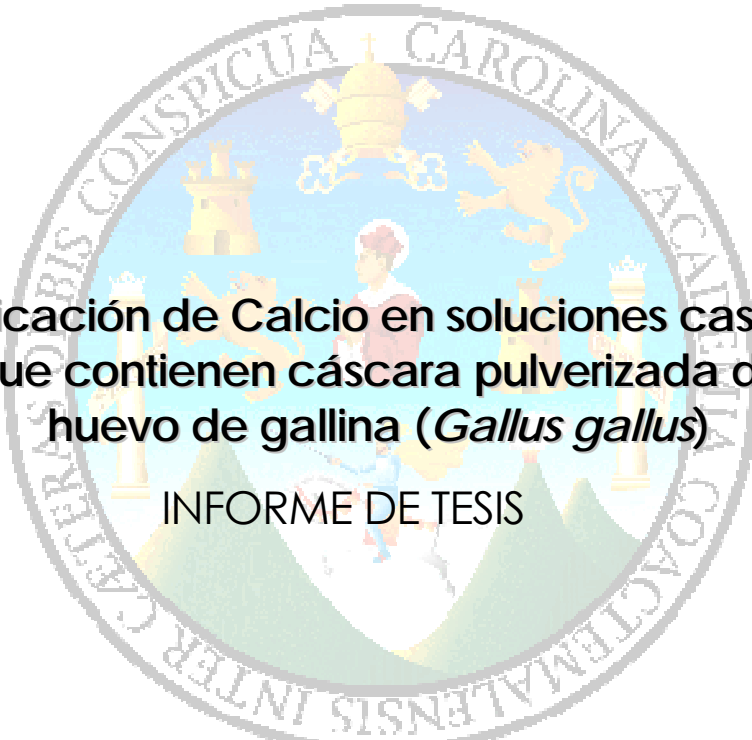


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure, likely a saint or scholar, seated and holding a book. Above the figure is a golden crown. The seal is surrounded by Latin text: "CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CETERAS OBIS CONSPICUA" at the top and "UNIVERSITAS SAN CAROLIS DE GUATEMALA" at the bottom. The background of the seal is light blue and green.

**Cuantificación de Calcio en soluciones caseras
que contienen cáscara pulverizada de
huevo de gallina (*Gallus gallus*)**

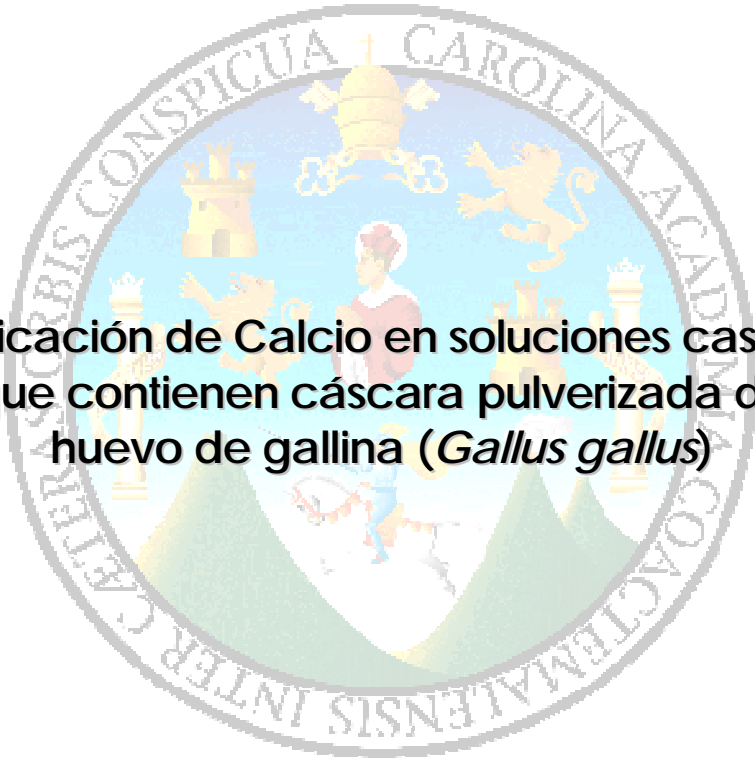
INFORME DE TESIS

Presentado por
Diana Lissette Gómez Recinos

Para optar al título de
Química Farmacéutica

Guatemala, marzo de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a woman in a red dress and white headscarf, holding a book. Above her is a golden crown. The seal is surrounded by a Latin inscription: "SACRORUM CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CETERA".

**Cuantificación de Calcio en soluciones caseras
que contienen cáscara pulverizada de
huevo de gallina (*Gallus gallus*)**

Diana Lissette Gómez Recinos

Química Farmacéutica

Guatemala, marzo de 2011

JUNTA DIRECTIVA

Oscar Cóbar Pinto, Ph.D.	Decano
Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A.	Secretario
Licda. Lillian Raquel Irving Antillón. M.A.	Vocal I
Licda. Lilitiana Vides de Urizar	Vocal II
Lic. Luis Antonio Gálvez Sanchinelli	Vocal III
Br. José Roy Morales Coronado	Vocal IV
Br. Cecilia Liska de León	Vocal V

AGRADECIMIENTOS

A DIOS PADRE, HIJO Y ESPÍRITU SANTO

Por tantas bondades, por su amor, y protección.



“Jamás la majestad del Espíritu Santo ha estado separada de la omnipotencia del Padre y del Hijo; todo lo que hace el gobierno divino para administrar el universo, procede de la Providencia de toda la Trinidad. En ella no hay más que una misma bondad de misericordia, una misma severidad en la justicia. Nada que este dividido en la acción o nada que difiera en la voluntad. Lo que el Padre ilumina, el Hijo lo ilumina y el Espíritu Santo lo ilumina también.” San León Magno

A LA SANTÍSIMA VIRGEN MARÍA

Por su intercesión, amor, protección y compañía en cada momento de mi vida.



“Jamás se ha oído decir y jamás se dirá que ninguno de los que a ti acuden haya sido abandonado.”

A UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

A LABORATORIO WELLCO

Porque sin su apoyo no hubiera sido posible culminar esta meta. Especialmente a Ing. Deborah de Motta, Licda. Liliana Méndez y Licda. Aida Arroyo.

A MIS CATEDRÁTICOS

Por sus enseñanzas y paciencia, porque gracias a su vocación contribuyen en la formación de nuevos profesionales para bien de nuestro país. Especialmente a Lic. Julio Chinchilla por su dirección y asesoría en éste proyecto, a Licda. Mabel Rosado por su revisión y colaboración, a Licda. Julieta de Pezzarozzi†, Licda. Julia García, Licda. Lucrecia de Haase, Licda. Lillian Irving, M.A. y Lic. Estuardo Serrano, M.A. por sus valiosas enseñanzas.

ACTO QUE DEDICO

A MIS PADRES

Elizabeth y Fernando, por su amor, orientación, motivación, apoyo incondicional y confianza, porque me han dado una formación integral.

A MIS ABUELITOS

Salomé† y Mario† por su impulso, motivación y confianza en éste logro. Por su amor, cuidado y dedicación durante toda mi vida, porque dieron un ejemplo de vida modelo a seguir.

A MI FAMILIA

Sergio, Patty, Ana Maria, Clara, Mario, Jorge Luis, Silvia, Ronnie, Hugo, Ericka, por su orientación, porque han sido un apoyo en todo momento y por mantener la unión familiar. A Susann, Sofía, Emmy, Gaby, Lupita, Mishel, Oscar, Sergio, Marito, Carlitos, Josecito, Brandon y Cristopher.

A FAMILIA FERNÁNDEZ

Doña Pilar, Don Lucidio, Ricardo y Andrés por todo su apoyo y afecto, porque han sido como una familia.

A JUAN PABLO ROLDÁN

Por su comprensión y apoyo.

A MIS AMIGOS

Ángela Méndez, Gloria Vargas, Jessica Rodas, Marisol Becerra, Marcia Garrido, Marlen García†, Noelia Solares, Sharon Sandoval, por todo su apoyo y amistad a lo largo de la carrera. Especialmente a Julio González, María Fernanda Ovando, María Ordoñez, Génesis Urbina, Jessica Ramírez, Connie Arana, Gabriela Mejía y Bernadette Pezzarozzi.

INDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. ANTECEDENTES	
3.1 Clasificación científica Gallina común (<i>Gallus gallus</i>).....	3
3.2 Cáscara de huevo de gallina (<i>Gallus gallus</i>).....	3
3.3 El Calcio.	9
4. JUSTIFICACIÓN.....	23
5. OBJETIVOS.....	25
6. HIPÓTESIS.....	26
7. MATERIALES Y MÉTODO.....	27
8. RESULTADOS.....	32
9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	33
10. CONCLUSIONES.....	36
11. RECOMENDACIONES.....	37
12. REFERENCIAS.....	38
13. ANEXOS	
13.1 FOTOS.....	42
13.2 CÁLCULOS.....	44
13.3 RESULTADOS.....	45

1. RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se verificó de forma cuantitativa la posibilidad de extraer un 10% o más de calcio a la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*) en 5 soluciones caseras; jugo de limón, jugo de naranja, leche, vinagre (ácido acético al 5%), y agua hirviendo a 100°C por 5 minutos. Se prepararon las soluciones reposando en ellas por 20 minutos la cáscara de huevo previamente desinfectada, pulverizada y tamizada por mesh No. 20 para luego filtrarla por mesh No. 44 y ajustar el valor de pH en un rango entre 12 y 13 con Hidróxido de Sodio 50%p/v (para precipitar el Magnesio y evitar que interfiera en la cuantificación de Calcio), se utiliza azul de hidroxinaftol como indicador y se valora con ácido etilendiaminotetracético (EDTA) 0.09795M.

Los resultados indican que es posible extraer más del 10% de calcio de la cáscara de huevo a la solución de vinagre y jugo de naranja en reposo por 20 minutos y a la solución de agua hirviendo por 5 minutos, se extrae en promedio por cada 10mL de solución, 26.48% de calcio a la solución de vinagre 14.57% al jugo de naranja y 19.20% al agua hervida. En las soluciones caseras de jugo de limón y leche en reposo por 20 minutos conteniendo cáscara de huevo pulverizada no es posible extraer más del 10% de calcio, se extraen en promedio por cada 10mL de solución, 8.90% y 0.13% respectivamente. A la solución que contiene leche y cáscara de huevo pulverizada la cantidad de calcio extraída es insignificativa, no es mayor que la cantidad de calcio que contiene la leche por sí misma (evaluada como solución blanco).

Se concluye que puede aprovecharse la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*) como fuente de calcio extrayendo el mismo principalmente de las soluciones de agua hirviendo, jugo de naranja y vinagre, con lo que se beneficiarían familias de escasos recursos económicos. No obstante se recomienda evaluar si la extracción de calcio mejora en las soluciones caseras incrementando el tiempo de reposo, ya que en el presente análisis se observó un resultado de extracción más alto al incrementar accidentalmente el tiempo de reposo.

2. INTRODUCCIÓN

La cáscara de huevo de gallina es una excelente fuente de calcio, se constituye en un 96% por carbonato de calcio, y en menor porcentaje por otros minerales como fósforo y magnesio, que facilitan la absorción del mismo (2).

Comúnmente la cáscara de huevo de gallina es considerada un desecho, no obstante es de consumo popular para personas de escasos recursos, quienes refieren en algunos casos que preparan la cáscara pulverizada en diferentes soluciones caseras como leche, jugo de naranja o limón, así como en vinagre (ácido acético al 5%), o en la sopa (agua caliente), por lo que un estudio que respalde la utilización de la cáscara de huevo de gallina común como fuente de calcio y como el aprovechamiento de un desecho sería de mucha utilidad y aplicación.

Este estudio pretendía verificar de forma cuantitativa el calcio disuelto en dichas soluciones, considerando que dicha sal puede ser una fuente importante de Calcio y se podría promover su uso en alguna de las mezclas anteriormente mencionadas.

No existen diferencias significativas en el porcentaje de calcio que contienen los huevos de gallina de diferente procedencia, por lo que la muestra de huevos analizada fue de tipo comercial. La gallina proporciona el calcio necesario para la formación de la cáscara aunque deba suministrarlo de sus propios huesos y como consecuencia presente una descalcificación con deformidades en sus huesos presentando fatiga de jaula (4). Así mismo el color del cascarón depende de la raza de la gallina y no tiene ninguna influencia en su sabor o elementos nutricionales (2). La metodología utilizada para el análisis es una determinación de calcio por volumetría con azul de hidroxinaftol como indicador y EDTA para valorar. Se esperaba obtener un 10% o más de calcio en 0.1 gramo de cáscara pulverizada de huevo de gallina (*Gallus gallus*) disuelta en soluciones caseras.

3. ANTECEDENTES

3.1. Clasificación científica Gallina común (*Gallus gallus*)

Estatus conservacional: Domesticados

Clasificación científica:

Reino: Animal
 Phylum: Chordata
 Clase: Aves
 Orden: Galliformes
 Familia: Fasianidae
 Género: *Gallus*
 Especie: *G. gallus*

Nombre binominal: *Gallus gallus* (Linnaeus, 1758)

Sinónimos: *Gallus gallus domesticus* (1).

3.2. Cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*)

La cáscara de huevo de gallina químicamente está compuesta de 1,6% de agua, 95,1 % de minerales, de los cuales 93,6% corresponden a carbonato de calcio en forma de calcita, 0,8% de carbonato de magnesio y 0,73% de fosfato tricálcico, y finalmente 3,3% de materia orgánica (2).

Tabla No.3.2.1 Análisis químico de cáscara de huevo de gallina

Ensayo	Análisis	Unidad de medida
pH	12.1	ppm
Arsenico	<3.0	ppm
Antimonio	<0.10	ppm
Metales pesados	<20	ppb
Mercurio	0.025	ppm
Selenio	00055	ppm
Plata	8.29	ppm

Sulfuro	0.034	%
Aluminio	<20	ppm
Bario	30.9	ppm
Cadmio	<5	ppm
Calcio	655000	ppm
Cromo	<10	ppm
Cobalto	<5	ppm
Cobre	<2.5	ppm
Hierro	10	ppm
Magnesio	5440	ppm
Manganeso	<1.5	ppm
Niquel	<4	ppm
Fósforo	1470	ppm
Potasio	<500	ppm
Sodio	610	ppm
Vanadio	<5	ppm
Zinc	3.04	ppm

Fuente: (3)

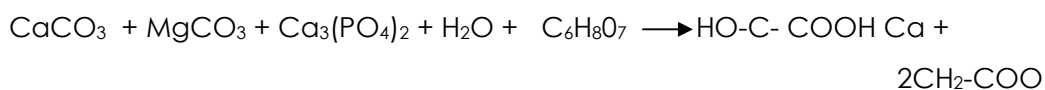
El porcentaje de calcio presente en la cáscara de huevo no varía independientemente de la raza, procedencia (patio o industria), ya que la gallina brinda al cascarón la cantidad necesaria de calcio para su correcta formación. Si la ingestión de calcio no satisface las necesidades para la producción de huevos, la gallina extraerá el calcio depositado en sus huesos. Finalmente, aparece la osteoporosis, los huesos se ablandan y las gallinas se exponen a fracturas. Lesionadas, e incapaces de mantenerse en pie, las aves sufren los síntomas de la fatiga de la ponedora en jaula. El color del cascarón depende de la raza de la gallina y no tiene ninguna influencia en su sabor o elementos nutricionales. El cascarón beige -comúnmente llamado huevo rojo- tiene su coloración como consecuencia de la acción de un pigmento llamado proporphin, que es secretado por una glándula en el útero de la gallina (4).

Existe un estudio de tesis en la que se compara cuantitativamente las proteínas esenciales de los huevos de patio o criollo y el huevo de granja o comercial, en el que se concluye que no existen diferencias en el contenido proteínico aceptable (al compararlos entre sí, y al compararlos con valores regionales), indicando que la creencia popular de que el huevo de patio o criollo es más rico en proteínas que el huevo de granja no tiene fundamento

sustentable según lo demuestra el análisis por el método kjeldahl para la cuantificación de nitrógeno protéico (19).

Se publicó un estudio que pretende determinar las características de la disolución de la cáscara de huevo de gallina blancos adquiridos en supermercados. A una porción de éstas se les quitó las membranas. Por disolución total en HCl se determinó su composición: calcio (91,7% CaCO_3), magnesio (0,91% MgCO_3), fósforo (0,76% P_2O_5), correspondiendo el resto a materia orgánica. Los ensayos de disolución en ácidos sulfúrico y nítrico resultaron en la aparición de precipitados de sulfato de calcio y en la oxidación de las proteínas, respectivamente. Se trabajó con HCl a diferentes concentraciones y temperaturas, siguiendo la velocidad de disolución mediante la titulación del calcio con soluciones valoradas de EDTA. Se evidencia que la disolución aumenta con la temperatura en el rango estudiado; sin embargo al variar la concentración del ácido se observa un comportamiento anómalo, dado que aumenta la fracción disuelta al disminuir la concentración de HCl hasta un valor límite de 0,3600 N, que corresponde a una relación de N° equivalentes CaCO_3 / N° equivalentes HCl de 1:3 (20).

El citrato de calcio puede obtenerse a partir de la cáscara de huevo (carbonato de calcio, magnesio y fósforo) y el jugo de limón o naranja (ácido cítrico) (10) mediante la siguiente reacción química (11)(12):

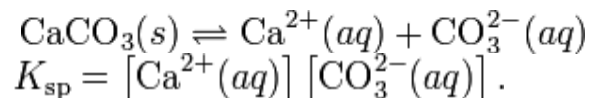


La solubilidad es la cantidad máxima de un soluto que puede disolverse en una cantidad dada de solvente a una determinada temperatura, los factores que la afectan son (34):

- a) Superficie de contacto: La interacción soluto-solvente aumenta cuando hay mayor superficie de contacto por lo que el soluto se disuelve con más rapidez, aunque éste efecto es generalmente pequeño a menos que las partículas sean muy pequeñas, generalmente menores de 1 μm .
- b) Agitación: Al agitar la solución se van separando las capas de disolución que se forman del soluto y nuevas moléculas del solvente continúan la disolución.

c) Temperatura: Al aumentar la temperatura se favorece el movimiento de las moléculas y hace que la energía de las partículas del sólido sea alta y puedan abandonar su superficie disolviéndose.

d) Efecto de la especiación: En disolución, sales típicamente iónicas se disocian en sus iones constituyentes, pero los iones pueden formar otras especies en solución. En la especiación, la solubilidad aumenta siempre, aunque el producto de solubilidad no cambia. El equilibrio de solubilidad del carbonato de calcio puede expresarse por (33):



Si las condiciones como el pH son tales que aparecen en la solución otras especies de carbonato (o de calcio), (por ejemplo, ión bicarbonato, HCO_3^-), entonces la solubilidad del sólido aumentará aunque el producto de solubilidad se mantiene constante (33).

La cáscara de huevo de gallina ha sido objeto de mucha investigación. En una patente estadounidense del 24 de mayo de 2004 se patentiza el método para producir polvo de cáscara de huevo, disminuyendo el tamaño de partícula hasta 1-50 micrones, removiendo todo exceso de líquido, calentando hasta 1060°C , enfriando y secando con el objeto de estudiar la efectividad de los preservantes ESP-1 (Egg Shell powder) y OP-1 (Oyster shell powder) para inhibir el crecimiento de organismos patógenos como *Listeria Monocytogenes*, *Bacteria ácido láctica*, *Pseudomona Aureginosa*, *Escherichia Coli* y *Candida Albicans*, ya que en Japón están establecidos como preservantes para comidas y bebidas. El resultado es satisfactorio y de alto impacto, ya que es necesario encontrar métodos alternativos para procesar y usar cáscaras de huevo para beneficiar el ambiente, ya que en los Estados Unidos se generan 190 mil toneladas de la misma (13). Y cuando éstas son almacenadas a temperatura ambiente se degradan rápidamente produciendo desagradables olores a sulfuro (14). Así mismo existe otra patente en la que se patentiza el método y aparato para el procesamiento de las cáscaras de huevo para separar efectivamente la membrana de las mismas y pueda entonces ser usada en productos alimenticios u otros usos (15). Existe también una patente de un método para descontaminar

cáscaras de huevos de aves mediante la reducción de contaminantes microbiológicos aplicando ozono, dióxido de carbono, presión, calor, radiación ultravioleta y combinaciones de los mismos (16).

En una investigación realizada por Ernesto Moretti, et Al publicada en Revista argent. cir. plast; bajo el título: "Polvo de cáscara de huevo: estudio experimental mandibular y craneal de un nuevo sustituto óseo", se demuestra una biocompatibilidad excelente del polvo de cáscara de huevo en varios defectos experimentales en huesos de conejos. Por otro lado existen otros estudios que plantean el uso de la cáscara de huevo como filtro para la purificación de aguas negras, ya que contienen plomo y éste metal pesado es retenido por los poros de la cáscara de huevo. El experimento lo publicó Yahir Rodríguez, el 20 de agosto de 2007. Otro uso que Ingenieros de la Ohio State University (L.S Fan y M. Iyer) patentaron es un proceso que emplea cáscaras de huevo para absorber el dióxido de carbono derivado de una reacción que produce hidrógeno combustible. La clave para producir hidrógeno puro radica en separarlo del CO₂. El carbonato de calcio, absorbente natural: "con un procesamiento térmico, el carbonato de calcio se transforma en óxido, el cual absorbe entonces cualquier gas de propiedades ácidas, como el CO₂, captura hasta el 78% del CO₂ por peso" lo que convierte a la cáscara de huevo en el absorbente de CO₂ más efectivo probado hasta la fecha (17). Sin embargo no hay estudios al respecto de soluciones caseras de cáscara de huevo mezclada con jugo de naranja, con leche, o con agua caliente.

La cáscara de huevo tiene un potencial bastante alto para desarrollarse en varios campos con diferentes usos dado que por el alto porcentaje de calcio, luego de ser reciclada y adecuadamente mezclada con otros subproductos podría hasta emplearse como alimento balanceado en acuicultura o bien como fertilizante natural de suelos (18).

Es importante efectuar un lavado a la cáscara de huevo antes de utilizarla para el consumo como fuente de nutrientes, ya que normalmente existe una contaminación interna por enterobacterias, especialmente por Salmonella, en un huevo de cada 4.000 (23). El problema de la contaminación se centra a partir de materia fecal de las gallinas o por una mala manipulación. Los huevos, tras su lavado, presentan los menores niveles de contaminación por

enterobacterias. Estos microorganismos no son muy resistentes a los productos de limpieza y desinfección habitualmente empleados, pueden crecer en presencia o en ausencia de oxígeno, aunque en los alimentos, *Salmonella* posee una escasa capacidad de multiplicación si no existe oxígeno. Esto no supone un problema en el huevo, ya que las condiciones son totalmente aeróbicas. No obstante, además de los patógenos evidentes, existen más de 30 géneros dentro de la familia de las enterobacterias. Entre ellos encontramos a diversos patógenos potenciales, como *Escherichia*, *Klebsiella*, *Salmonella*, *Shigella* y *Yersinia*. Un microorganismo que preocupa recientemente es *Enterobacter sakazakii*, un microorganismo conocido desde hace tiempo como un claro contaminante fecal. Una de las vías de transmisión más evidentes es la de los insectos, ya que este microorganismo se encuentra habitualmente en el intestino de las moscas. Una vez que se produce la contaminación, sea a partir de una vía fecal o por insectos, suele adherirse a las superficies y ser una fuente de diseminación generalizada. En este sentido, la cáscara puede ser una vía de contaminación importante. No obstante, el microorganismo más frecuentemente aislado a partir de la cáscara de huevo sin lavar es *Escherichia coli*, con más del 50% respecto al total y con una reiterada detección de *Salmonella* si existen animales portadores. Sin embargo, cuando se realiza un lavado, con la correspondiente desinfección, el microorganismo más frecuentemente aislado es diferente, perteneciente al género *Enterobacter*, y en ningún caso se detecta la presencia de *Salmonella*. Además, en la superficie de la cáscara de los huevos no lavados se detecta la presencia de enterobacterias durante toda la vida comercial del huevo, aún cuando el nivel de contaminación sea bajo y no se detecten restos fecales en su superficie, lo que supone un riesgo para los consumidores potenciales. Esto puede ser particularmente peligroso si después de tocar un huevo, o de manipularlo, seguimos tocando otras superficies, especialmente si son húmedas, lo que facilita la contaminación cruzada a otras áreas (24). Si se adopta el lavado doméstico como medida protectora, éste no deberá realizarse solo con agua o con estropajos. Se deberán lavar sólo huevos limpios, no manchados, mediante inmersión y con una solución acuosa de un desinfectante, preferentemente hipoclorito, durante un mínimo de 5 minutos. En algunos casos se podrían emplear detergentes, pero si el enjuagado posterior no se realiza correctamente,

existe el riesgo de que queden residuos químicos. Finalmente, hay que proceder a enjuagar la cáscara con abundante agua y secar con papel de cocina limpio, no con paños o trapos (22).

Para valorar los efectos del polvo de cáscara de huevo (una nueva fuente de calcio elemental de alta biodisponibilidad) sobre la densidad mineral del hueso, Schaafsma y col. han realizado un ensayo al azar de doble ciego controlado mediante placebo en 85 mujeres sanas postmenopáusicas (edad 50–70 años). Cuarenta y seis mujeres tomaron 1000 mg de calcio diariamente (como polvo de cáscara de huevo o carbonato de calcio puro); 27 tomaron un placebo. Los suplementos activos también contenían otros minerales y vitaminas implicados en el mecanismo óseo. En la línea de referencia, todas las mujeres tenían ingestas adecuadas de calcio en la dieta. Después de 12 meses con suplemento, las mujeres que tomaban el producto de cáscara de huevo tenían una densidad mineral ósea notablemente mayor en la cadera, y una rotación ósea notablemente menor (tal como muestran diferentes marcadores bioquímicos). La densidad ósea de mineral no cambió, sigue significativamente en los demás lugares, ni en los grupos con carbonato de calcio o placebo. Esto demuestra que un suplemento multinutriente que contenga polvo de cáscara de huevo de pollo puede aumentar la densidad ósea de mineral en la cadera en mujeres postmenopáusicas tardías sanas con ingestas adecuadas de calcio por la dieta (25).

3.3. El Calcio

El calcio es un elemento químico encuentra en el medio interno de los organismos como ion calcio (Ca^{2+}) 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, interviene en el metabolismo del glucógeno, junto al potasio y el sodio regulan la contracción muscular (21).

3.3.1. Calcio sérico

Este calcio consta de tres fracciones distintas: calcio libre o ionizado, calcio aniónico que se une a fosfatos y calcio unido a proteínas,

principalmente albúmina o globulina. El calcio ionizado es quien realiza la mayoría de funciones metabólicas. Su concentración está controlada principalmente por la parathormona, la calcitonina y la vitamina D.

La vitamina D aumenta la absorción intestinal de calcio y de fósforo; para obtener ésta vitamina de forma natural se recomienda asolearse por las mañanas diariamente, ya que el *ergosterol* bajo la acción de los rayos ultravioletas del sol sobre la piel, da lugar a la vitamina D. Esta vitamina interviene en el metabolismo del calcio y del fósforo con lo que estimula la formación del hueso (6). El ergosterol ($C_{28}H_{43}OH$) es un esteroide que se encuentra en el cornezuelo del centeno, levaduras y otros hongos, y algunas grasas animales. La principal fuente comercial de ergosterol es la levadura (5).

El calcio sérico se mantiene en niveles muy estrechos de 8.8 a 10.8 mg/dL. Algunas de sus sales son bastante insolubles, por ejemplo el sulfato ($CaSO_4$), carbonato ($CaCO_3$), oxalato, etc., y forma parte de distintos biominerales. Así, en el ser humano, está presente en los huesos como hidroxapatito cálcico, $Ca_{10}(OH)_2(PO_4)_6$ como el hidrogeno (6).

3.3.2. Absorción y excreción

El calcio se absorbe principalmente en duodeno y secundario a lo largo del tracto gastrointestinal. La absorción ocurre por dos métodos principales: un sistema de transporte saturable, activo, ocurre en duodeno y yeyuno proximal y controlado mediante la acción de la vitamina D₃ o 1,25 (OH)₂D₃ (Vitamina D activa), esta vitamina actúa como una hormona y aumenta la captación de calcio en el borde en cepillo de la célula de la mucosa intestinal al estimular la producción de una proteína que se une a la calcio. Un segundo mecanismo de transporte es pasivo, no saturable e independiente de la vitamina D, ocurre a lo largo de todo el intestino. El calcio solo se absorbe si está en una forma hidrosoluble y no se precipita por otro componente de la dieta como los oxalatos (6). Diversos factores influyen de manera favorable la absorción de calcio, entre ellos; la vitamina D en su forma activa, pH ácido, la lactosa (azúcar de la leche) y existen otros que afectan la absorción como la carencia de la vitamina D, el ácido oxálico (contenido en el ruibarbo, espinaca, acelgas), al ácido fítico (compuesto que contiene fósforo y se encuentra en las

cáscaras de los granos de cereales), la fibra dietética, medicamentos, malabsorción de grasas y el envejecimiento (6). Normalmente la mayor parte del calcio que se ingiere se excreta en las heces y la orina en cantidades iguales aproximadamente. La excreción urinaria del calcio varía a través del ciclo vital y con la velocidad del crecimiento esquelético. El calcio fecal se correlaciona con la ingesta. La ingesta de cafeína y teofilina también se relacionan con la excreción de calcio. Las pérdidas cutáneas ocurren en la forma de sudor y exfoliación de la piel. La pérdida de calcio en el sudor es de aproximadamente 15 mg/día. La actividad física extenuante con sudoración aumentará las pérdidas, incluso en las personas con bajas ingestas. La inmovilidad del cuerpo por reposo en cama por tiempo prolongado también aumenta las pérdidas de calcio en respuesta a la falta de tensión sobre los huesos

3.3.3. Funciones

Además de su función en la construcción y mantenimiento de huesos y dientes, el calcio también tiene otras funciones metabólicas. Afecta la función de transporte de las membranas celulares, actuando como un estabilizador de membrana. También influye en la transmisión de iones a través de las membranas, y la liberación de neurotransmisores (6). Este calcio actúa como mediador intracelular cumpliendo una función de segundo mensajero; por ejemplo, el ion Ca^{2+} interviene en la contracción de los músculos. También está implicado en la regulación de algunas enzimas quinasas que realizan funciones de fosforilación, por ejemplo la proteína quinasa C (PKC), y realiza unas funciones enzimáticas similares a las del magnesio en procesos de transferencia de fosfato (por ejemplo, la enzima fosfolipasa A2). Se requiere calcio en la transmisión nerviosa y en la regulación de los latidos cardiacos. El equilibrio adecuado de los iones de calcio, sodio, potasio y magnesio mantiene el tono muscular y controla la irritabilidad nerviosa.

3.3.4. Deficiencia de Calcio

Cuando la deficiencia es a largo plazo y desde etapas tempranas de la vida, puede causar entre otras consecuencias: Deformidades Óseas, entre

ellas la osteomalacia, raquitismo y osteoporosis. La osteoporosis es un trastorno metabólico en el que la masa ósea se reduce sin cambios en la composición corporal, conduciendo a un riesgo incrementado para fracturas con la más mínima tensión. Los factores de riesgo son diversos incluyendo deficiente captación de calcio, o poca ingesta de calcio durante los periodos máximos de crecimiento, poca actividad física, alto consumo de café y cigarrillo entre otros. La Osteomalacia, suele relacionarse con una deficiencia de vitamina D y un desequilibrio coincidente en la captación de calcio y fósforo. Se caracteriza por una incapacidad para mineralizar la matriz ósea. Lo que resulta en una reducción del contenido mineral del hueso. La deficiencia de calcio también puede conducir al Raquitismo, una enfermedad relacionada con la malformación de los huesos en niños, debido a una mineralización deficiente de la matriz orgánica. Los huesos raquífticos no pueden sostener el peso y tensión ordinaria, que resultan en un aspecto de piernas arqueadas, rodillas confluentes, tórax en quilla y protuberancia frontal del cráneo (6).

Tetania: niveles muy bajos de calcio en sangre aumentan la irritabilidad de las fibras y los centros nerviosos, lo que resulta en espasmos musculares conocidos como calambres, una condición llamada tetania.

Otras enfermedades: hipertensión arterial, hipercolesterolemia, y cáncer de colon y recto (8).

3.3.5. Toxicidad

Una ingesta elevada de calcio y la presencia de un elevado nivel de vitamina D, puede constituir una fuente potencial de hipercalcemia, es posible que esto favorezca a la calcificación excesiva en huesos y tejidos blandos. También estas ingestas elevadas intervienen con la absorción de hierro, lo mismo para el zinc.

3.3.6. Fuentes dietéticas

Los principales alimentos ricos en calcio son los alimentos lácteos y sus derivados (leche, yogurt, queso) aunque también se encuentra en alimentos vegetales, con hoja verde oscura, como el col, brócoli, nabo fresco, así como sardinas, almejas, y salmón. El frijol soya es rico en calcio y se absorbe de

manera similar a la leche. Se utilizan suplementos de calcio para aumentar su captación, la forma más frecuente de suplemento es el carbonato de calcio, que es relativamente insoluble. El citrato de calcio, que en comparación con el peso tiene menos calcio que el carbonato, es mucho más soluble (2).

3.3.7. Suplementos de calcio dietético

Los suplementos de calcio son usados para prevenir y tratar las deficiencias de calcio. La mayoría de expertos recomiendan que los suplementos deben ser tomados con las comidas y no más de 600 mg deben ser ingeridos al mismo tiempo, debido a que el porcentaje de calcio absorbido disminuye a medida que la cantidad de calcio en el suplemento aumenta (7). La vitamina D es adicionada a los suplementos de calcio, ya que puede beneficiar la absorción del calcio intestinal. La vitamina D no es necesaria, pero puede beneficiar a las personas con bajo estado nutricional de la vitamina. El estado apropiado de la Vitamina D es importante debido a que esta es convertida a hormona en el cuerpo, e induce la síntesis de proteínas intestinales responsables de la absorción de calcio (7).

1. El Carbonato de calcio, es el más común y extenso suplemento utilizado. Debe ser ingerido con las comidas. La absorción de este componente es similar a la absorción del calcio en la leche (10). La mayoría de personas digieren muy bien este suplemento, algunas llegan a desarrollar problemas gastrointestinales o gases. Tomar el magnesio conjuntamente puede ayudar a evitar la constipación. El carbonato de calcio es 40% calcio elemental (1000 mg aportan 400 mg calcio).
2. Los antiácidos como Tums, generalmente tienen carbonato de calcio.
3. Citrato de calcio, puede ser ingerido sin alimentos y es el recomendado para personas que sufran de aclorhidria o quienes toman inhibidores de la bomba de protones o de histamina 2 (5). Es más fácilmente digerido y absorbido que el carbonato de calcio si se ingiere con el estomago vacío y causa menos constipación y gases que el carbonato. También tiene menor riesgo a favorecer la formación de cálculos renales. El citrato es cerca de 21% calcio elemental (1000 mg aportan 210 mg de calcio).
4. Otros suplementos: fosfato de calcio, y lactato de calcio.

Para el uso humano las cantidades de nutrientes recomendadas que aplican según los nutrientes que la cáscara de huevo podría proporcionar son:

Tabla No. 3.3.7.1 *Consumo dietético de referencia de la Medicine-National Academy of Sciences*

Grupo de Edad	Calcio (µg/d)	Fósforo (µg/d)	Magnesio (µg/d)	Vitamina D (µg/d)
Lactantes				
0-6 meses	210	100	30	5
7-12 meses	270	275	75	5
Niños				
1-3 años	500	460	80	5
4-8 años	800	500	130	5
Hombres				
9-13 años	1300	1250	240	5
14-18 años	1300	1250	410	5
19-30 años	1000	700	400	5
31-50 años	1000	700	420	5
51-70 años	1200	700	420	10
>70 años	1200	700	420	15
Mujeres				
9-13 años	1300	1250	240	5
14-18 años	1300	1250	360	5
19-30 años	1000	700	310	5
31-50 años	1000	700	320	5
51-70 años	1200	700	320	10
>70 años	1200	700	320	15
Embarazadas				
<18 años	1300	1250	400	5
19-30 años	1000	700	350	5
31-50 años	1000	700	360	5
Amamantamiento				
<18 años	1300	1250	360	5
19-30 años	1000	700	310	5
31-50 años	1000	700	320	5

Fuente: (14)

3.3.8. Importancia del calcio

El calcio es un elemento indispensable para el funcionamiento de todo el organismo. El nivel de calcio en la sangre depende parte de la ingestión dietética la que es aproximadamente de 0.5 a 1 gramo al día; depende

también del grado de absorción intestinal y de la eliminación renal. El factor principal en el mantenimiento de las concentraciones sanguíneas es el depósito óseo de calcio. Al rededor del 99% del calcio corporal se encuentra en el hueso y de este el 1% se intercambia libremente con el líquido extracelular (8).

La ingestión oral adecuada de calcio es necesaria durante toda la vida para mantener la masa ósea pico y reducir el riesgo de osteoporosis y osteomalacia subsecuentes. Los suplementos de calcio se recomiendan para pacientes con alto riesgo de osteoporosis y en aquellos con osteoporosis ya establecida. Otros beneficios posibles son la disminución del riesgo de cáncer mamario y de cáncer de colon mediante el empleo de suplementos de calcio. El suplemento de calcio se puede administrar como Citrato de Calcio (0.4 a 0.7 gramos de calcio elemental a diario).

3.3.9. Metabolismo del calcio

El metabolismo del calcio u homeostasis del calcio es el mecanismo por el cual el organismo mantiene adecuados niveles de calcio. Alteraciones en este metabolismo conducen a hipercalcemia o hipocalcemia, que pueden tener importantes consecuencias para la salud.

3.3.10. Localización y cantidad

El calcio es el mineral más abundante en el cuerpo humano. Un adulto por término medio tiene alrededor de 1 kg, 99% de él en el esqueleto en forma de sales de fosfato calcio. El fluido extracelular contiene alrededor de 22,5 mmol, de los cuales alrededor de 9 mmol están en el suero. Aproximadamente 500 mmol de calcio son intercambiados entre el hueso y el líquido extracelular en un día [2].

3.3.11. Valores normales

La calcemia (nivel de calcio en sangre) está estrechamente regulada con unos valores de calcio total entre 2,2-2,6 mmol/L (9 - 10,5 mg/dl), y una calcio ionizado de 1,1-1,4 mmol/l (4,5-5,6 mg/dl). La cantidad de calcio total varía con el nivel de albúmina, proteína a la que el calcio está unida. El efecto

biológico del calcio está determinado por el calcio ionizado, más que por el calcio total. EL calcio ionizado no varía con el nivel de albúmina (6).

3.3.12. Fuentes

Alrededor de 25 mmol de calcio entra en el organismo en una dieta normal. Puede estar disminuida si la dieta es escasa en derivados lácteos. De estos, alrededor del 40% (10 mmol) es absorbido por el intestino, 5 mmol son excretados a través de las heces, quedando una cantidad neta de 5 mmol de calcio al día. La vitamina D es una importante co-factor en la absorción intestinal de calcio (6).

3.3.13. Eliminación

El riñón filtra alrededor de 250 mmol/día, y reabsorbe 245 mmol, lo que da una pérdida total neta de aproximadamente 5 mmol/l. Además el riñón metaboliza la vitamina D a la forma activa calcitriol, que es más efectiva en la absorción intestinal. Ambos procesos están estimulados por la Parathormona (PTH) (6).

3.3.14. Papel del hueso

Aunque el flujo de calcio desde y hacia el hueso es neutral, alrededor de 5 mmol de tiene un turn over diario. El hueso sirve como un importante punto de partida para el almacenamiento de calcio, ya que contiene el 99% del calcio del cuerpo. El calcio es liberado del hueso por la hormona paratiroidea. La calcitonina estimula la incorporación de calcio en los huesos, si bien este proceso es en gran medida independiente de la calcitonina.

El bajo consumo de calcio también puede ser un factor de riesgo en el desarrollo de la osteoporosis. En un metanálisis, los autores encontraron que sólo dos de los 52 estudios que examinaron mostraron que la ingesta de calcio no promueve un mejor equilibrio óseo (8).

3.3.15. Órganos reguladores

El calcio está regulado principalmente por las acciones de la vitamina D, la hormona paratiroidea y la calcitonina. El único verdadero órgano regulador es la glándula paratiroidea. Las glándulas paratiroideas están ubicadas detrás del tiroides, y producen la hormona paratiroidea en respuesta a los bajos niveles de calcio.

Las células parafoliculares de la tiroides producen calcitonina en respuesta a los elevados niveles de calcio, pero su importancia es mucho menor que el de PTH (8).

3.3.16. Patología

- Hipocalcemia e hipercalcemia son a la vez graves trastornos médicos.
- Osteodistrofia renal es una consecuencia de la insuficiencia renal crónica relacionadas con el metabolismo del calcio.
- Osteoporosis y la osteomalacia se han vinculado a los trastornos en el metabolismo del calcio (6).

3.3.16.1 Osteoporosis

La osteoporosis es la principal causa de fracturas de huesos en la tercera edad. Una de cada cuatro mujeres británicas está afectada por esta enfermedad. Es mejor prevenir que curar, y para prevenir hay que tomar una dosis adecuada de calcio a lo largo de toda la vida, pero especialmente en la niñez y en la adolescencia; así como minimizar los factores de riesgo más importantes: fumar, abusar del alcohol y la falta de ejercicio físico. Las dietas ricas en proteínas y sal (cloruro sódico) también aumentan la pérdida de calcio del cuerpo y pueden provocar osteoporosis. Las mujeres postmenopáusicas son propensas a sufrir osteoporosis porque producen menos estrógenos que protegen el esqueleto de mujeres más jóvenes (25).

La osteoporosis es una enfermedad que afecta al sistema óseo y se caracteriza por el deterioro progresivo del tejido óseo y la calidad de los huesos, debido a la pérdida normal de calcio y otros minerales. Es una enfermedad que se desarrolla de forma silenciosa y en sus primeras etapas no produce molestias, pero puede ser muy peligrosa por los riesgos que

conlleva, como fracturas en personas de edad avanzada que impliquen cirugías costosas y con mucha necesidad de rehabilitación (8).

Ha habido mucha publicidad sobre el papel del calcio de la dieta para prevenir la osteoporosis, pero se da el hecho de que esta enfermedad es más común en los países occidentales donde el consumo de calcio y de productos lácteos es más alto que en el resto del mundo. La osteoporosis es menos frecuente en culturas rurales, incluso cuando el consumo de calcio es mucho menor. Algunos factores del estilo de vida, como la actividad física, una menor ingesta de proteínas, un menor consumo de alcohol y fumar menos, pueden servir como protección para la gente de estas poblaciones (27).

Los principales riesgos de fractura se presentan en la columna vertebral, fundamentalmente por aplastamiento o desgaste en las vértebras, en las muñecas y en la cadera (30).

La compresión de las vértebras origina la disminución de altura y una deformidad que generalmente se conoce como joroba de viuda. Es una enfermedad que afecta principalmente a personas en edad avanzada y de forma especial a las mujeres, ya que se calcula que aproximadamente el 30% de las mujeres posmenopáusicas la padecen y su incidencia aumenta con la edad. Sin embargo después de los 60 años, el riesgo es igual para hombres y mujeres (29).

3.3.16.1.1 Fracturas relacionadas con la osteoporosis

Una de cada dos mujeres y uno de cada cuatro hombres, mayores de 50 años, tendrá una fractura relacionada con la osteoporosis en su curso de vida. Osteoporosis es responsable de más de 1.5 millones de fracturas anualmente, incluyendo:

- 300.000 fracturas de la cadera; y aproximadamente
- 700.000 fracturas vertebrales;
- 250.000 fracturas de la muñeca; y
- 300.000 fracturas en otros sitios (27).

3.3.16.1.2 Factores de Riesgo para padecer osteoporosis

- Historia personal de la fractura después de la edad 50.
- Masa baja actual del hueso.
- Historia de la fractura en un pariente 1°.
- Ser mujer.
- Siendo fino y/o teniendo un marco pequeño.
- Edad avanzada.
- Antecedentes familiares de la osteoporosis.
- Deficiencia del estrógeno como resultado de la menopausia, inducido especialmente temprano o quirúrgico.
- Ausencia anormal de los períodos menstruales (amenorrea).
- Nervosa de Anorexia.
- Producto bajo del calcio del curso de la vida.
- Deficiencia de la vitamina D.
- Uso de ciertas medicaciones, tales como cortico-esteroides y anticonvulsivos.
- Presencia de ciertas condiciones médicas crónicas (28).
- Niveles bajos de la testosterona en hombres.
- Una forma de vida inactiva.
- Tabaquismo actual.
- Uso excesivo del alcohol.
- Siendo caucásico o asiático, aunque americanos e hispánico africanos
Los americanos están en el riesgo significativo también (28).

Las mujeres pueden perder hasta 20 % de su masa del hueso en los cinco a siete años que siguen menopausia, haciéndolos más susceptibles a la osteoporosis (5).

La forma más frecuente de la enfermedad es la osteoporosis primaria; se refiere a la osteoporosis posmenopáusica, o por déficit de estrógenos (Tipo I) que se observa en mujeres cuyos ovarios han dejado de producir hormonas (estrógenos). Otros tipos pueden ser osteoporosis relacionada con la edad (Tipo II), que afecta a las personas mayores de 70 años, y la osteoporosis idiopática, enfermedad poco frecuente, de causa desconocida, que afecta a las mujeres premenopáusicas y a los hombres jóvenes o de mediana edad.

La osteoporosis secundaria puede estar causada por inactividad debida a parálisis u otras causas como la ingravidez espacial; enfermedades endocrinas y nutricionales, tales como la anorexia nerviosa; enfermedades específicas y ciertos medicamentos. La prevención y el tratamiento de la osteoporosis incluye la administración de estrógenos, progesterona o ambos, en mujeres posmenopáusicas, suplementos de calcio y otros nutrientes, ejercicio y nuevos fármacos como la calcitonina (6).

3.3.16.1.3 Incidencia de osteoporosis

En Guatemala no existen datos estadísticos que reflejen la incidencia de raquitismo, para medir la deficiencia de calcio en niños, ni datos de osteomalacia, osteopenia u osteoporosis para medir la deficiencia de calcio en adultos.

La prevalencia mundial se estima en un 30% de las mujeres caucásicas y en un 8% de los varones caucásicos mayores de 50 años, y asciende hasta un 50% en mujeres de más de 70 años (30).

La osteoporosis es un problema de salud pública global que afecta actualmente a más de 200 millones de personas en el mundo.

Cerca de 3,5 millones de personas la padecen en España, la mayor parte de las cuales son mujeres. Afecta a un 35% de mujeres españolas mayores de 50 años, porcentaje que se eleva a un 52% en las mayores de 70 años. Además, cada año se producen más de 100.000 fracturas osteoporóticas (30).

En Estados Unidos la osteoporosis es una de las mayores amenazas de la salud pública para 44 millones de americanos, el 68% de los cuales son mujeres. Hoy en día, 10 millones de estadounidenses tienen osteoporosis y 34 millones más tiene masa ósea baja lo que les coloca en una situación de riesgo elevado para desarrollar osteoporosis. 1 de cada 2 mujeres y 1 de cada 4 hombres mayores de 50 años tendrán una fractura relacionada con su osteoporosis durante su vida. La osteoporosis es responsable de más de 1,5 millones de fracturas anuales, incluyendo 300.000 fracturas de cadera, 700.000 fracturas vertebrales, 250.000 fracturas de muñeca y más de 300.000 fracturas en otros sitios. Los gastos directos nacionales estimados para

osteoporosis y fracturas relacionadas son de 14 billones de dólares cada año(30).

Se estima que en Latinoamérica 37 millones de mujeres se encuentra en edad de riesgo. De ellas, 12 millones sufrirán osteoporosis, 5 millones sufrirán una fractura de cadera y 7,5 millones tendrán una fractura de muñeca (30).

Por otra parte, 4 millones de canadienses tienen osteoporosis. 1 de cada 4 mujeres mayores de 50 años y 1 de cada 8 hombres mayores de 50 años presentan osteoporosis (30).

Se estima que cerca de 2 millones de australianos tienen osteoporosis, de los cuales las 3/4 partes son mujeres. Actualmente la osteoporosis afecta al 10% de los australianos y se espera que para el 2021 la tasa de afectados pase a ser del 13%. Por otra parte, los gastos sanitarios relacionados con la osteoporosis son hoy en día de 7,4 billones de dólares por año (30).

Después de los 60 años, 1 de cada 2 australianas y uno de cada 3 australianos sufrirán una fractura osteoporótica. En Australia de todas las fracturas osteoporóticas, el 46% son fracturas vertebrales, el 16% son fracturas de cadera y el 16% son fracturas de muñeca (30).

En el Reino Unido se estima que 3 millones de personas tienen osteoporosis. 1 de cada 3 mujeres y 1 de cada 12 hombres tendrán osteoporosis después de los 50 años. Cada año se producen 70.000 fracturas de cadera, 50.000 fracturas de muñeca y 120.000 fracturas vertebrales debidas a la osteoporosis (30).

El coste de la osteoporosis es de 1,7 billones de libras cada año.

La incidencia de osteoporosis es mayor en mujeres que en varones, ya que los varones tienen una mayor masa ósea, carecen del equivalente de la menopausia, tienen menos tendencia a caerse y una esperanza de vida más corta. Por todo ello, la incidencia global de fracturas osteoporóticas es mucho mayor en las mujeres que en los varones. La densidad ósea también disminuye con la edad, de tal manera que la incidencia de fracturas aumenta exponencialmente y es un problema importante en la población geriátrica, siendo este un sector demográfico con clara tendencia ascendente en España (30).

Constituye pues, la osteoporosis, un problema de salud pública de gran magnitud por su prevalencia, por la elevada morbi-mortalidad que conlleva y por el enorme consumo de recursos que ocasiona.

3.4 Población

La población Guatemalteca que podría beneficiarse con el uso de la cáscara de huevo de gallina como fuente de calcio es:

Tabla No. 3.4.1 *Proyecciones de población en base al Censo 2002*

POBLACIÓN	EDAD	CANTIDAD
Niños y niñas	0 – 12 años	5,196,594
Mujeres mayores de 45 años	45 – 49 años	250,500
	50 – 54 años	205,720
	55 – 59 años	179,969
	60 – 64 años	146,624
	65 – 69 años	107,251
	70 – 74 años	86,678
	75 – 79 años	66,775
	80 y más	56,364
	Total	1,099,878
Adultos mayores	60 – 64 años	281,316
	65 – 69 años	207,925
	70 – 74 años	167,065
	75 – 79 años	125,342
	80 y más	101,517
	Total	883,165

Fuente: INE (9)

4. JUSTIFICACIÓN

Guatemala está formada por una población multiétnica, pluricultural y plurilingüe. El 43 % de su población es maya, encontrándose los niveles de incidencia de pobreza e inseguridad alimentaria y nutricional mayoritariamente en ese grupo de la población. Una de las principales causas de la inequidad en salud, alimentación y nutrición se relaciona con las condiciones de pobreza (57%) y extrema pobreza (21%) que está concentrada en el área rural(26). Existe una insuficiencia del suministro global de alimentos respecto a las necesidades nutricionales, el 60% de los hogares no tiene capacidad para adquirir la mitad del costo de una alimentación mínima, por lo que la utilización de lo que comúnmente es considerado un desecho como la cáscara de huevo de gallina sería muy beneficioso para disminuir el retardo de crecimiento de niños y niñas que se encuentra en un 40 % según estadísticas del INCAP (26), ya que es una excelente fuente de calcio (96% carbonato de calcio), por lo que su cuantificación en diferentes soluciones caseras como leche, jugo de naranja o limón, así como en vinagre (ácido acético), o en agua hirviendo (suponiendo que es sopa o huevos duros) tendría un impacto positivo.

Este estudio verificó de forma cuantitativa el calcio disuelto en dichas soluciones caseras, como muchas personas refieren consumirla, para determinar si es posible obtener el 10% o más de calcio en 0.1 gramo de cáscara pulverizada de huevo de gallina (*Gallus gallus*).

En Guatemala la población de niños de 0-12 años es de 5,196,594, según datos del Instituto Nacional de Estadística, que serían altamente beneficiados con el consumo de calcio de una fuente tan accesible y de bajo costo como lo es la cáscara de huevo de gallina, ya que el costo de un huevo oscila alrededor de Q.1.00 y si una familia de cuatro personas en un desayuno consume 1 huevo cada uno, son 4 huevos que equivalen a 22 g aproximadamente de cáscara, si se extrae un 10% del calcio se obtienen 2.2g, es decir 1.1 g para cada uno dividiendo en partes iguales, con lo que se cubre la necesidad diaria mínima de 1.0 g para un adulto, 0.5g para un niño de 1 a 3 años y 0.8g para un niño de 4 a 8 años. Comparando el gasto de Q.4.00 para cuatro huevos que consumen

cuatro personas versus el valor de una tableta de calcio que oscila alrededor de Q. 5.00 cada una, se gastarían Q.20.00 para las cuatro personas, se infiere que la utilización de cáscara de huevo como fuente de calcio es entonces favorable para la economía familiar, así como para la salud. Podrían beneficiarse con dicho recurso 883,165 adultos mayores de 60 años que probablemente padecen de osteoporosis, así como 1,099,878 mujeres mayores de 45 años que necesitan suplementos diarios de calcio de 1.0 a 1.5 gramos para suplir la necesidad de dicho mineral causado por la menopausia (14).

5. OBJETIVOS

- GENERAL
 - Cuantificar calcio extraído en soluciones caseras que contienen cáscara de huevo pulverizada de gallina (*Gallus gallus*).

- ESPECÍFICOS
 - Cuantificar el calcio extraído de la cáscara de huevo pulverizada de gallina en leche de vaca, jugo de naranja, jugo de limón, vinagre (ácido acético), y agua hirviendo.
 - Determinar la solución casera con la que se obtiene la mayor cantidad de calcio disuelto.
 - Proporcionar a personas de bajos recursos económicos una metodología fácil para obtener calcio para el tratamiento de la osteoporosis.

6. HIPÓTESIS

Es posible obtener 10% o más de calcio en 0.1 gramos de cáscara pulverizada de huevo de gallina (*Gallus gallus*) disuelta en soluciones caseras.

7. MATERIALES Y MÉTODO

7.1 UNIVERSO DE TRABAJO

7.1.1 **Población:** Cáscara pulverizada de huevo de gallina (*Gallus gallus*). Soluciones caseras de jugo de naranja, jugo de limón, vinagre (ácido acético al 5%), leche y agua hervida a 100°C por 5 minutos.

7.1.2 **Muestra:** cáscara de 18 huevos o bien 99 gramos, estimando un exceso (peso promedio de 1 cáscara de huevo de gallina = 5.5 g, se necesitan 0.1g x 5 soluciones caseras x 16 repeticiones = 8.0 g).

7.2 MATERIALES

7.2.1 Reactivos:

- EDTA 0.05M
- Azul de hidroxinaftol
- Hidróxido de Sodio 50% p/v

7.2.2 Equipo:

- Potenciómetro
- Estufa con agitador magnético
- Balanza analítica
- Soporte universal
- Pinza

7.2.3 Cristalería:

- Beakers 100mL
- Erlenmeyer 250mL
- Probeta 10mL
- Pipetas
- Pipeta volumétrica 10mL
- Bureta 50mL

- 2 espátulas pequeñas
- Magneto para agitación
- Bulbos para pipetas

7.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Diseño experimental totalmente al azar (medidas repetidas) con 5 tratamientos (tipos de solución).

- ✓ *Cuantificación de calcio:* preparaciones caseras
- ✓ *Tratamientos:* 5 tipos de soluciones
- ✓ *Fuente del material:* cáscaras
- ✓ *Unidad experimental:* 0.1 gramo de cáscara pulverizada
- ✓ *Hipótesis:* $\geq 10\%$ por 0.1 gramo (con cualquier tratamiento)
 - Ho: $\mu < 10\%$ Ha: $\mu \geq 10\%$
- ✓ *Prueba de hipótesis de una cola para cada tratamiento.*
- ✓ *Cálculo de número de réplicas por cada tratamiento:*
 - (z) nivel de significancia = 0.05 (z=1.96)
 - (σ^2) varianza esperada (se relacionará con el límite de error, ya que no se conoce la variación)
 - (Δ) límite de error : $\Delta = \sigma / 2$
 - (n) número de réplicas: $n = (z^2 \cdot \sigma^2) / \Delta^2$
 - $\Delta = \sigma / 2 = \Delta^2 = \sigma^2 / 4 \quad n = 4z^2 \sigma^2 / \sigma^2 = 4 (1.96)^2$
 - n = 16 réplicas de cada tratamiento**

El periodo de tiempo de cuantificación fue de 12 días, únicamente los días sábado. Se utilizaron dieciséis muestras de cada tipo de solución para el análisis fisicoquímico. Éste análisis lo realizó la misma persona cada día para disminuir margen de error.

7.3.1 Variantes de interés:

- ✓ pH
- ✓ Concentración de Carbonato de calcio

7.3.2 Análisis estadístico de resultados (método):

Diseño experimental totalmente al azar (medidas repetidas) con 5 tratamientos (tipos de solución).

- ✓ Prueba de T de Student una cola para probar la H_0 .

Hipótesis: >10% por 0.1 gramo (con cualquier tratamiento)

$$H_0: \mu < 10\% \quad H_a: \mu \geq 10\%$$

Bajo la hipótesis H_0 , $t = \frac{\bar{X} - \mu}{s} \sqrt{N-1}$ (35)

7.3.3 Metodología:

- Ensayo: Titulación con EDTA 0.05M.
- Recolección de muestra:
 1. Recolectar cáscaras de alrededor de 18 huevos de gallina, 99 gramos, de tamaño mediano (comercial o de patio).
 2. Colocar los cascarones en un recipiente y agregar una solución desinfectante previamente preparada con 0.5L de agua del chorro con 3 gotas de hipoclorito de sodio al 4.72% (comúnmente denominado en casa como "cloro"), dejando reposar 30 minutos.
 3. Desaguar con agua purificada a temperatura ambiente hasta no observar espuma ni sentir sensación jabonosa.
 4. Colocar en bandeja de horno y secar a 70° C.
 5. Pulverizarlas en un mortero.
 6. Tamizar por mesh No. 20 (colador de cocina) para uniformizar el tamaño de partícula.

- Análisis de las muestras:
 1. Pesar exactamente 0.1 g de cáscara de huevo en 5 beacker con capacidad para 100mL previamente lavados y secos.
 2. Agregar con ayuda de una pipeta volumétrica de 10mL a cada beaker las siguientes soluciones caseras: jugo de limón, jugo de naranja, vinagre (ácido acético 5%), leche entera, agua.
 3. Dejar reposar por 20 minutos, a excepción de la muestra con agua, la cual se hierve a 100°C por 5 minutos.
 4. Filtrar con tela Organdy, mesh No.44, trasvasando a erlenmeyer.
 5. Medir pH y ajustarlo a un valor entre 12 y 13 con NaOH 50% p/v.
 6. Colocar 1 magneto a cada erlenmeyer.
 7. Agregar 10 mg de azul de Hidroxinaftol.
 8. Agitar por 2 minutos en el agitador magnético.
 9. Determinar la cantidad disuelta de calcio valorando con Edetato disódico 0.05M sv. (31). Se observa un cambio en la coloración de la muestra (fucsia-morado a azul)
 10. Repetir las mediciones 16 veces para cada solución.

- Uso del potenciómetro para medir pH: (Modelo: Vario Einzelgerat)
 1. Encender el aparato.
 2. Presionar el botón para calibrar.
 3. Sacar el electrodo de la solución de reposo, y lavarlo con agua destilada, secarlo con una hoja de papel absorbente (mayordomo).
 4. Sumergir el electrodo en la solución estándar de pH 7, y presionar el botón para estándar 1, al obtener una medición estable éste solicita se coloque el electrodo en la solución con estándar 2. Sacar el electrodo, lavarlo y secarlo.
 5. Sumergir el electrodo en la solución estándar de pH 4, y presionar el botón para estándar 2, al obtener una medición estable, éste solicita se coloque el electrodo en la solución con estándar 3. Sacar el electrodo, lavarlo y secarlo.
 6. Sumergir el electrodo en la solución estándar de pH 10, y presionar el botón para estándar 3. Sacar el electrodo, lavarlo y secarlo.

7. Presionar el botón "enter" para obtener la curva de calibración, y anotarlo en el libro de registros, el número debe ser lo más cercano a 1, mayor a 0.9000.
8. Sumergir el electrodo en la muestra, se obtendrá el dato de pH.
9. La muestra se debe encontrar a temperatura ambiente, ya que las altas, o bajas temperaturas, afectaran los resultados.
10. Al terminar de utilizar el potenciómetro, lavar bien el electrodo con agua destilada, secarlo y colocarlo dentro de la solución de KCl 3 M.

7.3.4 **Interpretación:** Comparar los resultados obtenidos en las dieciséis mediciones y determinar si se logra extraer un 10% o más de calcio a las muestras.

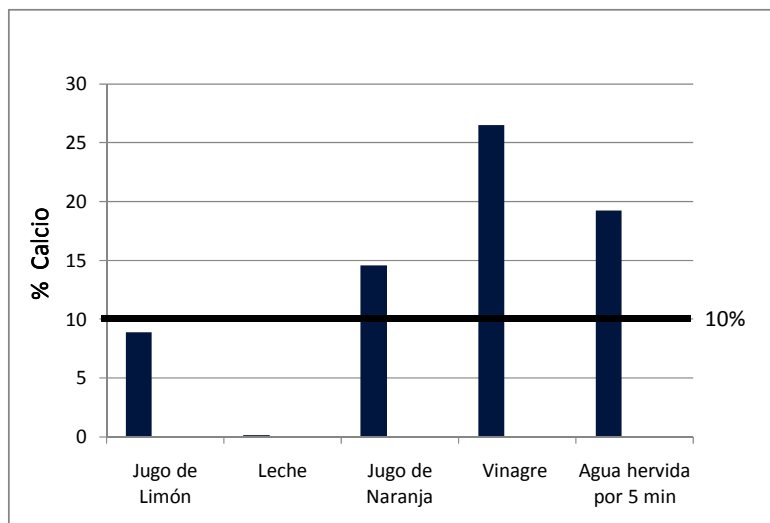
8. RESULTADOS

Tabla No. 8.1 *Porcentaje de Calcio extraído en las distintas soluciones caseras.*

Solución casera	Promedio %CaCO ₃ extraído	Promedio %Ca ⁺² extraído	Desviación estándar	t	P
Jugo de Limón	23.72 %	8.90%	2.445	-1.75	0.1027
Leche	0.32%	0.13%	0.179	-220.56	1
Jugo de naranja	36.37%	14.57%	1.165	15.69	<0.00001
Vinagre	66.12%	26.48%	1.206	54.66	<0.00001
Agua hervida 5'	47.95%	19.20%	0.154	238.96	<0.00001

Fuente: Datos experimentales

Gráfico No. 8.1 *Porcentaje de Calcio extraído en las distintas soluciones caseras.*



Fuente: Datos experimentales

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la tabla No. 8.1 se observan los resultados de extracción de calcio, que se obtienen después de 20 minutos de reposo de la cáscara de huevo pulverizada de gallina (*Gallus gallus*) en las distintas soluciones caseras, que luego de separarse la cáscara del líquido, se ajusta el pH del líquido a un valor básico entre 12 y 13 antes de agregar el indicador azul de hidroxinaftol para cuantificar titulando con EDTA. Observar viraje de color en anexo 13.1 Se realiza el análisis t de student, el cual indica si el porcentaje extraído es significativamente mayor al 10%, el valor de probabilidad "p" sobre el cual se interpreta la significancia muestra si $p > 0.05 = H_0$ (%Ca < 10%), $p \leq 0.05 = H_a$ (%Ca \geq 10%).

En la solución de jugo de limón en promedio puede extraerse un 23.72% de Carbonato de Calcio (CaCO_3), 8.90% de Calcio (Ca^{+2}). Con el valor "p" obtenido en la tabla 8.1, se infiere que no se extrae un porcentaje de calcio significativamente mayor al 10%, fue menor. En la tabla No.13.3.1 del anexo 13.3 se observa que se analizan 15 repeticiones en lugar de 16, debido a que se omite 1 resultado por desviación en el método de extracción: se excluye porque se obtuvo un resultado de porcentaje de calcio extraído mucho más alto al resto de mediciones, ya que accidentalmente se expuso a un mayor tiempo de reposo, con lo que se infiere que es posible extraer mayor cantidad de calcio al incrementar el tiempo de reposo o contacto entre las soluciones caseras y la cáscara de huevo pulverizada, por lo que se recomienda realizar un segundo estudio para evaluar el tiempo al cual se extrae mayor porcentaje de calcio.

En la leche en promedio puede extraerse un 0.32% de Carbonato de Calcio (CaCO_3), 0.13% de Calcio (Ca^{+2}). Para obtener los miligramos extraídos de calcio de la cáscara de huevo se restó el calcio que contiene la leche, identificada como solución blanco en la tabla No.7 en Anexo 3. No es significativa la cantidad de calcio que se extrae.

En la solución de jugo de naranja en promedio puede extraerse un 36.37% de Carbonato de Calcio (CaCO_3), 14.57% de Calcio (Ca^{+2}). Sí hay diferencia

significativa según el valor de "p" obtenido, se extrajo un porcentaje de calcio mayor al 10%.

En la solución de vinagre en promedio puede extraerse un 66.12% de Carbonato de Calcio (CaCO_3), 26.48% de Calcio (Ca^{+2}). Sí hay diferencia significativa según el valor de "p" obtenido, se extrajo un porcentaje de calcio mayor al 10%.

En el agua hervida por 5 minutos en promedio puede extraerse un 47.95% de Carbonato de Calcio (CaCO_3), 19.20% de Calcio (Ca^{+2}). Para verificar la eficacia en la extracción de calcio al hervir la cáscara por 5 minutos por sobre la cáscara reposada en agua caliente por 20 minutos, sin hervir, se realizó una medición al inicio del estudio, en la que se obtuvieron resultados notablemente menores, 0.5109mg, es decir 0.499%, por lo que se decidió hervir el agua por 5 minutos, que es el tiempo necesario para preparar un "huevo duro", de manera que el agua residual de la cocción podría aprovecharse. Sí hay diferencia significativa según el valor de "p" obtenido, se extrajo un porcentaje de calcio mayor al 10%.

Se decidió utilizar un tiempo de reposo de 20 minutos de la cáscara de huevo pulverizada de gallina (*Gallus gallus*) en las diferentes soluciones caseras (a excepción del agua hirviendo por razones antes mencionadas) porque se estimó es el tiempo que demora en promedio la preparación de un desayuno, para luego preparar las soluciones caseras y servir las en la mesa.

Es posible aprovechar la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus*) como fuente de calcio, recurso favorable especialmente para las personas de bajos recursos económicos, ya que en la cáscara de 1 huevo que pesa 5.5 g en promedio al reposar por 20 minutos en vinagre se obtendrían 1,457.5 mg de calcio y se requieren al día mínimo 0.21 mg para lactantes, 0.5 mg para niños, 1 mg para adultos, mujeres embarazadas y en amamantamiento, por lo que se cubrirían las necesidades diarias.

Para un segundo estudio se recomienda:

- Evaluar un mayor tiempo de contacto o reposo entre las soluciones caseras jugo de naranja, jugo de imón, vinagre y agua hirviendo con la cáscara de huevo pulverizada.
- Evaluar si la extracción mejora disminuyendo y homogenizando la cáscara de huevo de gallina *Gallus gallus* a un tamaño de partícula menor de 1µm.
- Evaluar incrementar la velocidad de agitación con un agitador que proporcione más de 1000rpm.
- Evaluar elevar la temperatura de las soluciones que no se calentaron.

En éste estudio se observa que las soluciones inicialmente tenían diferentes valores de pH antes de agregar la cáscara de huevo pero los valores más ácidos no mejoraron la solubilidad; la solución de limón inicialmente tenía un pH de 2.2 (se extrajo un 8.90%), la leche 6.58 (se extrajo un 0.13%), el jugo de naranja 3.52 (se extrajo un 14.57%), el vinagre 2.39(se extrajo un 26.48%), y el agua 7.01 (al hervirla con cáscara de huevo se extrajo un 19.20%).

Con el agente complejante, EDTA, la solubilidad aumentó debido a la formación de complejos de calcio (32), ya que cuando se añade a una muestra conteniendo Calcio (o Magnesio) ácido etilendiaminotetracético (EDTA) o su sal, los iones se combinan con el EDTA. Se determinó el calcio en forma directa añadiendo Hidróxido de Sodio (NaOH) 50%p/v para elevar el pH de la muestra entre 12 y 13, para que el magnesio precipitara en forma de Mg(OH) y no interfiriera, se utilizó un indicador azul de hidroxinaftol para que se combinara solamente con el calcio, y formara un complejo de color púrpura con el ion calcio, se procedió a titular con solución de EDTA hasta la aparición de un complejo color azul: Reacciones:

- $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{NaOH} \text{ -----} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{Ca}^{+2}$
- $\text{Ca}^{+2} + \text{Indicador (azul hidroxinaftol)} \text{ -----} \rightarrow [\text{azul hidroxinaftol- Ca}^{++}]$
(color púrpura)
- $[\text{azul hidroxinaftol - Ca}^{++}] + \text{EDTA} \text{ -----} \rightarrow [\text{EDTA - Ca}^{+2}] + \text{azul hidroxinaftol}$
(color azul)

10. CONCLUSIONES

- En la solución de jugo de limón conteniendo cáscara pulverizada de huevo de gallina (*Gallus gallus*) se extrae un 8.90% de Calcio.
- A la leche conteniendo cáscara pulverizada de huevo de gallina (*Gallus gallus*) al dejarla reposar por 20 minutos se le extrae un 0.32% de Calcio.
- En la solución de jugo de naranja conteniendo cáscara pulverizada de huevo de gallina (*Gallus gallus*) al dejarla reposar por 20 minutos se extrae un 14.57% de Calcio.
- Al agua hervida por 5 minutos conteniendo cáscara pulverizada de huevo de gallina (*Gallus gallus*) se le extrae un 19.20% de Calcio.
- Se extrae el mayor porcentaje de calcio, 26.48%, en la solución conteniendo vinagre y cáscara pulverizada de huevo de gallina (*Gallus gallus*) al dejarla reposar por 20 minutos.
- Para personas de bajos recursos económicos una metodología fácil de obtener calcio es:
 1. Desinfectar la cáscara de un huevo de gallina, dejarla reposar por 30 minutos en una solución de 500mL de agua no purificada con 3 gotas de cloro (hipoclorito de sodio),
 2. Desaguar con agua purificada hasta no sentir sensación jabonosa,
 3. Secar,
 4. Pulverizar,
 5. Agregar a un vaso conteniendo medio litro de vinagre, dejar reposar por 20 minutos, filtrar haciendo pasar la solución por una malla o mesh (colador) y estará lista para utilizarla en la preparación de alimentos (en ensalada por ejemplo).

11. RECOMENDACIONES

- Realizar mediciones a diferentes tiempos de reposo en las soluciones caseras de jugo de limón, jugo de naranja, vinagre y agua hervida conteniendo cáscara pulverizada de huevo de gallina (*Gallus gallus*) para evaluar el tiempo al cual se extrae el mayor porcentaje de calcio.
- Evaluar si el calor aumenta el porcentaje de extracción de la cáscara pulverizada de huevo de gallina (*Gallus gallus*) en las soluciones caseras de jugo de limón, jugo de naranja, y vinagre.
- Evaluar si disminuyendo y homogenizando el tamaño de partícula (menor de 1 μm) mejora la solubilidad y el porcentaje de extracción de Calcio en la cáscara pulverizada de huevo de gallina (*Gallus gallus*) en la solución de vinagre.

12. REFERENCIAS

1. BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. (2003). **Classification, Systematics, and Phylogeny**. Segunda edición. Editorial Sinauer Associates Inc., Publishers. Pp: 23-39.
2. ALAIS, C. LINDEN, C. (1990) **Manual de Bioquímica de los alimentos**. Trad. Carmen Vidal Caron. España. Editorial Masson, S.A. 250 p.
3. INCAP, OPS (2007) **Tabla de composición de los alimentos de Centroamérica**. 2ª Edición. Guatemala.
4. WEERNLE, H. (1996) **Enfermedades de las aves**. 1ª Edición. España 160 p.
5. BERK, Z. (1990) **Introducción a la bioquímica de los alimentos**. Trad. Q.I. Fernando. México, D.F. Editorial Manual Moderno, S.A. 300 p.
6. GUYTON, A. (1987) **Tratado de fisiología médica**. Trad. Dr. Jorge Orizaba. 6ª edición. México, D.F. Editorial Interamericana, S.A. de C.V. 1263 p.
7. CALVARESI, Bryan J, E, Hughes D. (2002) **Short-term folate, vitamin B-12 or vitamin B-6, Calcium supplementation in women of various ages**. J Nutr pp: 132, 1345–1356.
8. TÓRTORA, G.A. (1999) **Principios de Anatomía y Fisiología**. Trad. Janer. México. Editorial Harla.
9. Instituto Nacional de Estadística (INE). *Proyecciones de población en base al Censo 2002*.
10. QUINTÍN OLASCOAGA, José Dr. (1993) **DIETÉTICA Tomo II, Bromatología de los Alimentos Industrializados**. México DF.

11. MURILLO, Héctor. (1998) **Tratado Elemental De Química Orgánica**. México DF. Editorial ECLALSA.
12. LENZ DEL RÍO, Armando. (1993) **Química Orgánica Elemental**. México, DF. Editorial Patria.
13. Patente No. PCT/US04/016913 Certificada por DUDAS, Jonh w. (2004) Estados Unidos.
14. ZHANG, B. y COON, C.N. (1997) **Nutrition Institute on Minerals. Practical Applications**. Chapter 7. Natural Feed Ingredient Association, Chicago, IL.
15. Patente No. PCT/CA00/01215 Certificada por THOROSKY, John, de Canadian Inovatech Inc. (2000) Estados Unidos.
16. Patente No. PCT/US02/27555 Certificada por YOUSEF, Ahmed, RODRÍGUEZ, Luis. (2002) Estados Unidos.
17. MORETTI, Ernesto et Al (1997) Revista argentina Cir. Plast "**Polvo de cáscara de huevo: estudio experimental mandibular y craneal de un nuevo subtituto óseo**", pp: 259-64, disponible en <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScriptiah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=251203&indexSearch=ID>
18. MONRROY H. Oscar, VINIEGRA G. Gustavo. (1990) **Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos**. México DF. Editorial AGT.
19. . SAMAYOA, Erick. (2005) **Análisis cuantitativo comparativo del huevo como fuente de proteínas esenciales en la alimentación del ser humano**. Informe de tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

20. BENITEZ et Al. (2000) **Disolución de la cáscara de huevo de gallina en HCl** Universidad Nacional Del Nordeste, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura - UNNE. Argentina. Disponible en http://74.125.113.132/search?q=cache:6KKtjfXuQ-YJ:www.unne.edu.ar/web/cyt/cyt/2000/8_exactas/e_pdf/e_053.pdf+comparacion+cascara+huevo&hl=es&ct=clnk&cd=6&gl=gt
21. GENARO, Alfonso. (2003) **Remington Farmacia**. Vol II "Nutrición en la práctica farmacéutica." 20ª Edición. Editorial médica panamericana, S.A. Buenos Aires, Argentina. 1368 pp
22. HUTCHISON, M. L., GITTINGS, A. et Al. (2003). **Washing table eggs: a review of the scientific and engineering issues**. World Poult. Sci. J. pp: 233-248.
23. MUSGROVE M.T., JONES D.R., NORTHCUTT J.K., COX N.A., HARRISON M.A. (2004). **Identification of Enterobacteriaceae from Washed and Unwashed Commercial Shell Eggs**. J. Food Prot. Pp: 2613-2616.
24. HUTCHISON ML, GITTINGS J, WALKER A, SPARKS N, HUMPHREY TJ, BURTON C, y MOORE A. (2004) **An Assessment of the Microbiological Risks Involved with Egg Washing under Commercial Conditions**. J Food Prot. Pp: 4-11.
25. SCHAAFSMA A, VAN DOORMAAL JJ, MUSKIET FAJ, et al. (2002) **Positive effects of a chicken eggshell powder-enriched vitamin-mineral supplement on femoral neck bone mineral density in healthy late post-menopausal Dutch women**. Brit J. Pp: 267-275.
26. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá INCAP (2005) **Informe anual. Situación Alimentaria y nutricional en la promoción de la salud y desarrollo sostenible de Guatemala**. Guatemala. Pp:146.
27. GASS M, DAWSON-HUGHES B. (2006) **Preventing osteoporosis-related fractures: an overview**. Am J Med. Pp:119.

28. National Osteoporosis Foundation. (2008) **Clinician's Guide to Prevention and Treatment of Osteoporosis.** Disponible en: http://www.nof.org/professionals/Clinicians_Guide.htm
29. MELTON LJ, CHAO EYS, LANE J. (1998) **Osteoporosis, Etiología, Diagnóstico y Tratamiento.** Riggs BL, Melton LJ. USA. Pp:198.
30. VADER JP ET AL. (1990) **Fractures incidence In Osteoporosis** Christiasen C and Overgaard K, USA. Pp:98-100.
31. USP 30/ NF 25 (2007) **U.S. Pharmacopeia.** The standard of quality. Vol I. Pp: 379-380, 3424.
32. J. MENDHAM, R.C. DENNEY, (2005) **Vogel's Quantitative Chemical Analysis** J.D. BARNES and M. THOMAS Editorial., 6th edition.
33. HEFTER, G.T., TOMKINS, R.P.T. (editores), (2003) **The Experimental Determination of Solubilities,** John Wiley and Sons, Ltd.,.
34. PAULING, LINUS, (1970) **General Chemistry,** Dover Publishing. Pp: 450.
35. MURRAY R. SPIEGEL (1979) **Estadística,** McGraw-Hill Editorial, México. Pp:192-193.
36. ARKIN, HERBET, COLTON, RAYMOND (1987) **Métodos estadísticos.** 5ª Edición. Continental, S.A Editorial. México. Pp: 165-170.
37. Valores críticos de la distribución F. Disponible en <http://facultyweb.berry.edu/vbissonnette/tables/f.pdf>

13. ANEXOS

13.1 FOTOS.

Viraje de color en la titulación de las soluciones caseras conteniendo cáscara de huevo pulverizada de gallina (*Gallus gallus*)

13.1.1 *Jugo de limón*



Viraje: morado a azul

13.1.2 *Leche*



Viraje: lila a celeste

13.1.3 *Jugo de naranja*



Viraje: morado a azul

13.1.4 *Vinagre*



Viraje de color: morado a azul

13.1.5 *Agua hervida por 5 minutos*



Viraje: azul a morado

13.2 CÁLCULOS

- **Miligramos de Calcio extraídos según mililitros de EDTA utilizados en la valoración:**

Datos conocidos:

Se utilizó EDTA 0.09795 M (molar),

1 mL EDTA 0.05M = 5.004mg CaCO₃ (31),

Peso molecular Carbonato de Calcio, CaCO₃ =100.08 g/mol (31).

Cálculo equivalencia 1 mL de EDTA a mg CaCO₃:

1 mL EDTA * 1M * 100.08 mg CaCO₃ = 100.08 mg CaCO₃

1 mL EDTA * 0.05M * 100.08 mg CaCO₃ = 5.004 mg CaCO₃

1 mL EDTA * 0.09795M * 100.08 mg CaCO₃ = 9.8028 mg CaCO₃

Cálculo mg CaCO₃ extraídos, según mL de EDTA 0.09795M gastados:

X mL EDTA 0.09795 M * $\frac{9.8028 \text{ mg CaCO}_3}{1 \text{ mL EDTA } 0.09795 \text{ M}}$ = mg CaCO₃ extraídos

Cálculo mg Ca⁺² extraídos:

X mg CaCO₃ extraídos * $\frac{40.08 \text{ mg Ca}^{+2}}{100.08 \text{ g CaCO}_3}$ = mg Ca⁺² extraídos

- **Porcentaje de Calcio extraído en la cáscara de huevo:**

$\frac{\text{mg Calcio extraídos}}{\text{mg cáscara huevo pesada}} * 100 =$

13.3 RESULTADOS

Tabla No. 13.3.1 *Cuantificación de calcio en solución de jugo de limón:*

	REPETICIONES															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Cáscara de huevo pesada (g)	0.1001	0.1011	0.1003	0.1010	0.1003	0.1006	0.1006	0.1005	0.1006	0.1007	0.1005	0.1007	0.1003	0.1010	0.1001	0.1006
EDTA 0.09795M (mL)	2.5	2.0	2.6	2.5	8.7	2.4	2.4	2.4	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.5	2.5	2.4
Cantidad CaCO ₃ (mg)	24.507	19.606	25.487	24.507		23.527	23.527	23.527	22.547	23.527	24.507	24.507	25.487	24.507	24.507	23.527
Porcentaje CaCO ₃	24.48	19.39	25.41	24.26		23.40	23.38	23.41	22.41	23.37	24.38	24.35	25.41	24.26	24.48	23.39
Porcentaje Calcio Ca ⁺²	9.80	7.77	10.18	9.72		9.37	9.36	9.37	8.97	9.36	9.76	9.75	10.18	9.72	9.80	9.37
Promedio % Ca ⁺²	8.90%															
Desviación estándar	2.44															

Fuente: Datos experimentales

Tabla No. 13.3.2 *Cuantificación de calcio en leche:*

	REPETICIONES															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Cáscara de huevo pesada (g)	0.1001	0.1011	0.1003	0.1010	0.1003	0.1006	0.1007	0.1005	0.1007	0.1006	0.1005	0.1006	0.1001	0.1003	0.1010	0.1006
EDTA 0.09795M (mL)	3.5	3.5	3.6	3.5	3.7	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.4	3.5	3.6	3.6
Cantidad CaCO ₃ (mg)	34.310	34.310	35.290	34.310	36.271	34.898	35.045	35.290	35.290	34.310	34.637	34.555	33.330	34.310	35.290	34.861
CaCO ₃ extraído, menos blanco 34.6367	-0.327	-0.327	0.654	-0.327	1.634	0.261	0.408	0.654	0.654	-0.327	0.000	-0.082	-1.307	-0.327	0.654	0.224
Porcentaje CaCO ₃	0.00	0.00	0.65	0.00	1.63	0.26	0.41	0.65	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.22
Porcentaje Calcio Ca ⁺²	0	0	0.26	0	0.65	0.10	0.16	0.26	0.26	0	0	0	0	0	0.26	0.09
Promedio % Ca ⁺²	0.13%															
Desviación estándar	0.179															

Fuente: Datos experimentales

Tabla No. 13.3.3 *Cuantificación de calcio en solución blanco: leche sin cáscara de huevo:*

	Repeticiones		
	1	2	3
pH inicial /color	6.58	6.57	6.57
NaOH 50% p/v agregado /color	6 gts	7 gts	7 gts
pH final /color	12.39	12.4	12.49
Azul hidroxinaftol agregado /color	0.0033g	0.0037g	0.0035g
EDTA 0.09795M agregado /color	3.5 mL	3.5 mL	3.6 mL
Cantidad CaCO₃	34.3099	34.3099	35.2902

Promedio CaCO₃ = 34.6367

Fuente: Datos experimentales

Tabla No. 13.3.4 *Cuantificación de calcio en solución de jugo de naranja:*

	REPETICIONES															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Cáscara de huevo pesada (g)	0.1026	0.1020	0.1029	0.1025	0.1023	0.1025	0.1024	0.1030	0.1018	0.1010	0.1021	0.1022	0.1019	0.1022	0.1020	0.1024
EDTA 0.09795M (mL)	4.7	3.7	3.7	4.0	4.2	3.3	3.8	3.7	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.9
Cantidad CaCO ₃ (mg)	46.073	36.270	36.270	39.2113	41.17	32.349	37.251	36.270	35.290	35.29	36.270	36.270	36.270	36.270	36.270	38.231
Porcentaje CaCO ₃	44.91	35.56	35.25	38.25	40.25	31.58	36.37	35.21	34.67	34.94	35.52	35.49	35.59	35.50	35.56	37.33
Porcentaje Calcio Ca ⁺²	17.98	14.24	14.11	15.32	16.12	12.64	14.56	14.10	13.88	13.99	14.23	14.21	14.25	14.22	14.24	14.95
Promedio % Ca ⁺²																14.57%
Desviación estándar																1.165

Fuente: Datos experimentales

Tabla No. 13.3.5 *Cuantificación de calcio en vinagre:*

	REPETICIONES															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Cáscara de huevo pesada (g)	0.1018	0.1019	0.1004	0.1014	0.1019	0.1012	0.1011	0.1000	0.1020	0.1015	0.1014	0.1020	0.1001	0.1005	0.0998	0.1010
EDTA 0.09795M (mL)	7.0	6.0	7.2	6.7	6.5	6.6	7.1	6.7	6.9	6.8	6.8	6.9	7.0	7.1	6.9	6.9
Cantidad CaCO ₃ (mg)	68.6198	58.817	70.5804	65.679	63.7184	64.6987	69.6001	65.679	67.6395	66.659	66.6592	67.64	68.6198	69.6001	67.64	67.6395
Porcentaje CaCO ₃	67.41	57.72	70.30	64.79	62.56	63.96	68.84	65.68	66.31	65.67	65.74	66.31	68.55	69.25	67.78	66.97
Porcentaje Calcio Ca ⁺²	26.99	23.11	28.15	25.95	25.05	25.61	27.57	26.30	26.55	26.30	26.32	26.55	27.45	27.73	27.14	26.82
Promedio % Ca ⁺²	26.48%															
Desviación estándar	1.206															

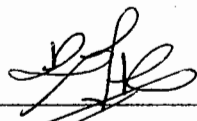
Fuente: Datos experimentales

Tabla No. 13.3.6 *Cuantificación de calcio en agua hervida por 5 minutos.*

	REPETICIONES															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Cáscara de huevo pesada (g)	0.1032	0.1036	0.1011	0.1026	0.1034	0.1024	0.1028	0.1031	0.1010	0.1015	0.1018	0.1021	0.1019	0.1016	0.1015	0.1020
EDTA 0.09795M (mL)	5.0	4.3	4.5	4.6	4.6	4.4	4.5	4.8	4.3	4.6	4.9	4.9	4.8	4.6	4.7	4.9
Cantidad CaCO ₃ (mg)	49.0142	49.0142	49.0142	49.0142	49.0142	49.0142	49.0142	49.014	49.0142	49.014	49.0142	49.014	49.0142	49.0142	49.014	49.0142
Porcentaje CaCO ₃	47.49	47.31	48.48	47.76	47.40	47.89	47.68	47.54	48.53	48.29	48.15	48.01	48.10	48.24	48.29	48.05
Porcentaje Calcio Ca ⁺²	19.02	18.95	19.41	19.12	18.98	19.18	19.09	19.04	19.43	19.34	19.28	19.22	19.26	19.32	19.34	19.24
Promedio % Ca ⁺²	19.20%															
Desviación estándar	0.154															

Fuente: Datos experimentales

Observar cálculos en Anexo 13.2



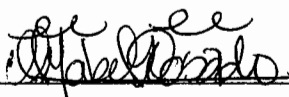
Br. Diana Lissette Gómez Recinos

AUTOR



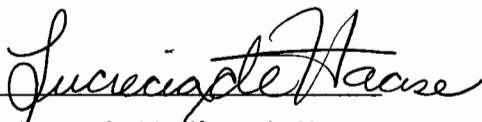
Lic. Julio Gerardo Chinchilla Vettorazzi

ASESOR



Lcda. Mabel Rosado Castillo

REVISOR



Lcda. Lucrecia Martínez de Haase

DIRECTORA



Dr. Oscar Manuel Cobar Pinto, Ph.D

DECANO