg/L, Nitratos: < 50 mg/L (idealmente < 25 mg/L); El agua potable debe hervirse un máximo de 1 minuto en la preparación de alimentos del lactante.

Rosanoff *et al.* (2012) tuvo las siguientes conclusiones: Sería sabio y progresivo para la salud pública considerar cómo podría ser el agua potable con alto contenido de magnesio puesto a disposición de las comunidades, es decir, agua con niveles de magnesio de al menos 10 ppm e idealmente de 25-100 ppm. Los fabricantes de bebida embotellada pueden ser alentados a considerar cómo el contenido de magnesio podría mejorar la calidad de sus productos. Ciertamente el etiquetado referente al contenido de magnesio en bebidas y aguas embotelladas (junto con calcio y sodio) está justificado. Como lo expresaron Calderon y Hunter en el Mundial de 2009 Informe de la Organización de la Salud.

Vitoria *et al.* (2014) en su trabajo llega a los siguientes resultados: La concentración media de calcio en aguas de consumo público fue de $38,96 \pm 32,44$ mg/L (rango: 0,40-159,68 mg/L). En 27 poblaciones el agua contiene entre 50-100 mg/L de calcio y en 6 fue superior a 100 mg/L. La concentración media de calcio de las 97 marcas españolas de aguas fue de 39,6 mg/L (rango: 0,6-610,1 mg/L), 34 de ellas contenían entre 50-100 mg/L de calcio, mientras que en 6 de ellas más de 100 mg/L. De las 12 marcas importadas, 10 contenían más de 50 mg/L. Asumiendo una ingesta de agua recomendada, si el agua contiene entre 50-100 mg/L de calcio, ésta aportaría entre 5,4-12,8% de la ingesta de calcio recomendada para los niños de 1-13 años, hasta el 13,6% en adolescentes, entre 5,8-17,6% en adultos, y hasta el 20,8% en madres lactantes. El agua conteniendo 100-150 mg/L de calcio aportaría entre 10-31% de las recomendaciones según la edad.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

El calcio es necesario para el desarrollo y el mantenimiento del esqueleto y de las funciones neuromuscular y cardíaca; la evidencia científica señala una fuerte asociación entre baja ingesta y disminución de la densidad mineral ósea (DMO), por lo tanto, la ingesta adecuada de este mineral puede tener impacto en la reducción de las fracturas originadas por osteoporosis. A pesar de la amplia difusión de información sobre los beneficios del calcio, los estudios muestran que el consumo no cubre las recomendaciones establecidas, las investigaciones encontraron que el 70% de la población no ingiere la cantidad recomendada de calcio.

Así mismo respecto al magnesio algunos investigadores estiman que hasta el 80 % de las personas no obtienen el magnesio suficiente en su alimentación con el fin de compensar la pérdida del mismo; por lo tanto, la deficiencia de calcio y magnesio es un problema de salud pública a nivel mundial.

La región de Apurímac está considerada dentro del mapa de pobreza en uno de los 5 primeros lugares y esto puede atribuir que las personas que habitan en esta región no cubren los requerimientos mínimos de ciertos nutrientes como el calcio y magnesio ya que la alimentación es en poca cantidad y de baja calidad.

El aporte del agua de bebida a los requerimientos de calcio necesario para el organismo humano ha sido poco estudiado. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), considerando una ingesta diaria de 1 litro y medio de agua por persona, el aporte a las recomendaciones dietéticas admisibles (RDA) fluctúa entre el 5 y el 20%. Por otro

lado, los requerimientos promedio de calcio emanados por diferentes organismos es de 800 mg diarios y 350 mg. de magnesio, los cuales varían de acuerdo con la edad y el sexo de la persona. Así también existe evidencias que el calcio del agua tiene una biodisponibilidad semejante a la de la leche y además logra una frenación mayor de la resorción ósea si se toma a lo largo del día. Por ello, en los niños y personas sin nefrolitiasis, el agua con concentración de calcio entre 100 y 200 mg/l. puede suponer una fuente importante de aporte dietético de calcio, ya que supone entre el 16 y el 60% de los aportes adecuados recomendados diarios de calcio. Sin embargo, el calcio del agua es un componente nutricional significativo, y más ante la tendencia de nuestra sociedad a consumir bebidas refrescantes ricas en fosfatos desde la infancia, con lo que hay una menor absorción de calcio.

2.2 Enunciados del problema objeto de investigación

- ¿Cuál es el contenido de calcio y magnesio en los reservorios de agua y el porcentaje de aporte en la ingesta recomendada diaria en los diferentes grupos etáreos?
- ¿Cuál es la cantidad de calcio y magnesio presente en el agua de los reservorios que abastecen a la ciudad de Abancay?
- ¿En qué porcentaje cubre el consumo de agua a la ingesta recomendada diaria de calcio y magnesio?

2.3 Justificación

El calcio y el magnesio son minerales muy importantes en la salud pública y los podemos encontrar tanto en los alimentos que no están procesados, como en las aguas naturales. Las aguas minerales provienen de manantiales y es ésta la que contiene las sales minerales esenciales para mantener el equilibrio perfecto de nuestro organismo. Por estos motivos se ha considerado de gran importancia realizar un estudio de la cantidad de estos minerales en los reservorios de agua que abastecen a la ciudad de Abancay para conocer su concentración ya que en la mayoría de los casos no se considera el agua de bebida en el aporte de calcio y magnesio a la dieta de sus habitantes, y Abancay no es la excepción, ya que el consumo de agua incluso podría aportar las recomendaciones mínimas de estos minerales. Como bien sabemos la región de Apurímac es considerada dentro del mapa de pobreza en uno de los 5 primeros lugares y esto puede atribuir que las personas que

habitan en esta región no cubren los requerimientos mínimos de ciertos nutrientes ya que la alimentación es en poca cantidad y de baja calidad. Por lo que el agua podría complementar la ingesta recomendada diaria tanto del calcio como del magnesio.

2.4 Objetivos.

2.4.1 Objetivo General

Determinar el contenido de calcio y magnesio de los reservorios de agua que abastecen a la ciudad de Abancay y el porcentaje de aporte en la ingesta recomendada diaria.

2.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de calcio y magnesio de los reservorios de agua que abastecen a la ciudad de Abancay.
- Determinar en qué porcentaje cubre el consumo de agua a la ingesta recomendada diaria de calcio y magnesio.

2.5 Hipótesis.

2.5.1 Hipótesis general

Si el contenido de calcio en los reservorios de agua que abastecen a la ciudad de Abancay es mayor a 50 mg/l de agua y mayor a 35 mg/l de magnesio; el aporte a la ingesta recomendada diaria será mayor al 10%.

2.5.2 Hipótesis específicas

- Las cantidades de calcio y magnesio en los reservorios que abastecen agua a la ciudad de Abancay es mayor a 50 y 35 mg/l respectivamente.
- El porcentaje de aporte de calcio y magnesio a la ingesta recomendada diaria es mayor al 10%.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de Estudio

La presente investigación se desarrolló en el departamento de Apurímac, que está situado en la región Sur Oriental del territorio peruano, su latitud oscila entre los 2,378 m.s.n.m. (distrito de Abancay-provincia de Abancay) y los 3,952 m.s.n.m. (distrito de Pataypampa - provincia de Grau). Sus límites son: por el Norte con los departamentos de Ayacucho y Cusco, por el Este con el departamento del Cusco, por el Sur con los departamentos de Arequipa y Ayacucho, por el Oeste con el Departamento de Ayacucho.

El clima es variado de acuerdo a los picos de altitud. Cálido y húmedo en el fondo de los cañones profundos del Apurímac, Pampas y Pachachaca, templado y seco en las altitudes medias; frío y con acentuada sequedad atmosférica en la alta montaña y muy frío en las cumbres nevadas.

El análisis de calcio y magnesio en agua se realizó en el Laboratorio Evaluación Nutricional de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA Puno.

3.2 Población y tamaño de muestra

3.2.1 Población de estudio

La población de estudio estuvo constituida por todos los reservorios de agua que abastecen a la población de Abancay y de los distritos de Tamburco y Pueblo Joven.

3.2.2 Muestra

El presente estudio tuvo como muestra los 4 reservorios de agua que abastecen a la ciudad de Abancay, así también se incluyó el reservorio que abastece al distrito de Tamburco y el reservorio que abastece de agua al distrito de Pueblo Joven haciendo un total de 6 reservorios que es como sigue:

1 Reservorios del Arco, 1 Reservorio de Emusap, 1 Reservorio de Villa Gloria, 1 Reservorio de Díaz Barcenas,

1 Reservorio de Tamburco,

1 Reservorio de Pueblo Joven

- a) **Recolección de muestras:** La colecta de las muestras se realizó en recipientes de vidrio de 250 ml, previamente rotulados y tratados durante 24 horas con ácido nítrico al 30%. Las muestras de agua se recolectaron de los domicilios de los diferentes reservorios, dicha colección se realizó en triplicado, después de dejar el agua en circulación por 2 minutos.
- b) **Conservación de muestras:** Las muestras recolectadas se guardaron bajo sombra en cajas de Tecnopor con hielo molido. A las muestras destinadas a la determinación de metales se les agregó 2 ml. de HNO_3 concentrado por litro de muestra, de esta forma se transportó al laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA Puno para ser analizadas por el método de espectrofotometría de absorción atómica (APHA, 1992).

3.3 Descripción de métodos por objetivos

3.3.1 Análisis de calcio y magnesio en agua

El método que se utilizó para el análisis de metales en agua (calcio y magnesio) fue la espectrometría de absorción atómica que sirve para determinar la concentración de un elemento metálico determinado en una muestra. (Pérez *et al.*, 1991)

Es así que al vaporizar las muestras a muy altas temperaturas es posible evaluar las concentraciones de los átomos seleccionados midiendo la absorción o la

emisión a longitudes de onda características. La espectroscopía atómica comprende la absorción, emisión y fluorescencia de radiación electromagnética por átomos o iones elementales en medio gaseosos. Del proceso de atomización, por el cual la muestra se convierte en un vapor depende la precisión y exactitud de los métodos atómicos (Willard y Merrit, 1991).

En la espectroscopía de absorción atómica (EAA) se mide la absorbancia y la concentración del analito, la cual está relacionada con la señal por medio de la ley de Lambert – Beer. La espectroscopía de absorción atómica al análisis de aguas Es una técnica se ha desarrollado ampliamente en los últimos años, las magníficas posibilidades del método y en particular, su rapidez lo han hecho adaptable para la determinación de un cierto número de elementos (metales y metaloides) encontrados en las aguas. Los elementos presentes en el agua pueden clasificarse en: - Elementos predominantes, tales como calcio, magnesio, sodio y potasio, que se encuentran en concentraciones muy superiores a los límites de detección del método de absorción atómica. - Elementos en estado de trazas, tales como cinc, cobre, hierro, manganeso, aluminio, plata, cobalto, litio y otros, que están presentes en cantidades inferiores a los límites usuales de detección del método de absorción atómica. (Morcillo, 1972).

3.3.2 Para determinar la Ingesta Recomendada Diaria de Calcio y Magnesio

Para la determinación de la Ingesta Recomendada Diaria de calcio y magnesio para los 3 grupos etáreos estudiados que son niños de 4 a 8 años, adolescentes y adultos se utilizó el Informe del Comité de Expertos de Energía y Proteínas de la FAO/OMS /UNU del 2004, lo que se indica en la tabla 4.

Tabla 4
Ingesta recomendada diaria de calcio y magnesio en niños de 4 a 8 años, adolescentes y adultos

	Calcio (mg/día)	Magnesio (mg/día)
4 a 8 años	800	80-120
Adolescentes	1300	240
Adultos	1000	300 a 420

Fuente: FAO/OMS/UNU (2004)

3.3.3 Para determinar el aporte que cubre el consumo de agua a la IRD de calcio y magnesio

Una vez teniendo los datos del análisis de calcio y magnesio en agua obtenidos mediante el método de la espectrofotometría de absorción atómica y así también conociendo la ingesta recomendada diaria según datos de la FAO/ OMS de los 3 grupos etáreos (niños de 4 a 8 años, adolescentes y adultos), se pudo determinar el porcentaje que se cubre de calcio y magnesio al consumir agua.

3.3.4 Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo analítica y prospectiva. Porque se realizaron análisis del contenido de calcio y magnesio de los 6 reservorios de agua que abastecen a la ciudad de Abancay los cuales son: Emusap, Diaz Bárcenas, Villa Gloria, El Arco, Tamburco y Pueblo Joven.

Analítico porque se estudia los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiar en forma individual y luego de forma holística e integral. (Hernández *et al.*, 1991).

3.3.5 Diseño Metodológico

Para la metodología de la presente investigación, se siguió 02 pasos el cual detallamos a continuación:

Primer paso: Se realizó el análisis de calcio y magnesio del agua proveniente de los 6 reservorios, en cada reservorio se tomó las muestras por triplicado, Registrándose los datos tal cual lo indica la tabla 5.

Segundo paso: Se determinó el porcentaje de aporte de calcio y magnesio a la ingesta recomendada diaria para niños de 4 a 8 años, adolescentes y adultos. Registrándose los datos tal cual lo indica la tabla 6.

Tabla 5

Diseño metodológico para la recolección de calcio y magnesio del agua proveniente de los reservorios

Reservorios	Componente	R1	R2	R3
El Arco	Ca	Ca11	Ca21	Ca31
	Mg	Mg11	Mg21	Mg31
Díaz Barcenás	Ca	Ca12	Ca22	Ca32
	Mg	Mg12	Mg22	Mg32
Pueblo Joven	Ca	Ca13	Ca23	Ca33
	Mg	Mg13	Mg23	Mg33
Emusap	Ca	Ca14	Ca24	Ca34
	Mg	Mg14	Mg24	Mg34
Villa Gloria	Ca	Ca15	Ca25	Ca35
	Mg	Mg15	Mg25	Mg35
Tamburco	Ca	Ca16	Ca26	Ca36
	Mg	Mg16	Mg26	Mg36

Tabla 6

Diseño metodológico para la determinación del porcentaje de calcio y magnesio en la ingesta recomendada diaria para niños, adolescentes y adultos

Reservorios	Componente	Niños (1)	Adolescentes (2)	Adultos (3)
El Arco	%IRDCa	%IRDCa11	%IRDCa21	%IRDCa31
	%IRDMg	%IRDMg11	%IRDMg21	%IRDMg31
Díaz Barcenás	%IRDCa	%IRDCa12	%IRDCa22	%IRDCa32
	%IRDMg	%IRDMg12	%IRDMg22	%IRDMg32
Pueblo Joven	%IRDCa	%IRDCa13	%IRDCa23	%IRDCa33
	%IRDMg	%IRDMg13	%IRDMg23	%IRDMg33
Emusap	%IRDCa	%IRDCa14	%IRDCa24	%IRDCa34
	%IRDMg	%IRDMg14	%IRDMg24	%IRDMg34
Villa Gloria	%IRDCa	%IRDCa15	%IRDCa25	%IRDCa35
	%IRDMg	%IRDMg15	%IRDMg25	%IRDMg35
Tamburco	%IRDCa	%IRDCa16	%IRDCa26	%IRDCa36
	%IRDMg	%IRDMg16	%IRDMg26	%IRDMg36

3.3.6 Diseño Experimental

En la figura 1, se muestra el diseño experimental para la determinación del calcio y magnesio y la comparación con las Ingestas Recomendadas diarias de diferentes grupos etarios.

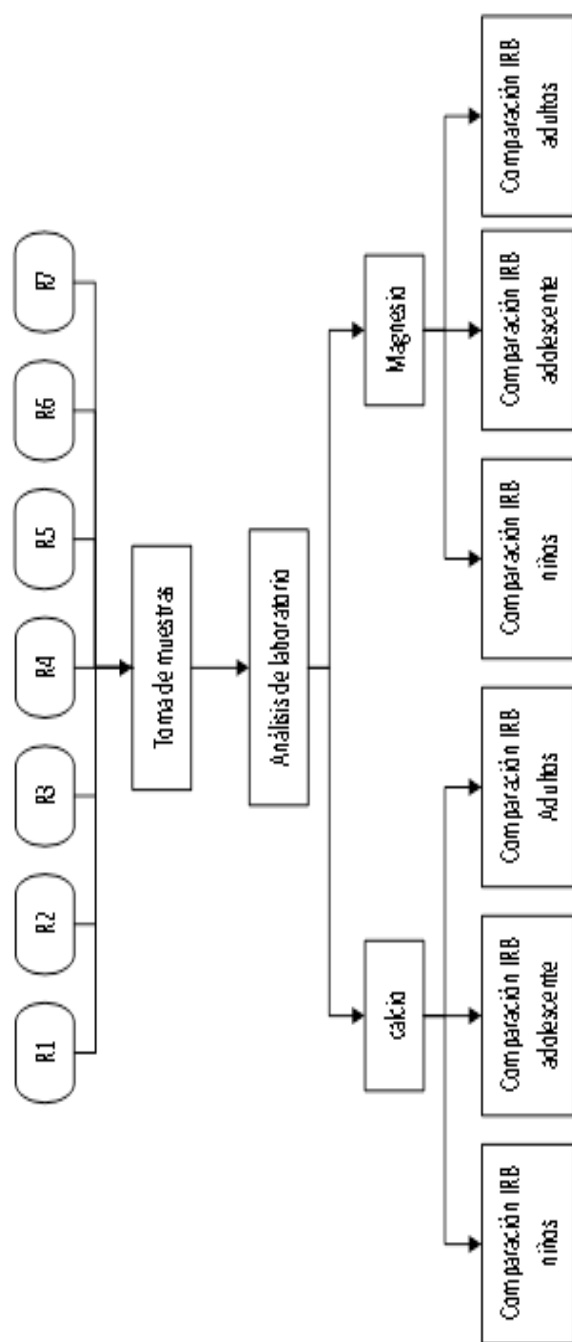


Figura 1. Diseño experimental para la determinación del calcio y magnesio y la comparación con las Ingestas Recomendadas diarias de diferentes grupos etarios.

Leyenda: R1, R2, ..., R7 son los Reservorios de agua de la ciudad de Abancay

3.3.7 Técnicas Estadísticas de Análisis de Datos

El diseño experimental para determinar el contenido de calcio y magnesio de los reservorios de agua se ejecutó mediante un diseño completamente al azar aplicándose la comparación de varias muestras a fin de obtener un ANOVA que nos indica la diferencia o igualdad entre reservorios respecto al calcio y magnesio del agua a una probabilidad del 5%. Y como existió diferencias significativas se realizó unas pruebas de rangos múltiples a fin de determinar cuáles medias son significativamente diferentes respecto a otras. (Nau, 2007).

Seguidamente se determinó el porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria para los diferentes grupos etáreos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Determinación del contenido de calcio y magnesio de los reservorios de agua que abastecen a la ciudad de Abancay.

Para la determinación del calcio se tomó las muestras de los domicilios que pertenecen a cada reservorio ya que se cuenta con 6 reservorios de agua que abastecen a la ciudad de Abancay.

En la tabla 7, se muestra el promedio del contenido de calcio de los distintos reservorios que abastecen de agua a la ciudad de Abancay pudiéndose notar que en los reservorios existe una gran variabilidad en las concentraciones de calcio ya que se encuentran datos que varían desde 36,46 hasta 65,46 mg. de calcio en un litro de agua. Así también se observa que en 5 reservorios los contenidos de calcio están por encima de 50 mg/l de agua y solamente en el reservorio de Villa Gloria el contenido de calcio es de 36,46 mg/l. siendo el dato más mínimo.

Según los resultados estadísticos que se adjuntan en el anexo 1 muestran que la razón-F, que en este caso es igual a 60,1542, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 6 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 7

Contenido de calcio en los reservorios de agua que abastecen a la ciudad de Abancay – 2017

Reservorios	Contenido de Calcio (mg./l.)	Rango
El Arco	62,99 ± 1,55907	3,01
Díaz Barcenás	50,3 ± 1,90788	3,8
Pueblo Joven	54,57 ± 4,23061	8,41
Emusap	62,99 ± 1,56465	3,02
Villa Gloria	36.46 ± 2,34950	4,58
Tamburco	65.46 ± 2,01859	4,01

(n = 3)

De acuerdo a la clasificación realizada por Mora *et al.* (2000) que se muestra en la tabla 1. Las aguas de 5 reservorios como son: El Arco, Díaz Bárcenas, Pueblo Joven, Emusap y Tamburco están dentro de los parámetros de 50 - < 100 mg/l. que es una condición de normal y sólo del reservorio de Villa Gloria está en el parámetro de 0 - < 50 mg/l. que es una condición de escasa o poca cantidad de calcio.

Así también Klevay y Combs (2005) en su trabajo concluyó que el agua dura es beneficiosa porque contiene nutrientes esenciales y estos nutrientes pueden disminuir el impacto de los elementos tóxicos en el medio ambiente. Ellos también hicieron hincapié en que, para disminuir el riesgo de la enfermedad cardíaca, el agua potable ideal debe ser moderadamente dura, y debe contener suficiente calcio y magnesio. Algunos investigadores han recomendado que en lo que corresponde a los niveles de calcio debe ser de 20 mg/l. mínimo y aproximadamente 50 mg/l. óptimo. Por lo que no coincide con nuestros datos ni con los demás autores utilizados en el presente trabajo, ya que 5 reservorios sobrepasan de 50 ml que ellos consideran como apto y solo un reservorio que es el de Villa Gloria estaría dentro de sus parámetros recomendados. Sin embargo Martínez *et al.* (2008) Refiere que existe una gran variabilidad en las concentraciones de minerales de las diferentes aguas envasadas y en las aguas de consumo público. Así, en las aguas envasadas inscritas en nuestro país, la concentración de Calcio oscila entre 0,5 y 672 mg/l, el 16% tenía una concentración de calcio > 100 mg/l y dos tenían una concentración > 300 mg/l. Algunas aguas europeas tenían concentraciones muy altas de calcio (459-575 mg/l).

Según la perspectiva de la salud pública refiere que no hay regulaciones internacionales, ya sea mínimos niveles o límites máximos para magnesio, calcio o la dureza del agua.

Las regulaciones internacionales de salud basada generalmente en efectos tóxicos o nocivos, y sobre los efectos beneficiosos de ciertos elementos para los humanos. Sin embargo, algunos países europeos han incluido el calcio en sus regulaciones nacionales. Por ejemplo, en la República Checa, el nivel de referencia para el calcio es 40-80 mg/l. Por lo que el agua de consumo de 5 reservorios de Abancay también estaría dentro de estos parámetros a excepción del reservorio de Villa Gloria que tiene una concentración menor a 40 mg/l. de agua.

Del mismo modo Salas *et al.* (2014) en su trabajo de investigación reporta que la concentración media de calcio en aguas de consumo público fue de $38,96 \pm 32,44$ mg/L (rango: 0,40-159,68 mg/L). En 27 poblaciones el agua contiene entre 50-100 mg/L de calcio y en 6 fue superior a 100 mg/L. La concentración media de calcio de las 97 marcas españolas de aguas fue de 39,6 mg/L (rango: 0,6-610,1 mg/L), 34 de ellas contenían entre 50-100 mg/L de calcio, mientras que en 6 de ellas más de 100 mg/L. Según este autor también da a entender que el calcio en agua es muy variable pero concluye que en la mayoría de los casos la concentración media varía entre 50 a 100 ml por litro de agua al igual que en 5 reservorios de nuestro trabajo.

En la tabla 8, observamos que las concentraciones promedio de magnesio varían desde un mínimo que es 13,90 mg/l. hasta un máximo que es de 43,33 mg/l de agua por lo que podemos decir que las concentraciones de magnesio son variables tal como refiere Martínez *et al.* (2008) en su trabajo aporte de calcio, magnesio y sodio a través de las aguas envasadas y de consumo, éste indica que existe una gran variabilidad en las concentraciones de minerales de las diferentes aguas de consumo público. Es así que las concentraciones encontradas de magnesio oscilan, entre 0,3 y 315 mg/l.

Tabla 8

Contenido de magnesio en los reservorios de agua que abastecen a la ciudad de Abancay – 2017

Reservorios	Contenido de Magnesio (mg./l.)	Rango
El Arco	18,48 \pm 0,796806	1,58
Díaz Barcenas	28,58 \pm 0,605007	1,21
Pueblo Joven	30,44 \pm 4,646600	9,24
Emusap	13,90 \pm 1,701410	3,4
Villa Gloria	43,33 \pm 1,242860	2,31
Tamburco	42,80 \pm 1,115090	2,19

(n = 3)

Los resultados estadísticos nos muestran que la razón-F, que en este caso es igual a 93,5474, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 6 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Klevay y Combs (2005) refieren que algunos investigadores han recomendado que un nivel mínimo de magnesio en agua potable debe ser de 10 mg por litro de agua y un nivel óptimo de aproximadamente 20-30 mg /l. ya que, según dicho autor, los reservorios de Emusap, el Arco, Diaz Bárcenas y Pueblo Joven estarían dentro de los niveles de aceptables mientras que Villa Gloria y Tamburco se encontrarían por encima de estos parámetros.

Sin embargo, algunos países europeos han incluido el magnesio y calcio en sus regulaciones nacionales. Es en caso de la República Checa, donde el nivel de referencia para el magnesio es de 20-30 mg/l. De agua con lo que se refrenda los datos de Klevay y Combs (2005).

También podemos afirmar que la variación de las cantidades de magnesio de un reservorio a otro, tiene mucho que ver con la zona geográfica y de donde procede el agua, el distrito de Tamburco es una zona netamente rocosa y se puede observar que las concentraciones de calcio y magnesio son altas, en comparación con los otros reservorios ya que esto se nota cuando se hierve el agua de consumo quedando en el recipiente demasiado sarro que nos indica que contiene altas cantidades de minerales.

Anne (2011) refiere que el magnesio en los alimentos representa la mayor parte de ingesta de magnesio en la población en general. Sin embargo, el agua potable puede ser una fuente importante de magnesio especialmente para aquellos que tienen una baja ingesta y uso de la dieta ya que el consumir el agua con un alto nivel de magnesio es decir que contenga 100 mg/l. de magnesio podría proporcionar aproximadamente 25% del requerimiento diario de magnesio que es de 300-400 mg. En cambio, la misma cantidad de agua con bajo nivel de magnesio, 0,10 mg/l, proporcionaría solo menos del 3% del requerimiento diario. Una ingesta de magnesio a base de agua puede ser diferente por la zona geográfica ya que el nivel de magnesio en el consumo de agua es debido al entorno geológico de un área.

4.2 Cantidad de calcio y magnesio presentes en los reservorios de agua y el porcentaje del aporte a la ingesta recomendada diaria

A continuación se muestra el porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria de calcio y magnesio para los 3 grupos etáreos estudiados que son niños de 4 a 8 años, adolescentes y adultos.

La tabla 9, nos muestra la cantidad de calcio en 1300 ml. de agua y la ingesta recomendada diaria de calcio que es de 800 mg. en promedio para este grupo de niños de 4 a 8 años de edad.

De acuerdo al análisis de varianza (anexo 3) se muestra que existe evidencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en el porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria de calcio presente en los reservorios para niños de 4 a 8 años, así también podemos observar que el porcentaje de aporte de calcio a la ingesta recomendada diaria en los reservorios de El Arco, Emusap y Tamburco es más del 10% por lo que tiene la condición de Buena (Mora *et al.*, 2000), considerando al agua como un alimento saludable que aporta nutrientes esenciales como el calcio que puede adquirir verdadera relevancia en los casos de consumo insuficiente de productos lácteos pues el calcio del agua es recomendable por su fácil biodisponibilidad en el organismo es así que el calcio de las aguas puede y debe convertirse en una fuente primordial para paliar los bajos aportes de este mineral; también tenemos que en los reservorios de Díaz Bárcenas, Pueblo Joven y Villa Gloria son porcentajes menores del 10%, los cuales tienen la condición de normal afirmándose estadísticamente con el ANOVA y la prueba de comparación de Tukey (anexo 3).

Tabla 9

Contenido de calcio en los reservorios de agua y porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria en niños de 4 a 8 años

Reservorios	Contenido de Calcio (mg) en 1300 ml de agua	I.R.D. de calcio (mg/día)	% de aporte a la I.D.R. de Ca. (Niños)
El Arco	81,89	800,00	10,24
Días Bárcenas	65,00	800,00	8,13
Pueblo Joven	70,94	800,00	8,87
Emusap	81,89	800,00	10,24
Villa Gloria	47,40	800,00	5,93
Tamburco	85,10	800,00	10,64

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) refiere que todos los habitantes de este planeta debemos beber agua todos los días un mínimo de litro y medio de agua. Este mínimo lo incrementaremos en verano u otras circunstancias. Podríamos considerar un centímetro cúbico de agua por caloría administrada por los alimentos. Dicho de otra manera, nuestras necesidades diarias se mueven entre seis y ocho vasos grandes de agua por día.

Miñana (2002) refiere que las aguas duras se someten a menudo a procesos de intercambio iónico o de ósmosis inversa para eliminar el calcio. Estos procesos generan aguas poco recomendables para la infancia (exceso de sodio o déficit de flúor). En los enfermos con nefrolitiasis cálcica lo más importante es aumentar la ingestión de agua, siendo la mejor el agua bicarbonatada y pobre en calcio. El calcio del agua tiene una biodisponibilidad semejante a la de la leche y además logra una frenación mayor de la resorción ósea si se toma a lo largo del día. Por ello, en los niños y personas sin nefrolitiasis, el agua con concentración de calcio entre 100 y 200 mg/l. puede suponer una fuente importante de aporte dietético de calcio, ya que supone entre el 16 y el 60% de los aportes adecuados recomendados diarios de calcio. Pero en los resultados de nuestro trabajo el porcentaje de aporte máximo es de 10.64% por lo que no coincide con dichos datos. Sin embargo, Vitoria *et al.* (2012), reportan en los resultados de su trabajo: “Calcio en el agua de consumo público y aguas minerales naturales en España y su contribución en cubrir las necesidades nutricionales” que la concentración media de calcio en aguas de consumo público fue de $38,96 \pm 32,44$ mg/l (rango: 0,40-159,68 mg/l). En 27 poblaciones el agua contiene entre 50-100 mg/l de calcio y en 6 fue superior a 100 mg/l. La concentración media de calcio de las 97 marcas españolas de aguas fue de 39,6 mg/L (rango: 0,6-610,1 mg/l), 34 de ellas contenían entre 50-100 mg/l de calcio, mientras que en 6 de ellas más de 100 mg/L. De las 12 marcas importadas, 10 contenían más de 50 mg/l. Asumiendo una ingesta de agua recomendada, si el agua contiene entre 50-100 mg/l de calcio, ésta aportaría entre 5,4-12,8% de la ingesta de calcio recomendada para los niños de 1-13 años, estos datos son similares a nuestros resultados que están entre el porcentaje mínimo de 5.93% a 10.64% que es el máximo de la ingesta recomendada diaria como se observa en la tabla 10.

Según Bohmer *et al.* (2001) refieren que la dureza del agua es un constituyente inespecífico debido principalmente al calcio y el magnesio ya que ni la legislación española ni la OMS establecen un límite máximo basándose en la falta de evidencia de

asociación entre dureza del agua y salud. Cuando se revisan las recomendaciones sobre el tipo de agua de consumo público en la infancia, se acostumbra a restarle importancia al calcio. Los dos motivos fundamentales son los inconvenientes de las incrustaciones en los sistemas de conducción de las aguas duras, así como la posible asociación entre aguas duras y nefrolitiasis. Sin embargo, el calcio del agua es un componente nutricional significativo, y más ante la tendencia de nuestra sociedad a consumir bebidas refrescantes ricas en fosfatos desde la infancia, con lo que hay una menor absorción de calcio.

Del mismo modo Ballabriga (2001) y Vitoria (2011) recomiendan, en niños y personas sin nefrolitiasis el agua con concentración de calcio entre 50 y 100 mg/l ya que puede suponer una fuente no desdeñable de calcio por lo que supone entre el 24 y el 56 % de la ingesta adecuada recomendada diaria de calcio en el caso del lactante

En la tabla 10, el requerimiento de agua diaria es de 2 litros o 2000 ml. de agua para adolescentes y la ingesta recomendada diaria de calcio para este grupo etáreo es de 1300 mg./día.

Tabla 10

Contenido de calcio en los reservorios de agua y porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria en adolescentes

Reservorios	Contenido de Calcio (mg) en 2000 ml de agua	I.R.D. de calcio (mg/día)	% de aporte a la I.D.R. de Ca. (Adolescentes)
El Arco	125,98	1300,00	9,69
Días Bárcenas	100,66	1300,00	7,74
Pueblo Joven	109,14	1300,00	8,40
Emusap	125,98	1300,00	9,69
Villa Gloria	72,92	1300,00	5,61
Tamburco	130,92	1300,00	10,07

De acuerdo al análisis de varianza (anexo 4) se muestra que existe evidencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en el porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria de calcio presente en los reservorios para adolescentes, así mismo tenemos que el porcentaje de aporte de calcio a la dieta para este grupo etáreo varía entre

5.61% a 10.07%, donde observamos que los porcentajes de aporte a la dieta son menores en relación al de los niños porque el requerimiento de calcio en los adolescentes es alto ya que es una etapa donde los jóvenes requieren grandes cantidades de nutrientes porque todavía están en un proceso de crecimiento y desarrollo y también éstos realizan actividades aceleradas y muy dinámicas.

En los reservorios: El Arco, Díaz Bárcenas, Pueblo Joven, Emusap y Villa Gloria los porcentajes del aporte a la ingesta recomendada diaria de calcio para adolescentes son menores al 10% teniendo la condición de normal y el reservorio de Tamburco llega al 10.07%, teniendo la condición de bueno (Mora *et al.*, 2000); considerándose un aporte adecuado a sus altas demandas nutricionales de este grupo etéreo.

Sin embargo Salas *et al.* (2014). Refiere que asumiendo una ingesta de agua recomendada diaria y si el agua contiene entre 50-100 mg/L de calcio, ésta aportaría hasta el 13,6% en adolescentes. Pero en nuestro trabajo llegamos solo a un máximo de 10.07% de aporte de calcio en adolescentes consumiendo 2 litros de agua al día, considerando que también es un buen aporte a la ingesta recomendada diaria de calcio de este grupo etéreo.

Es así que Heaney *et al.* (1990), dicen que en los estudios de absorbabilidad de calcio en diferentes aguas minerales con alto contenido de calcio mostraron que después de la ingestión de 100 mg de Ca, el 47.5% fue absorbido, mientras que después de la ingestión de 1000 mg de Ca, solo se absorbe el 23.8 %. por lo que se puede concluir que cuanto menos es la ingesta de calcio el porcentaje de absorción aumenta y cuando hay mayor ingesta de este mineral la absorción disminuye.

Así también Rodier (1981), afirma que la dureza del agua es muy variable, como reflejo de la naturaleza de la geología del área donde asienta el acuífero. Las aguas duras se asocian con cuencas de captación de rocas sedimentarias, de las que las más comunes son piedra caliza y creta, mientras las aguas blandas suelen haber estado en contacto con rocas impermeables como el granito. Asimismo, en general, las aguas superficiales suelen ser más blandas que las subterráneas.

En la tabla 11, En el grupo etéreo de los adultos la ingesta recomendada diaria de calcio es de 1000 mg. por día y la cantidad de agua que deben de consumir es de 2 litros por día.

Tabla 11

Contenido de calcio en los reservorios de agua y porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria en adultos

Reservorios	Contenido de Calcio (mg) en 2000 ml de agua	I.R.D. de calcio (mg/día)	% de aporte a la I.D.R. de Ca. (Adultos)
El Arco	125,98	1000,00	12,60
Días Bárcenas	100,66	1000,00	10,07
Pueblo Joven	109,14	1000,00	10,91
Emusap	125,98	1000,00	12,60
Villa Gloria	72,92	1000,00	7,29
Tamburco	130,92	1000,00	13,09

De acuerdo al análisis de varianza (anexo 5) se muestra que existe evidencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en el porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria de calcio presente en los reservorios para adultos, así mismo tenemos que el porcentaje de aporte de calcio a la dieta para este grupo etáreo varía entre 7.29% a 13.09%, En los reservorios: El Arco, Díaz Bárcenas, Pueblo Joven, Emusap y Tamburco los porcentajes del aporte a la ingesta recomendada diaria de calcio para adultos son mayores al 10% teniendo la condición de bueno y el reservorio de Villa Gloria es de 7.29%, teniendo la condición de normal (Mora *et al.*, 2000)

Los resultados obtenidos podemos compararlos con los datos de Kozisek (2003) quien refiere que el consumo diario de calcio recomendado para un adulto está entre el rango de 1000 a 1300 mg/día, siendo estos valores diferentes en otros grupos de población. Considerando un consumo de 2 litros de agua con una concentración de 100 mg/L de calcio, ésta aportaría aproximadamente el 20% del calcio recomendado para el adulto (1000 mg/día), aumentando este porcentaje para los niños e infantes. Por lo que podemos afirmar que respecto a dicho autor la ingesta recomendada diaria hallado en los reservorios trabajados los porcentajes de aporte estaría cubriendo el 50% de lo encontrado por este autor. Así también Bohmer *et al.* (2008) dicen que el calcio del agua tiene una biodisponibilidad semejante a la de la leche y además contribuye a la resorción ósea si se toma a lo largo del día. Por ello Ross *et al.* (2010) mencionan en los adultos sin nefrolitiasis el agua con una concentración de calcio entre 25 y 100 mg/l. puede suponer una fuente no desdeñable de aporte dietético de este elemento, ya que supone entre el 8 y

el 45% de la Ingesta Recomendada Diaria de calcio. En forma similar Salas *et al.* (2014) refieren que asumiendo una ingesta de agua recomendada diaria y si el agua contiene entre 50-100 mg/L de calcio, ésta aportaría entre 5,8-17,6% en adultos, por lo que coincide con datos de nuestro trabajo.

Sin embargo, Kozisek (2003) afirma que la osteoporosis y la osteomalacia son las manifestaciones más comunes de la deficiencia de calcio, y en menor grado, pero no menos importante, se ha comprobado que una deficiencia de calcio en el organismo puede causar hipertensión. Así también Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, la concentración de calcio se encuentra en el segundo nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado de 100 ppm.

Respecto al contenido de magnesio y el porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria en los niños de 4 a 8 años observamos en la tabla 12 que los niños consumen aproximadamente 1300 ml. de agua al día y según la ingesta recomendada diaria deben de consumir 100 mg/día de magnesio.

De acuerdo al análisis de varianza (anexo 6) se muestra que existe evidencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en el porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria de magnesio presente en los reservorios para niños de 4 a 8 años.

Tabla 12

Contenido de magnesio en los reservorios de agua y porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria en niños de 4 a 8 años

Reservorios	Contenido de Mg. (mg) en 1300 ml de agua	I.R.D. de Mg. (mg/día)	% de aporte a la I.D.R. de Mg. (Niños)
El Arco	24,02	100,00	24,02
Días Bárcenas	37,15	100,00	37,15
Pueblo Joven	39,58	100,00	39,58
Emusap	18,07	100,00	18,07
Villa Gloria	56,33	100,00	56,33
Tamburco	55,64	100,00	55,64

Así mismo tenemos que el porcentaje de aporte de magnesio a la dieta para este grupo etáreo varía entre 18,07% a 56,33%, por lo que podemos afirmar que el agua es un líquido fundamental y que aporta grandes cantidades de magnesio en la dieta de los niños. Tal como refiere Martínez (2008) en su trabajo aporte del agua a los requerimientos de magnesio de la población costarricense en la tabla No. 3 donde realiza un sistema de clasificación del aporte nutricional de magnesio en el agua de bebida en el cual refiere que si el aporte es mayor al 15% se considerada en el rubro de muy buena., y vemos que los valores de magnesio encontramos en todos los reservorios de agua que abastecen a la ciudad de Abancay son mayores que 18%. Así también debido a que los minerales que se encuentran en el agua están en forma iónica y son fácilmente absorbido por el tracto gastrointestinal, se sugiere que el agua potable puede ser una fuente importante de ingesta de minerales.

Azoulay *et al.* (2001) refieren que, debido a sus requisitos de ingesta más bajos, los niños pueden cumplir una parte importante de sus DRI bebiendo agua del grifo. Los niños pequeños en ciertas regiones de América del Norte pueden cumplir el 17% de su calcio y también el 50% de su magnesio y también bebiendo 4 vasos (1 l.) de agua del grifo por día. La ingesta de minerales de las aguas de manantial es mínima, y solo algunas aguas minerales de América del Norte contienen altos niveles de calcio y magnesio. No obstante, beber aguas europeas seleccionadas puede cumplir una parte importante de los requerimientos de calcio y magnesio. Es así que también según nuestros datos obtenidos podemos observar que los 2 reservorios tanto Villa Gloria y Tamburco aportan más del 50% de la ingesta recomendada diaria de magnesio.

Rosanoff *et al.* (2012) tuvieron las siguientes conclusiones: Sería sabio y progresivo para la salud pública considerar cómo podría ser el agua potable con alto contenido de magnesio puesto a disposición de las comunidades, es decir, agua con niveles de magnesio de al menos 10 ppm e idealmente de 25-100 ppm. Los fabricantes de bebida embotellada pueden ser alentados a considerar cómo el contenido de magnesio podría mejorar la calidad de sus productos. Ciertamente el etiquetado referente al contenido de magnesio en bebidas y aguas embotelladas (junto con calcio y sodio) está justificado. Como lo expresaron Calderon y Hunter en el Mundial de 2009 Informe de la Organización de la Salud.

Con la premisa que el requerimiento de agua del adolescente es de 2 litros por día y la Ingesta recomendada diaria de magnesio para este grupo etáreo es de 240 mg/día

De acuerdo al análisis de varianza (anexo 7) se muestra que existe evidencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en el porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria de magnesio presente en los reservorios para adolescentes, podemos notar que el % de aporte a la IRD de magnesio varía de 11,58 a 36,11%, En los reservorios: El Arco, Díaz Bárcenas, Pueblo Joven, Villa Gloria, y Tamburco los porcentajes del aporte a la ingesta recomendada diaria de magnesio para adolescentes son mayores al 15% teniendo la condición de muy bueno y el reservorio de Emusap es de 11.58%, teniendo la condición de Bueno (Martínez *et al.*, 2008)

Tabla 13

Contenido de magnesio en los reservorios de agua y porcentaje a la ingesta recomendada diaria en adolescentes

Reservorios	Contenido de Mg. (mg) en 2000 ml de agua	I.R.D. de Mg. (mg/día)	% de aporte a la I.D.R. de Mg. (Adolescentes)
El Arco	36,96	240,00	15,40
Días Bárcenas	57,16	240,00	23,82
Pueblo Joven	60,88	240,00	25,37
Emusap	27,80	240,00	11,58
Villa Gloria	86,66	240,00	36,11
Tamburco	85,60	240,00	35,67

La región de Apurímac se encuentra dentro de las 5 regiones en extrema pobreza donde los requerimientos nutricionales de ciertos nutrientes no se llegan a cubrir el 100% del recomendado, es por ello que el aporte de magnesio del agua cumple una función importante dentro de la dieta de las personas, es así que Rosanoff *et al.* (2012), refiere que estudios recientes muestran que una porción significativa de todos los grupos de edad y género de los estadounidenses no obtienen su requerimiento diario de magnesio de los alimentos con un 68-89% de adolescentes que caen en esta categoría de baja ingesta de magnesio. Es así que estas personas podrían beneficiarse del efecto del magnesio en el agua ya que los alimentos altamente procesados en nuestra dieta hacen que no lleguen a cubrir los requerimientos de este mineral, así también evita las altas tasas de mortalidad

debido a enfermedades del corazón. Nunca antes el efecto del magnesio en el agua había sido tan prometedor para la salud de los estadounidenses.

Podemos observar que tenemos un porcentaje mínimo que es de 11,58% y un % máximo que es de 36,11% cubriendo una parte importante de la ingesta recomendada diaria de magnesio.

Martínez *et al.* (2008) refieren que el agua contiene otros minerales, como el magnesio y el sodio, con efectos potenciales para la salud. El agua, tanto envasada como de consumo público, presenta una gran variabilidad en las concentraciones de calcio, magnesio y sodio. En ocasiones, el agua incluso puede suministrar los objetivos nutricionales mínimos de calcio y magnesio y exceder los de sodio. Estos datos, dadas sus repercusiones en la salud, deberían tenerse en cuenta a la hora de seleccionar el agua para el consumo.

En la tabla 14 se muestra el requerimiento de agua que deben ingerir los adultos es igual que para los adolescentes; es decir de dos litros al día, pero la ingesta recomendada diaria de magnesio es de 360 mg.

Tabla 14

Contenido de magnesio en los reservorios de agua y porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria en adultos

Reservorios	Contenido de Mg. (mg) en 2000 ml de agua	I.R.D. de Mg. (mg/día)	% de aporte a la I.D.R. de Mg. (Adultos)
El Arco	36,96	360,00	10,27
Días Bárcenas	57,16	360,00	15,88
Pueblo Joven	60,88	360,00	16,91
Emusap	27,80	360,00	7,72
Villa Gloria	86,66	360,00	24,07
Tamburco	85,60	360,00	23,78

De acuerdo al análisis de varianza (anexo 8) se muestra que existe evidencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en el porcentaje de aporte a la ingesta recomendada diaria de magnesio presente en los reservorios para adultos, podemos notar

que el % de aporte a la IRD de magnesio varía de 7,72 a 24,07%, En los reservorios: Díaz Bárcenas, Pueblo Joven, Villa Gloria, y Tamburco los porcentajes del aporte a la ingesta recomendada diaria de magnesio para adultos son mayores al 15% teniendo la condición de muy bueno y el reservorio de El Arco es de 10.27% teniendo la condición de bueno y Emusap es de 7,72 %, teniendo la condición de normal (Martínez *et al.*, 2008).

Sin embargo, Anne (2011) en su trabajo: “Magnesio y calcio en agua potable y enfermedades del corazón” manifiesta que consumir 1 litro de agua con 100 mg/l de magnesio podría proporcionar aproximadamente el 25% del requerimiento diario de magnesio, pero la misma cantidad de agua con bajo nivel de magnesio, 10 mg/l. proporciona solo menos del 3% del requerimiento diario. Así también nos dice que el magnesio en los alimentos representa la mayor parte de ingesta de magnesio en la población general. Sin embargo, el agua potable puede ser una fuente importante de magnesio especialmente para aquellos que tienen baja ingesta y uso en la dieta.

Kozisek (2003) refiere que una deficiencia de magnesio en el organismo, incrementa el riesgo en el ser humano de desarrollar variadas patologías, tales como, vasoconstricción, hipertensión, arritmia cardiaca, aterosclerosis vascular, infarto agudo al miocardio, eclampsia en mujeres embarazadas, posiblemente diabetes tipo II y osteoporosis. El consumo diario recomendado de magnesio para un adulto está en el rango de 300 a 400 mg/día. y considerando un consumo de 2 litros de agua con una concentración de 50 mg/L de magnesio, esta aportaría aproximadamente el 12,5% del magnesio recomendado para el adulto (400 mg/día), aumentando este porcentaje para los niños e infantes. En forma similar refiere Rosanoff *et al.* (2012) que la ingesta total de magnesio debe ser al menos 450-500 mg por día, y el agua potable debe contener un mínimo de 25-50 ppm de magnesio. Dos litros de 25-50 ppm el agua de magnesio proporcionaría un 15-25% de RDA en los adultos. El % de aporte de calcio en el reservorio de Emusap solo llega al 7,72 en cambio en los reservorios, Villa Gloria y Tamburco llegan a 24,07 y 23,78%.

CONCLUSIONES

- El contenido de calcio de los reservorios de agua que abastecen a la ciudad de Abancay se encuentra dentro de un rango de 36,46 a 65,46 mg/l. de agua, siendo el reservorio de Villa Gloria el que contiene menor cantidad de calcio, y el de Tamburco el que tiene mayor cantidad; el contenido de magnesio varía de 13,90 mg/l. a 43,33 mg/l de agua. Los reservorios de El Arco, Diaz Barcenas, Pueblo Joven y Emusap se encuentran dentro de los rangos de aceptable y los reservorios de Villa Gloria y Tamburco se encuentran por encima de lo recomendado.
- El porcentaje que cubre el consumo de agua a la ingesta recomendada diaria de calcio tanto para niños, adolescentes y adultos se encuentran dentro de las condiciones de normal y bueno que varían entre el 5 al 15%; en cuanto al magnesio para niños llega a cubrir más del 15% teniendo la condición de muy buen aporte al requerimiento para éste grupo etáreo; para adolescentes 5 reservorios cubren el requerimiento de magnesio en más del 15% y solo un reservorio que está entre el 10 al 14.99% teniendo la condición de normal y para adultos 4 reservorios cubren más del 15%, 1 reservorio está entre 10 al 14.99% y 1 reservorio que cubre menos del 10% teniendo la condición de normal. Por lo que el agua que es de consumo público cumple un buen aporte de calcio y magnesio en los diferentes grupos etareos estudiados.

RECOMENDACIONES

- Continuar realizando estudios sobre otros minerales que contiene el agua y cuanto es el porcentaje de aporte a la dieta de las personas. Ya que puede ser importante para la salud.
- Se recomienda a los profesionales de salud y nutrición incluir el contenido de calcio y magnesio del agua dentro de la ingesta recomendada diaria en los diferentes grupos etáreos.
- Llevar un registro permanente de la composición química de los reservorios de agua para conocer la variabilidad de sus componentes con el transcurso del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- AECOSAN. (2011). *Encuesta Nacional de Ingesta dietética de la Población Española (ENIDE)*. España.
- Anselme, C (1998). *Tratamiento del agua por procesos de membrana, Principios, procesos y aplicaciones*. Madrid: McGrawHill - American Water Works Association Research Foundation, Lyonneise des Eaux, Water Research Commission of South Africa.
- APHA., AWWA. y WPCF. (1992). *Métodos normalizados para análisis de aguas potables y residuales*. (17a ed.). Madrid, España: Díaz de Santos, S.A.
- Arnaud, C. D., y Sánchez, S. D. (1997). *Calcio y Fósforo*. Washington, E.U.A.
- Azoulay, A., Garzón, P., y Eisenberg, M. J. (2001). Comparison of the mineral content of tap water and bottled waters. *Journal of General Internal Medicine*, 16(3), 168-175.
- Badilla, H., Víquez, C., & Zamora, E. (2005). Evaluación de las Fuentes de Agua Potable de la Ciudad de Grecia. *Taller de Diseño Escuela de Ingeniería Civil*.
- Bahamonde, N. (2011). *Educación alimentaria y nutricional: libro para el docente*. Este libro acompaña Comidaventuras 1.
- Bain, L., Myint, P., Amy-Jennings, A., Lentjes, M., Luben, R., Khaw, K., Wareham, N. y Welch, A. (2015). The relationship between dietary magnesium intake, stroke and its major risk factors, blood pressure and cholesterol, in the EPIC-Norfolk cohort. *International Journal of Cardiology*, 196: 108-114.
- Ballabriga A, y Carrascosa A. (2001). Bebidas en la infancia. En: Ballabriga A, Carrascosa A eds. *Nutrición en la infancia y adolescencia*. Madrid, España: Ergon,
- Berner, L., Keast, D., Bailey, R. y Dwyer, J. (2014). Fortified Foods Are Major Contributors to Nutrient Intakes in Diets of US Children and Adolescents. *Journal*

- of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 3(114), 1009-1022. ISSN 2212-2672, doi: 10.1016/j.jand.2013.10.012.
- Blanco, T. (2011). *Alimentación y Nutrición. Fundamentos y nuevos criterios*. Lima, Perú: Lettera Gráfica S.A.
- Bohmer, H., Maller, H. y Resch, Kl. (2001). Calcium supplementation with calcium-rich mineral waters. A systematic review and meta-analysis of its bioavailability. *Osteopor Int.*, 11, 938-943.
- Cáceres, O. (1990). *Desinfección del agua*. Lima, Perú: Ministerio de Salud OPS/OMS.
- Cai, X., Wang, X., Patel, S. y Clapham D.E. (2015) Insights into the early evolution of animal calcium signaling machinery: A unicellular point of view. *Cell Calcium*, 57(3),166-73.
- Chiappa L. (2011). Consumo de minerales y su relación con la tensión arterial. Argentina. Available from: <http://imgbiblio.vaneduc.edu.ar/fulltext/files/TC111858.pdf>
- De Francisco, L. y Rodríguez, M. (2013). Magnesio y enfermedad renal crónica. *Nefrología*, 33(3).
- Del Pozo, S., García, V., Cuadrado, C., Ruiz, E., Valero, T., Ávila, J. y Varela-Moreiras, G. (2012). *Valoración Nutricional de la Dieta Española de acuerdo al Panel de Consumo Alimentario. FEN-MAGRAMA*. España.
- Despouy, I. (2005). *Caracterización de fuentes y análisis crítico de los tratamientos de agua potable en Chile*. (Memoria para optar al título de Ingeniero Civil). Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Chile.
- Erdman, J., Macdonald, I., y Zeisel, S. (2013). *Nutrición y dieta en la prevención de enfermedades*. (10ma ed). México, Bogotá, Buenos aires, Caracas, Nueva York, San Juan, Santiago, Saupaulo, Londres, Milán, Montreal, Nueva Delhi, San francisco, Sidney, Singapur, St, Louis, Toronto: McGraw HILL Education
- Fernández Martin, J. L, y Benito Cannata, A. J. (2008). Agua de bebida como elemento de la nutrición. *Barcelona Med. Clin.* 131, 656-657. Barcelona.
- Food and Nutrition Board e Institute of Medicine. (2000). *Dietary Reference Intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D and fluoride*. Washington: National Academy Press
- Fossas, F. (2005). *Los Nutrientes: Como conseguir la dieta más equilibrada y saludable*. Barcelona, España: Océano Ámbar.
- Franco, B. y Charca, E. (2011). *Determinación de calcio y fosforo inorgánico sérico en personas aparentemente sanas entre 30-50 años de la asociación sauces II del*

distrito de san juan de Lurigancho [Tesis]. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Norbert Wiener, Lima, Perú. [acceso 19 septiembre 2019]. Available from:

<http://intranet.uwiener.edu.pe/uniwviener/biblioteca/vieww.asp?rut=adocument%20testesis%20DOCPDOJASDKJAHDAJ/File/TUAS007846273462374ARRJHSDFD/WRUDDSEPRESDFDFFRRASDTFYB0186REST0000SDSDTERESDFSHFSD/File/DOSAUEEYTU0000ERESD.PDF>

- Fulgoni, V. L., Keast, D. R., Bailey, R. L., & Dwyer, J. (2011). Foods, fortificants, and supplements: Where do Americans get their nutrients? *The Journal of nutrition*, *141*(10), 1847–1854. doi:10.3945/jn.111.142257
- Guillemant, J., Le, H.T., Accarie, C., Du Montcel, S. T., Delabroise, A.M., Arnaud, M. J., y Guillemant, S. (2000). Mineral water as a source of dietary calcium: acute effects on parathyroid function and bone resorption in young men. *The American journal of clinical nutrition*, *71*(4), 999-1002.
- Hernández R., Fernández C., Baptista P. (1991). Metodología de la investigación. (6ta ed.), México: Mcgraw-Hill Interamericano. ISBN 968-422-931- 3. Mexico.
- Hernández Triana, M. (2004). Recomendaciones nutricionales para el ser humano: actualización. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, *23*(4), 266-292.
- Jodral, A., Navarro Alarcón, M., López, H., y López, M. (2007). Contenido de magnesio y calcio en aguas del área costera Mediterránea del sureste de España y su relación con la actividad industrial. *Ars Pharmaceutica*, *2* (48). España.
- Kathleen, L. y Escott-Stump, S. (2009). *Krauses Food. Nutrition Therapy* (12va ed.). España: Gea Consultoría Editorial, S.L.
- Kawano, Y., Matsuoka, H., Takishita, S. y Omae, T. (1998). Effects of magnesium supplementation in hypertensive patients. Assessment by Office, Home, and Ambulatory Blood Pressures. *Hypertension*, *2* (32), 260-265.
- Klevay, L. M, y Combs, G. F. (2005). *Mineral elements related to cardio-vascular health. In: World Health Organization. Nutrients in drinking water*. Geneva.
- Kozísek, M. D. (2003). *Health significance of drinking water calcium and magnesium*.
- Labin Goldscher, R., y Edelstein, S. (1996). Calcium citrate: a revised look at calcium fortification. *Food technology*, *50*(6), 96-98.
- Lagger, J., Mata, H., Pechin, G., Larrea, A., Otrosky, R., Cesan, R. y Meglia, G. (2000). La importancia de la calidad del agua en producción lechera. *Veterinaria Argentina*, *27*(165), 346-354.

- Laguna, J. (1960). *Bioquímica: Prensa Médica Mexicana*. México.
- Lehninger, A. L., Nelson, D., y Cox, M. (1982). *Principles of Biochemistry* Worth Publishers. New York, 261.
- Loján Quezada, C. (2010-2011). *Determinación de los niveles de calcio, fósforo y magnesio en vacas de producción en la hoya de Loja*. Loja, Ecuador. Available from:
<http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5413/1/tesis%20E2%80%99CDETERMINACI%C3%93N%20DE%20LOS%20NIVELES%20DE%20CALCIO%2C%20F.pdf>
- Lovesio, C. (2006). *Medicina Intensiva. Metabolismo del magnesio*. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo. Available from:
<https://enfermeriaintensiva.files.wordpress.com/2011/04/metabolismo-del-magnesio-lovesio.pdf>.
- Maraver, F. (2012). *Aguas que nutren, aguas que curan: evidencia científica*. En: *Aguas que nutren, aguas que curan*. Zaragoza: Fundación genes y gentes.
- Martín, L. (1995). *Una buena alimentación: aprender a comer favorece una alimentación y nutrición sanas y equilibradas*. España: Ediciones Pirámide.
- Martínez Ferrer, Á., Peris, P., Reyes, R., y Guañabens, N. (2008). Aporte de calcio, magnesio y sodio a través del agua embotellada y de las aguas de consumo público: implicaciones para la salud. *Medicina Clínica*, 131(17), 641-646. doi: 10.1157/13128721
- Martínez M. (2012). *Niveles de Se, Zn, Cu, Mg y Ca en suero de pacientes con cirrosis hepática*. España. [acceso 18 septiembre 2017]. Available from:
<https://hera.ugr.es/tesisugr/21007123.pdf>
- Melvin, W. H. (2002). *Nutrición para la salud, la condición física y el deporte*. Barcelona, España. 2002. Available from:
https://books.google.com.pe/books?id=8rSpvU2FISMC&pg=PA253&dq=Los+%C3%ADntomas+musculares+pueden+aparecer+porque+los+bajos+niveles+de+magnesio&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwisvvquqt_WAhVIxCYKHQ4ICa4Q6AEIJDA#v=onepage&q=Los%20s%C3%ADntomas%20musculares%20pueden%20aparecer%20porque%20los%20bajos%20niveles%20de%20magnesio&f=false
- Miñana, I. V. (2002). Calcio en el agua de bebida en la infancia: ¿molesto o necesario? *Acta Pediatr Esp*, 60, 99-109.

- Mora Alvarado, D., Alfaro Herrera, N., y Portuquez, C. F. (2000). Aporte del agua de bebida a los requerimientos de calcio de la población costarricense. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 9, 16-31.
- Morcillo R., (1972). *Espectroscopía Atómica.*, Madrid, España: Alambra.
- Nalco Chemical Company. (1982). Manual del Agua: su naturaleza, tratamiento y aplicaciones (Tomo III.). México: Ed. Mc Graw-Hill.
- Nau, R. (2007). *Statgraphics XV: Overview y Tutorial Guide*. Available from: https://faculty.fuqua.duke.edu/~rnau/StatgraphicsXV_2007.pdf
- Nicklas, T., O'Neil, C. y Fulgoni, V. (2008) The role of dairy in meeting the recommendations for shortfall nutrients in the american diet. *J Am Coll Nutr.*28, 73S-81S.
- Nordin, B. (1997). Calcium and osteoporosis. *Nutrition*, 13, 664-686.
- OMS - Organización Mundial de la Salud (1995). *Guías para la Calidad del agua potable. Volumen 1. Recomendaciones* (2da ed.). Ginebra.
- OMS - Organización Mundial de la Salud (2006). *Guías para la calidad del agua potable. Volumen 1. Recomendaciones.* (3ra ed.). Available from: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/index.html
- Organization, W. H. (2004). *Guidelines for drinking-water quality (Vol. 1)*: World Health Organization.
- Paico, S. (2007). *Agua para el consumo humano*. Centro de investigación Chiclayo., Perú. Available from: www.monografias.com
- Papalia, D. E., Wandkos, O. S. y Duskin, F. R. (2005). *Psicología del desarrollo: de la infancia a la adolescencia*. México: Mc Graw Hill.
- Park, Y., Yetley, E., & Calvo, M. (1997). Calcium intake levels in the United States: issues and considerations. *Food Nutrition and Agriculture*,20, 34-43.
- Pérez, E., Santos, F., y Coto, E. (2009). Homeostasis del magnesio. Etiopatogenia, clínica y tratamiento de la hipomagnesemia. A propósito de un caso. *Nefrología*, 29(6), 518-524.
- Pérez, J. y Espigares, M. (1995). *Desinfección del agua. Cloración. Estudio sanitario del agua*. España: Universidad de Granada.
- Pérez, O. (1979). *Métodos de enfriamiento control de dureza en aguas industriales. Aplicación a un caso práctico* (Memoria para optar al título de Ingeniero Civil). Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Chile.

- Pérez, R., Islas, A., Mora, G., Recabarren, S., Barahona, E., Jara, C., y Ibáñez, M. (1991). Electrolitos séricos y proteínas plasmáticas en caballos mestizos de tiro sometidos a ejercicio de tracción. *Avances en Ciencias Veterinarias*, 6(1).
- Power, M. L., Heaney, R. P., Kalkwarf, H. J., Pitkin, R. M., Repke, J. T., Tsang, R. C., y Schulkin, J. (1999). The role of calcium in health and disease. *American Journal of obstetrics and gynecology*, 181(6), 1560-1569.
- Requejo Marcos, A., y Ortega Anta, R. (2000). *Nutriguía: Manual de Nutrición Clínica en Atención Primaria*. España: C. S.A. Ed.
- Rodier, J. (1981). Medida de la dureza total del agua. En: Rodier J, ed. *Análisis de las aguas*. Barcelona, España: Omega.
- Rodríguez Rodríguez, E., Navia Lombán, B., López Sobaler, A. M. y Ortega Anta, R. M. (2010). Review and future perspectives on recommended calcium intake. *Nutr Hosp.*, 25, 366-374.
- Rosanoff, A., Weaver, C. M., & Rude, R. K. (2012). Suboptimal magnesium status in the United States: are the health consequences underestimated? *Nutrition Reviews*, 70(3), 153-164. doi: 10.1111/j.1753-4887.2011.00465.x
- Ross, A. C., Taylor, C. L., Yaktine, A. L., Del Valle, H. B. (2010). *Committee to Review Dietary Reference Intakes for Vitamin D and Calcium*. Institute of Medicine. Washington: National Academy Press.
- SAGAN- GEA. (2006). *Otros Métodos de Tratamiento de Aguas Residuales. Ablandamiento del agua con carbonato bórico y cal*. Available from: http://www.sagangea.org/hojared_Agua/paginas/29agua.html
- Salas Salvadó, J., Vitoria, I., Armijo, F., Moreno Aznar, L., Maraver, F., y Ferreira Pêgo, C. (2014). The calcium concentration of public drinking waters and bottled mineral waters in Spain and its contribution to satisfying nutritional needs. *Nutrición Hospitalaria*, 30 (1), 188-199. doi: 10.3305/nh.2014.30.1.7491
- Stryer, L. (1995). *Biochemistry*. New York: H Freeman & Co.
- Theobald H.E. (2005). Dietary calcium and health. Briefing paper. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*, 30, 237-77.
- Thompson, J. (2008). *Nutrición*. España: Pearson Addison-Wesley
- Valenzuela, T. (2004). *Exploración de posibilidades para proponer un tren de tratamiento para remoción de dureza que logre la optimización técnica y económica del proceso*. (Tesis para optar a la Licenciatura en Ingeniería Química). Universidad de las Américas, Puebla, México.

- Vitoria, I., y Dalmau, J. (2011). El agua: bebida recomendable para una adecuada nutrición en la infancia. *Pediátrica Acta Pediatr. Esp.* 69(6): 259-266.
- Vitoria1, I., Maraver, F., Ferreira Pêgo, C., Armijo, F., Moreno Aznar, L. and Salas-Salvadó, J. (2014). Calcio en el agua de consumo público y aguas minerales naturales en España y su contribución en cubrir las necesidades nutricionales. *Nutr. Hosp.*, 1(30), 188-199.
- Webb, G. P. (2007). *Complementos nutricionales y alimentos funcionales*. Zaragoza, España: Acribia S.A.
- Willard, H. y Merrit, L. (1991). *Métodos Instrumentales de Análisis*. México: Iberoamericana.
- Yardley, A. (2013). *El Magnesio en la Dieta: Nueva Investigación*. Lima, Perú: Red Impresiones SAC.
- Zamora, J. R. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. *Pensamiento Actual*, 9(12), 125-134.
- Zavaleta, M. y Varela, A. (1998). Efecto de Campo magnético en el tratamiento de aguas Duras. *Tecnia*, 1(8), 69-76. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.



ANEXOS

Anexo 1. ANOVA y prueba de rangos múltiples del contenido de calcio en los reservorios de agua de la ciudad de Abancay - 2017.

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1805,21	5	361,042	60,15	0,0000
Intra grupos	72,0234	12	6,00195		
Total (Corr.)	1877,23	17			

Pruebas de Múltiple Rangos

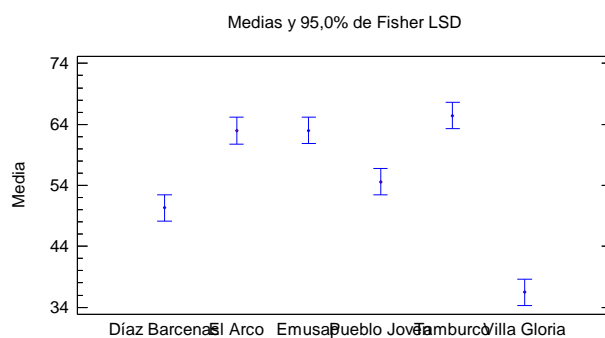
Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Villa Gloria	3	36,4633	X
Díaz Barcenás	3	50,3000	X
Pueblo Joven	3	54,5733	X
El Arco	3	62,9900	X
Emusap	3	62,9933	X
Tamburco	3	65,4600	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Díaz Barcenás - El Arco	*	-12,69000000	4,35834
Díaz Barcenás – Emusap	*	-12,69330000	4,35834
Díaz Barcenás - Pueblo Joven		-4,27333000	4,35834
Díaz Barcenás – Tamburco	*	-15,16000000	4,35834

Díaz Barcenás - Villa Gloria	*	13,83670000	4,35834
El Arco – Emusap		-0,00333333	4,35834
El Arco - Pueblo Joven	*	8,41667000	4,35834
El Arco – Tamburco		-2,47000	4,35834
El Arco - Villa Gloria	*	26,52670	4,35834
Emusap - Pueblo Joven	*	8,42000	4,35834
Emusap – Tamburco		-2,46667	4,35834
Emusap - Villa Gloria	*	26,53000	4,35834
Pueblo Joven - Tamburco	*	-10,88670	4,35834
Pueblo Joven - Villa Gloria	*	18,11000	4,35834
Tamburco - Villa Gloria	*	28,99670	4,35834

* indica una diferencia significativa.



Anexo 2. ANOVA y prueba de rangos múltiples del contenido de magnesio en los reservorios de agua de la ciudad de Abancay - 2017.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2204,19	5	440,839	93,55	0,0000
Intra grupos	56,5496	12	4,71247		
Total (Corr.)	2260,74	17			

Pruebas de Múltiple Rangos

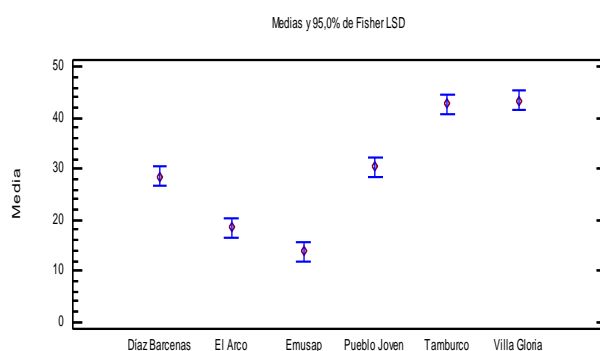
Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Emusap	3	13,9000	X
El Arco	3	18,4800	X
Díaz Barcenás	3	28,5767	X
Pueblo Joven	3	30,4367	X
Tamburco	3	42,8033	X
Villa Gloria	3	43,3300	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Díaz Barcenás - El Arco	*	10,09670	3,86189
Díaz Barcenás - Emusap	*	14,67670	3,86189
Díaz Barcenás - Pueblo Joven		-1,86000	3,86189

Díaz Barcenas - Tamburco	*	-14,22670	3,86189
Díaz Barcenas - Villa Gloria	*	-14,75330	3,86189
El Arco – Emusap	*	4,58000	3,86189
El Arco - Pueblo Joven	*	-11,95670	3,86189
El Arco – Tamburco	*	-24,32330	3,86189
El Arco - Villa Gloria	*	-24,85000	3,86189
Emusap - Pueblo Joven	*	-16,53670	3,86189
Emusap – Tamburco	*	-28,90330	3,86189
Emusap - Villa Gloria	*	-29,43000	3,86189
Pueblo Joven - Tamburco	*	-12,36670	3,86189
Pueblo Joven - Villa Gloria	*	-12,89330	3,86189
Tamburco - Villa Gloria		-0,526667	3,86189

* indica una diferencia significativa.



Anexo 3. ANOVA y prueba de comparaciones del contenido de calcio de la ingesta recomendada diaria en niños de 4 a 8 años, por cada reservorio.

ANOVA de un factor

IDRniño_Ca

	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	47,708	5	9,542	59,899	0,000
Intra-grupos	1,912	12	0,159		
Total	49,619	17			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: IDRniño_Ca

	(I) Reservorio	(J) Reservorio	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	El Arco	DBarcenas	2,06333*	0,32588	0,000	0,9687	3,1579
		Pjoven	1,36667*	0,32588	0,012	0,2721	2,4613
		Emusap	0,00000	0,32588	1,000	-1,0946	1,0946
		VGloria	4,31333*	0,32588	0,000	3,2187	5,4079
		Tamburco	-0,40000	0,32588	0,816	-1,4946	0,6946
	DBarcenas	El Arco	-2,06333*	0,32588	0,000	-3,1579	-0,9687
		Pjoven	-0,69667	0,32588	0,331	-1,7913	0,3979
		Emusap	-2,06333*	0,32588	0,000	-3,1579	-0,9687

		VGloria	2,25000*	0,32588	0,000	1,1554	3,3446
		Tamburco	-2,46333*	0,32588	0,000	-3,5579	-1,3687
	Pjoven	El Arco	-1,36667*	0,32588	0,012	-2,4613	-0,2721
		DBarcnas	0,69667	0,32588	0,331	-0,3979	1,7913
		Emusap	-1,36667*	0,32588	0,012	-2,4613	-0,2721
		VGloria	2,94667*	0,32588	0,000	1,8521	4,0413
		Tamburco	-1,76667*	0,32588	0,002	-2,8613	-0,6721
	Emusap	El Arco	0,00000	0,32588	1,000	-1,0946	1,0946
		DBarcnas	2,06333*	0,32588	0,000	0,9687	3,1579
		Pjoven	1,36667*	0,32588	0,012	0,2721	2,4613
		VGloria	4,31333*	0,32588	0,000	3,2187	5,4079
		Tamburco	-0,40000	0,32588	0,816	-1,4946	0,6946
	VGloria	El Arco	-4,31333*	0,32588	0,000	-5,4079	-3,2187
		DBarcnas	-2,25000*	0,32588	0,000	-3,3446	-1,1554
		Pjoven	-2,94667*	0,32588	0,000	-4,0413	-1,8521
		Emusap	-4,31333*	0,32588	0,000	-5,4079	-3,2187
		Tamburco	-4,71333*	0,32588	0,000	-5,8079	-3,6187
	Tamburco	El Arco	0,40000	0,32588	0,816	-0,6946	1,4946
		DBarcnas	2,46333*	0,32588	0,000	1,3687	3,5579
		Pjoven	1,76667*	0,32588	0,002	0,6721	2,8613
		Emusap	0,40000	0,32588	0,816	-0,6946	1,4946
		VGloria	4,71333*	0,32588	0,000	3,6187	5,8079

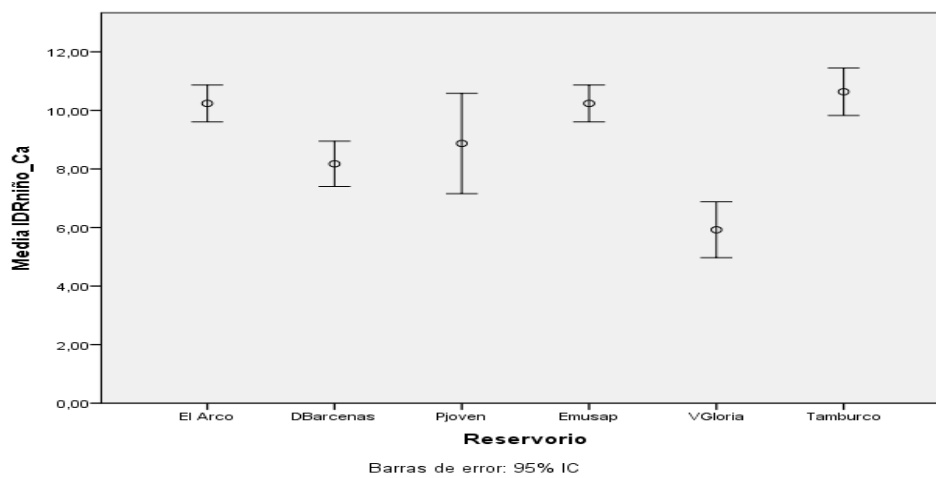
Subconjuntos homogéneos

IDRniño_Ca

	Reservorio	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD de Tukey ^a	VGloria	3	5,9233		
	DBarcnas	3		8,1733	
	Pjoven	3		8,8700	
	El Arco	3			10,2367
	Emusap	3			10,2367
	Tamburco	3			10,6367
	Sig.			1,000	0,331

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.



Anexo 4. ANOVA y prueba de comparaciones del contenido de calcio de la ingesta recomendada diaria en adolescentes, por cada reservorio.

ANOVA de un factor

IDRadol_Ca

	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	42,739	5	8,548	60,182	0,000
Intra-grupos	1,704	12	0,142		
Total	44,444	17			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: IDRadol_Ca

	(I) Reservorio	(J) Reservorio	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	El Arco	DBarcnas	1,95333*	0,30772	0,000	0,9197	2,9869
		Pjoven	1,29667*	0,30772	0,012	0,2631	2,3303
		Emusap	0,00000	0,30772	1,000	-1,0336	1,0336
		VGloria	4,08333*	0,30772	0,000	3,0497	5,1169
		Tamburco	-0,37667	0,30772	0,818	-1,4103	0,6569
	DBarcnas	El Arco	-1,95333*	0,30772	0,000	-2,9869	-0,9197

		Pjoven	-0,65667	0,30772	0,333	-1,6903	0,3769
		Emusap	-1,95333*	0,30772	0,000	-2,9869	-0,9197
		VGloria	2,13000*	0,30772	0,000	1,0964	3,1636
		Tamburco	-2,33000*	0,30772	0,000	-3,3636	-1,2964
	Pjoven	El Arco	-1,29667*	0,30772	0,012	-2,3303	-0,2631
		DBarcnas	0,65667	0,30772	0,333	-0,3769	1,6903
		Emusap	-1,29667*	0,30772	0,012	-2,3303	-0,2631
		VGloria	2,78667*	0,30772	0,000	1,7531	3,8203
		Tamburco	-1,67333*	0,30772	0,002	-2,7069	-0,6397
	Emusap	El Arco	0,00000	0,30772	1,000	-1,0336	1,0336
		DBarcnas	1,95333*	0,30772	0,000	0,9197	2,9869
		Pjoven	1,29667*	0,30772	0,012	0,2631	2,3303
		VGloria	4,08333*	0,30772	0,000	3,0497	5,1169
		Tamburco	-0,37667	0,30772	0,818	-1,4103	0,6569
	VGloria	El Arco	-4,08333*	0,30772	0,000	-5,1169	-3,0497
		DBarcnas	-2,13000*	0,30772	0,000	-3,1636	-1,0964
		Pjoven	-2,78667*	0,30772	0,000	-3,8203	-1,7531
		Emusap	-4,08333*	0,30772	0,000	-5,1169	-3,0497
		Tamburco	-4,46000*	0,30772	0,000	-5,4936	-3,4264
	Tamburco	El Arco	0,37667	0,30772	0,818	-0,6569	1,4103
		DBarcnas	2,33000*	0,30772	0,000	1,2964	3,3636
		Pjoven	1,67333*	0,30772	0,002	0,6397	2,7069

	Emusap	0,37667	0,30772	0,818	-0,6569	1,4103
	VGloria	4,46000*	0,30772	0,000	3,4264	5,4936

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

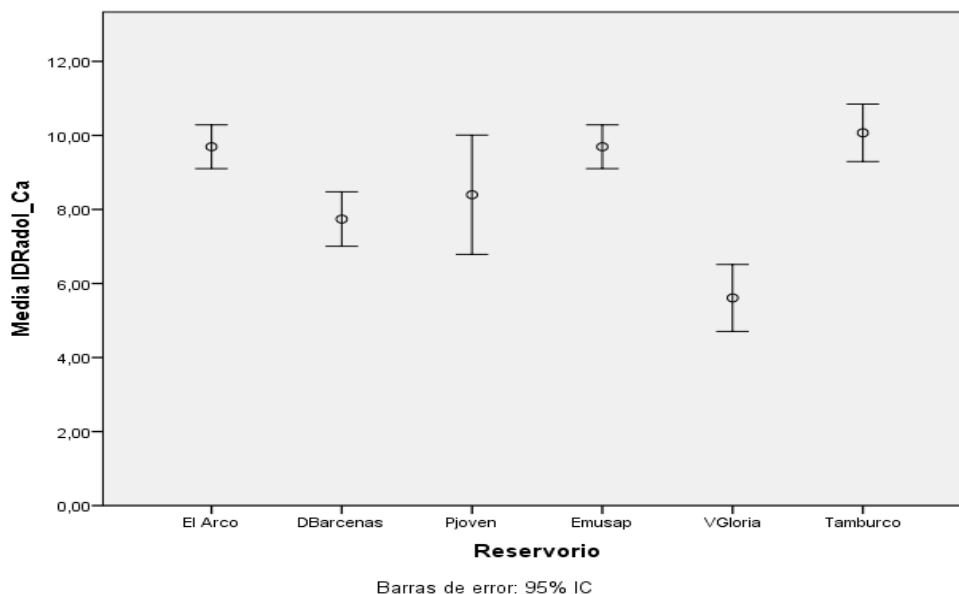
Subconjuntos homogéneos

IDRadol_Ca

	Reservorio	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD de Tukey ^a	VGloria	3	5,6100		
	DBarcnas	3		7,7400	
	Pjoven	3		8,3967	
	El Arco	3			9,6933
	Emusap	3			9,6933
	Tamburco	3			10,0700
	Sig.			1,000	0,333

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.



Anexo 5. ANOVA y prueba de comparaciones del contenido de calcio de la ingesta recomendada diaria en adultos, por cada reservorio

ANOVA de un factor

IDRadult_Ca

	Suma de los cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	72,257	5	14,451	59,855	,000
Intra-grupos	2,897	12	,241		
Total	75,154	17			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: IDRadult_Ca

	(I) Reservorio	(J) Reservorio	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	El Arco	DBarcenass	2,53667*	0,40120	0,000	1,1891	3,8843
		Pjoven	1,68333*	0,40120	0,012	0,3357	3,0309
		Emusap	0,00000	0,40120	1,000	-1,3476	1,3476
		VGloria	5,30667*	0,40120	0,000	3,9591	6,6543
		Tamburco	-0,49667	0,40120	0,811	-1,8443	0,8509
	DBarcenass	El Arco	-2,53667*	0,40120	0,000	-3,8843	-1,1891
		Pjoven	-0,85333	0,40120	0,336	-2,2009	0,4943
		Emusap	-2,53667*	0,40120	0,000	-3,8843	-1,1891

		VGloria	2,77000*	0,40120	0,000	1,4224	4,1176
		Tamburco	-3,03333*	0,40120	0,000	-4,3809	-1,6857
	Pjoven	El Arco	-1,68333*	0,40120	0,012	-3,0309	-0,3357
		DBarcnas	0,85333	0,40120	0,336	-0,4943	2,2009
		Emusap	-1,68333*	0,40120	0,012	-3,0309	-0,3357
		VGloria	3,62333*	0,40120	0,000	2,2757	4,9709
		Tamburco	-2,18000*	0,40120	0,002	-3,5276	-0,8324
	Emusap	El Arco	0,00000	0,40120	1,000	-1,3476	1,3476
		DBarcnas	2,53667*	0,40120	0,000	1,1891	3,8843
		Pjoven	1,68333*	0,40120	0,012	0,3357	3,0309
		VGloria	5,30667*	0,40120	0,000	3,9591	6,6543
		Tamburco	-0,49667	0,40120	0,811	-1,8443	0,8509
	VGloria	El Arco	-5,30667*	0,40120	0,000	-6,6543	-3,9591
		DBarcnas	-2,77000*	0,40120	0,000	-4,1176	-1,4224
		Pjoven	-3,62333*	0,40120	0,000	-4,9709	-2,2757
		Emusap	-5,30667*	0,40120	0,000	-6,6543	-3,9591
		Tamburco	-5,80333*	0,40120	0,000	-7,1509	-4,4557
	Tamburco	El Arco	0,49667	0,40120	0,811	-0,8509	1,8443
		DBarcnas	3,03333*	0,40120	0,000	1,6857	4,3809
		Pjoven	2,18000*	0,40120	0,002	0,8324	3,5276
		Emusap	0,49667	0,40120	0,811	-0,8509	1,8443
		VGloria	5,80333*	0,40120	0,000	4,4557	7,1509

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

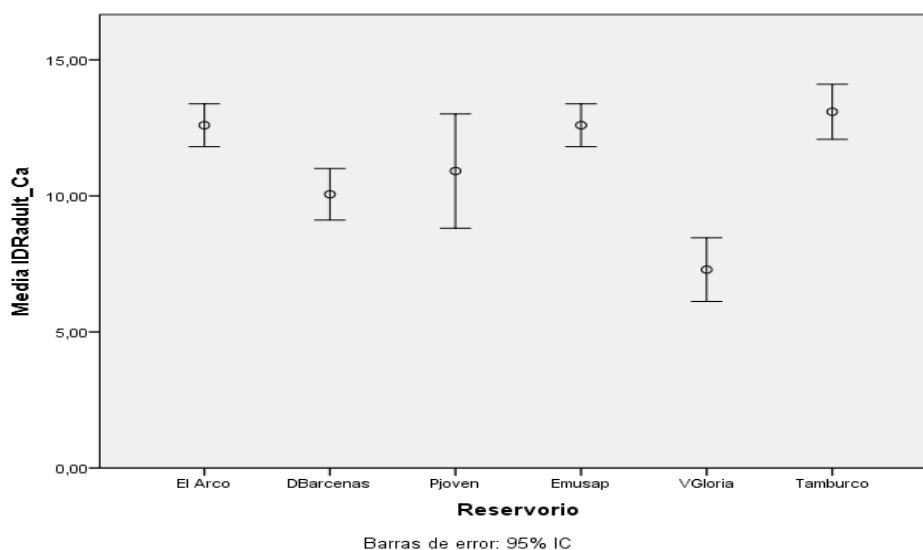
Subconjuntos homogéneos

IDRadult_Ca

	Reservorio	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD de Tukey ^a	VGloria	3	7,2900		
	DBarcenas	3		10,0600	
	Pjoven	3		10,9133	
	El Arco	3			12,5967
	Emusap	3			12,5967
	Tamburco	3			13,0933
	Sig.			1,000	0,336

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.



Anexo 6. ANOVA y prueba de comparaciones del contenido de magnesio de la ingesta recomendada diaria en niños de 4 a 8 años, por cada reservorio.

ANOVA de un factor

IDRNniño_Mg

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3725,223	5	745,045	93,561	0,000
Intra-grupos	95,558	12	7,963		
Total	3820,782	17			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: IDR Nniño_Mg

	(I) Reservorio	(J) Reservorio	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	El Arco	DBarcenas	-13,12000*	2,30408	0,001	-20,8592	-5,3808
		Pjovent	-15,54000*	2,30408	0,000	-23,2792	-7,8008
		Emusap	5,95667	2,30408	0,175	-1,7826	13,6959
		VGloria	-32,30333*	2,30408	0,000	-40,0426	-24,5641
		Tamburco	-31,62000*	2,30408	0,000	-39,3592	-23,8808
	DBarcenas	El Arco	13,12000*	2,30408	0,001	5,3808	20,8592
		Pjovent	-2,42000	2,30408	0,892	-10,1592	5,3192
		Emusap	19,07667*	2,30408	0,000	11,3374	26,8159

		VGloria	-19,18333*	2,30408	0,000	-26,9226	-11,4441
		Tamburco	-18,50000*	2,30408	0,000	-26,2392	-10,7608
	Pjoven	El Arco	15,54000*	2,30408	0,000	7,8008	23,2792
		DBarcnas	2,42000	2,30408	0,892	-5,3192	10,1592
		Emusap	21,49667*	2,30408	0,000	13,7574	29,2359
		VGloria	-16,76333*	2,30408	0,000	-24,5026	-9,0241
		Tamburco	-16,08000*	2,30408	0,000	-23,8192	-8,3408
	Emusap	El Arco	-5,95667	2,30408	0,175	-13,6959	1,7826
		DBarcnas	-19,07667*	2,30408	0,000	-26,8159	-11,3374
		Pjoven	-21,49667*	2,30408	0,000	-29,2359	-13,7574
		VGloria	-38,26000*	2,30408	0,000	-45,9992	-30,5208
		Tamburco	-37,57667*	2,30408	0,000	-45,3159	-29,8374
	VGloria	El Arco	32,30333*	2,30408	0,000	24,5641	40,0426
		DBarcnas	19,18333*	2,30408	0,000	11,4441	26,9226
		Pjoven	16,76333*	2,30408	0,000	9,0241	24,5026
		Emusap	38,26000*	2,30408	0,000	30,5208	45,9992
		Tamburco	0,68333	2,30408	1,000	-7,0559	8,4226
	Tamburco	El Arco	31,62000*	2,30408	0,000	23,8808	39,3592
		DBarcnas	18,50000*	2,30408	0,000	10,7608	26,2392
		Pjoven	16,08000*	2,30408	0,000	8,3408	23,8192
		Emusap	37,57667*	2,30408	0,000	29,8374	45,3159
		VGloria	-0,68333	2,30408	1,000	-8,4226	7,0559

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

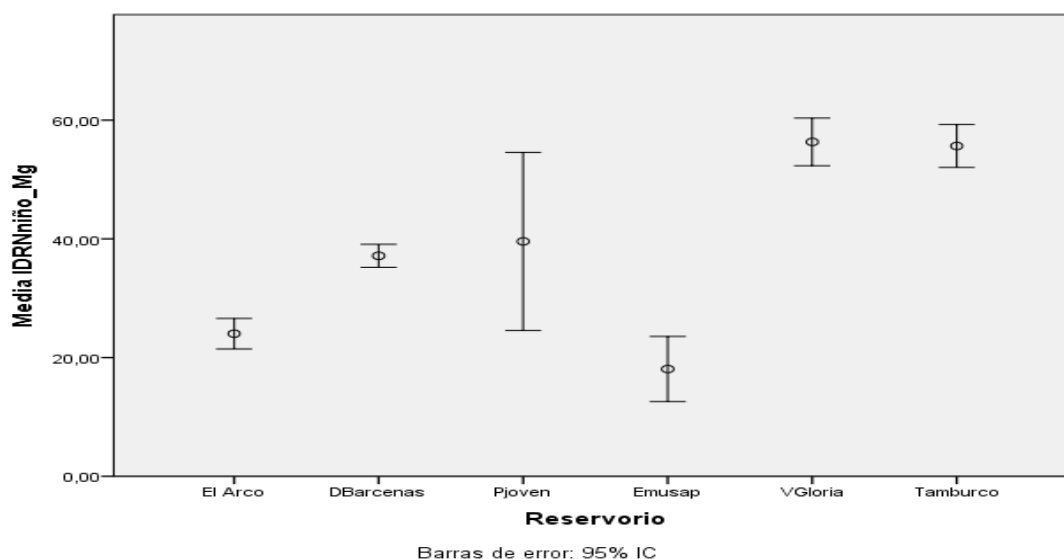
Subconjuntos homogéneos

IDRNniño_Mg

	Reservorio	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD de Tukey ^a	Emusap	3	18,0700		
	El Arco	3	24,0267		
	DBarcenas	3		37,1467	
	Pjoven	3		39,5667	
	Tamburco	3			55,6467
	VGloria	3			56,3300
	Sig.			0,175	0,892

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.



Anexo 7. ANOVA y prueba de comparaciones del contenido de magnesio de la ingesta recomendada diaria en adolescentes, por cada RESERVORIO.

ANOVA de un factor

IDRadol_Mg

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1530,840	5	306,168	93,566	0,000
Intra-grupos	39,267	12	3,272		
Total	1570,107	17			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: IDRadol_Mg

	(I) Reservorio	(J) Reservorio	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	El Arco	DBarcen	-8,41667*	1,47698	0,001	-13,3777	-3,4556
		Pjoven	-9,96667*	1,47698	0,000	-14,9277	-5,0056
		Emusap	3,81667	1,47698	0,175	-1,1444	8,7777
		VGloria	-20,71000*	1,47698	0,000	-25,6711	-15,7489
		Tamburco	-20,27000*	1,47698	0,000	-25,2311	-15,3089
	DBarcen	El Arco	8,41667*	1,47698	0,001	3,4556	13,3777
		Pjoven	-1,55000	1,47698	0,892	-6,5111	3,4111
		Emusap	12,23333*	1,47698	0,000	7,2723	17,1944

		VGloria	-12,29333*	1,47698	0,000	-17,2544	-7,3323
		Tamburco	-11,85333*	1,47698	0,000	-16,8144	-6,8923
	Pjoven	El Arco	9,96667*	1,47698	0,000	5,0056	14,9277
		DBarcnas	1,55000	1,47698	0,892	-3,4111	6,5111
		Emusap	13,78333*	1,47698	0,000	8,8223	18,7444
		VGloria	-10,74333*	1,47698	0,000	-15,7044	-5,7823
		Tamburco	-10,30333*	1,47698	0,000	-15,2644	-5,3423
	Emusap	El Arco	-3,81667	1,47698	0,175	-8,7777	1,1444
		DBarcnas	-12,23333*	1,47698	0,000	-17,1944	-7,2723
		Pjoven	-13,78333*	1,47698	0,000	-18,7444	-8,8223
		VGloria	-24,52667*	1,47698	0,000	-29,4877	-19,5656
		Tamburco	-24,08667*	1,47698	0,000	-29,0477	-19,1256
	VGloria	El Arco	20,71000*	1,47698	0,000	15,7489	25,6711
		DBarcnas	12,29333*	1,47698	0,000	7,3323	17,2544
		Pjoven	10,74333*	1,47698	0,000	5,7823	15,7044
		Emusap	24,52667*	1,47698	0,000	19,5656	29,4877
		Tamburco	0,44000	1,47698	1,000	-4,5211	5,4011
	Tamburco	El Arco	20,27000*	1,47698	0,000	15,3089	25,2311
		DBarcnas	11,85333*	1,47698	0,000	6,8923	16,8144
		Pjoven	10,30333*	1,47698	0,000	5,3423	15,2644
		Emusap	24,08667*	1,47698	0,000	19,1256	29,0477
		VGloria	-0,44000	1,47698	1,000	-5,4011	4,5211

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

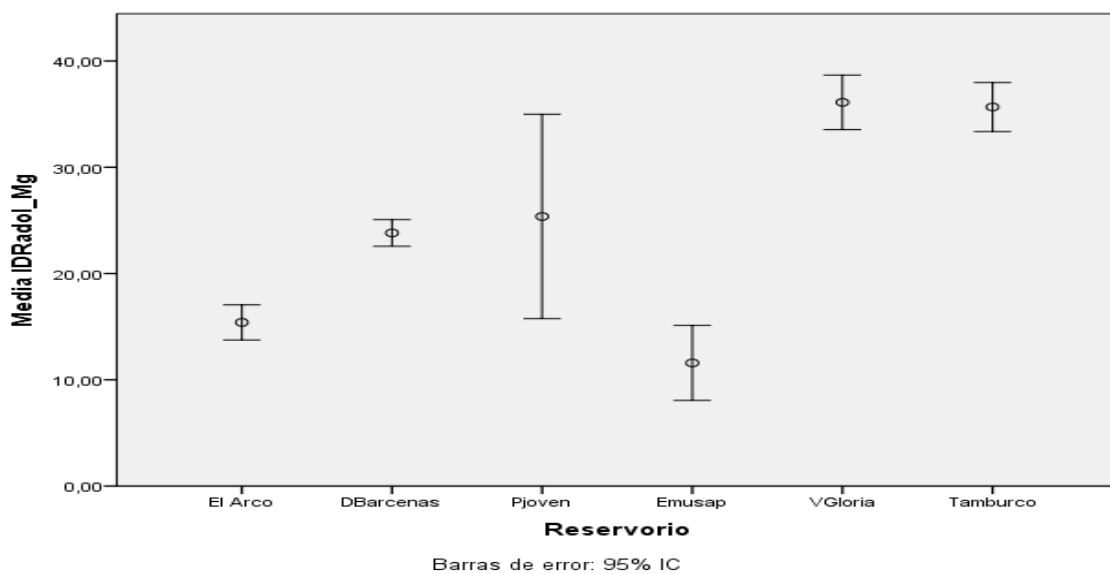
Subconjuntos homogéneos

IDRadol_Mg

	Reservorio	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD de Tukey ^a	Emusap	3	11,5833		
	El Arco	3	15,4000		
	DBarcenas	3		23,8167	
	Pjoven	3		25,3667	
	Tamburco	3			35,6700
	VGloria	3			36,1100
	Sig.			0,175	0,892

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.



Anexo 8. ANOVA y prueba de comparaciones del contenido de magnesio de la ingesta recomendada diaria en adultos, por cada reservorio.

ANOVA de un factor

IDRadul_Mg

	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	680,316	5	136,063	93,439	0,000
Intra-grupos	17,474	12	1,456		
Total	697,790	17			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: IDRadul_Mg

	(I) Reservorio	(J) Reservorio	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	El Arco	DBarcnas	-5,61000*	0,98528	0,001	-8,9195	-2,3005
		Pjoven	-6,64333*	0,98528	0,000	-9,9528	-3,3338
		Emusap	2,54333	0,98528	0,176	-0,7662	5,8528
		VGloria	-13,80667*	0,98528	0,000	-17,1162	-10,4972
		Tamburco	-13,51333*	0,98528	0,000	-16,8228	-10,2038
	DBarcnas	El Arco	5,61000*	0,98528	0,001	2,3005	8,9195
		Pjoven	-1,03333	0,98528	0,892	-4,3428	2,2762
		Emusap	8,15333*	0,98528	0,000	4,8438	11,4628

		VGloria	-8,19667*	0,98528	0,000	-11,5062	-4,8872
		Tamburco	-7,90333*	0,98528	0,000	-11,2128	-4,5938
	Pjoven	El Arco	6,64333*	0,98528	0,000	3,3338	9,9528
		DBarcnas	1,03333	0,98528	0,892	-2,2762	4,3428
		Emusap	9,18667*	0,98528	0,000	5,8772	12,4962
		VGloria	-7,16333*	0,98528	0,000	-10,4728	-3,8538
		Tamburco	-6,87000*	0,98528	0,000	-10,1795	-3,5605
	Emusap	El Arco	-2,54333	0,98528	0,176	-5,8528	0,7662
		DBarcnas	-8,15333*	0,98528	0,000	-11,4628	-4,8438
		Pjoven	-9,18667*	0,98528	0,000	-12,4962	-5,8772
		VGloria	-16,35000*	0,98528	0,000	-19,6595	-13,0405
		Tamburco	-16,05667*	0,98528	0,000	-19,3662	-12,7472
	VGloria	El Arco	13,80667*	0,98528	0,000	10,4972	17,1162
		DBarcnas	8,19667*	0,98528	0,000	4,8872	11,5062
		Pjoven	7,16333*	0,98528	0,000	3,8538	10,4728
		Emusap	16,35000*	0,98528	0,000	13,0405	19,6595
		Tamburco	0,29333	0,98528	1,000	-3,0162	3,6028
	Tamburco	El Arco	13,51333*	0,98528	0,000	10,2038	16,8228
		DBarcnas	7,90333*	0,98528	0,000	4,5938	11,2128
		Pjoven	6,87000*	0,98528	0,000	3,5605	10,1795
		Emusap	16,05667*	0,98528	0,000	12,7472	19,3662
		VGloria	-0,29333	0,98528	1,000	-3,6028	3,0162

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

IDRadul_Mg

	Reservorio	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD de Tukey ^a	Emusap	3	7,7233		
	El Arco	3	10,2667		
	DBarcnas	3		15,8767	
	Pjoven	3		16,9100	
	Tamburco	3			23,7800
	VGloria	3			24,0733
	Sig.			0,176	0,892

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

