

Procesamiento y caracterización del gel de *Aloe vera* para la elaboración de hidrogeles

Emma Castro ^a ecastro@ipen.gob.pe, Anita Robles ^b arobles@ipen.gob.pe

^a Instituto Peruano de Energía Nuclear. Dirección General de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Laboratorio de Irradiación de Productos Médicos. Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

^b Instituto Peruano de Energía Nuclear. Planta de Producción de Radioisótopos. Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

Resumen

En el presente trabajo se describe el procesamiento y caracterización del gel de *aloe vera* para la elaboración de hidrogeles mediante radiación gamma, a partir de polímeros y productos naturales. El objetivo es caracterizar el gel de *aloe vera* de modo tal, que pueda ser utilizado en aplicaciones biomédicas. El procesamiento se llevó a cabo sumergiendo trozos de aloe en agua destilada para extraer compuestos fenólicos, determinándose mediante espectroscopia UV-VIS, un tiempo óptimo de remojo de 48 horas, al cual las características organolépticas del gel así como su pH eran adecuados. Se observó un aumento del pH luego de que el gel se almacenara a temperatura ambiente. El gel no procesado desarrolló una coloración rosada. Los resultados de las pruebas microbiológicas realizadas indican que la carga microbiana del gel es bastante elevada. El valor de rendimiento de gel no es muy elevado.

1 Introducción

En la actualidad, los productos derivados de la planta de *Aloe vera* L. son utilizados por las industrias cosmética, médico-farmacéutica y alimentaria, debido a las propiedades que le confieren sus diversos constituyentes, entre los que se incluyen, vitaminas, minerales, antioxidantes, amino ácidos, carbohidratos, polisacáridos, compuestos derivados de cromonas y antronas, entre otros. El uso medicinal de la planta de *Aloe vera*, data desde la antigüedad. Si bien sus propiedades se conocían empíricamente, su uso terapéutico era ampliamente reconocido. Desde hace miles de años, se ha usado el gel de la pulpa de las hojas del aloe para el tratamiento de heridas, infecciones en la piel y otras afecciones dermatológicas así como el exudado; conocido también con el nombre de acíbar; como laxante [1,2].

El *Aloe vera*, es una planta de hojas suculentas, alargadas, carnosas y ricas en agua, alcanza una altura de 30 a 50 cm. Las hojas, en la parte en que se unen al tallo, presentan una base ancha de aproximadamente 8-11 cm y poseen un borde espinoso y dentado. Es xerófila,

pudiendo desarrollar en áreas de poca disponibilidad de agua [3].

De sus hojas, principalmente, se obtiene: un líquido exudado, denominado también acíbar, de color amarillo y sabor amargo que tiene propiedades purgativas debido a los compuestos fenólicos (derivados de cromonas y antronas) que lo constituyen; y un gel en cuya composición destacan carbohidratos, polisacáridos, minerales, amino ácidos y antioxidantes [4,5].

Numerosos estudios clínicos han confirmado que el gel de *Aloe vera* posee actividad biológica, presentando propiedades que: mejoran la cicatrización de las heridas, incluso en diabéticos; incrementan la producción de anticuerpos y la actividad antiinflamatoria y disminuyen el daño producido en dermatitis inducidas por radiación, entre otras, [6,7,8].

En el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), se ha venido trabajando con apósitos biológicos para implantes de piel de cerdo, para tratar de quemaduras. A través de ese trabajo, se observó, que las entidades de salud, tenían la necesidad de contar con materiales de cobertura para el tratamiento de heridas o afecciones de la piel, ya que en

su gran mayoría, éstos eran importados y de costo elevado.

Las propiedades del gel de *Aloe vera*, descritas anteriormente, lo hacen un candidato excepcional para ser incluido en las coberturas que puedan elaborarse, de modo que se incremente el potencial de estos materiales para su uso en medicina. Estas coberturas pueden ser, hidrogeles, obtenidos mediante el procesamiento de polímeros por radiación gamma [9].

Este trabajo constituye un estudio preliminar y forma parte de uno global que comprende la elaboración de hidrogeles mediante radiación gamma a partir de polímeros y productos naturales, para ser usados en el campo médico.

Como antecedentes previos a este trabajo, en el Laboratorio de Irradiación de Productos Médicos (LIPM), se han llevado a cabo estudios para la irradiación comercial de productos cosméticos en base a *Aloe vera*. En el 2004 se realizó una investigación (Lopez del Villar) [10], mediante el cual se obtuvieron plantas de *Aloe vera*, clasificadas taxonómicamente [11] como *Aloe vera* L., cuyos descendientes, se han cultivado en las áreas verdes del Centro Nuclear de Huarangal y han sido utilizados para realizar esta investigación.

El objetivo de este estudio es caracterizar el gel de *Aloe vera* mediante pruebas microbiológicas, físico-químicas y organolépticas. Igualmente, evaluar el rendimiento del gel así como determinar los parámetros óptimos de procesamiento que permitan obtener un gel lo más libre posible de compuestos fenólicos, que provocan una coloración rosada en el gel, no admitida en geles comerciales [12].

2 Metodología

Las muestras de *Aloe vera* L. correspondían a plantas de una edad aproximada de 4 años que se cultivan en las áreas verdes del Centro Nuclear de Huarangal.

A continuación se detallan las actividades, metodología, equipos y materiales empleados durante la ejecución del estudio.

2.1. Recolección y procesamiento de las hojas de *aloe vera*

De 02 plantas de *Aloe vera*, se recolectaron 04 hojas maduras de cada una. Las hojas se cortaron manualmente, desde la base de las plantas (Fotografías 1 y 2) y se trasladaron al LIPM, donde se lavaron para eliminar la suciedad, colocándose luego en una bandeja por 1 hora para la eliminación de parte del exudado (Fotografías 3, 4 y 5). Luego, fueron medidas, pesadas y rotuladas, cortándoseles los bordes, base y puntas. Las hojas recolectadas se dividieron en dos grupos: hojas enteras y trozos.

2.2 Extracción de compuestos fenólicos

Esta parte del trabajo consta de dos fases: la primera fase la selección de la presentación de aloe; es decir, trozos u hojas enteras, de la que se obtiene un gel, con el menor contenido de compuestos fenólicos (fotografías 6 y 7) se sumergieron por separado, en agua destilada, por períodos de tiempo que iban desde 7 hasta 96 horas, con recambios de agua entre sí. Se separaron muestras de agua entre recambios para monitorear los espectros UV-VIS del agua de remojo. En los Resultados sólo se consignan los espectros obtenidos a los tiempos correspondientes a 16, 55 y 75 horas, ya que a esos tiempos se pudieron observar resultados que permitieron seleccionar la presentación de aloe en trozos para continuar con el presente trabajo.

En la segunda fase, se trata de encontrar el tiempo óptimo de remojo del aloe en la presentación seleccionada, bajo la cual se realizará la recolección rutinaria del gel. Se trabajó sólo con trozos de aloe vera, los que se sumergieron en agua destilada en la proporción de 5 litros de agua destilada por 1,10 kg trozos de aloe, aproximadamente. Se realizaron recambios de agua a 7, 24, 48, 72 y 96 horas.

2.3 Espectroscopia UV-VV

Las pruebas se realizaron en el equipo Espectrofotómetro UV-VIS, marca HITACHI modelo U 2000, rango de longitud de onda de 200-900 nm. El blanco utilizado fue agua destilada. Los espectros UV-VV fueron analizados en forma secuencial y el tiempo óptimo de remojo de los trozos se determinó como el correspondiente al espectro en el que desaparecían los picos característicos del aloe.

2.4 Pruebas Organolépticas

Por el método visual se observó la apariencia, color, olor y fluidez de los trozos de Aloe vera tratados con tiempos de remojo de 24, 48 y 96 horas. Estas características se compararon con las del gel sin procesar.

2.5 Análisis Microbiológicos

Con el propósito de comparar la carga microbiana del gel de *Aloe vera*, sin procesar y procesado durante 48 horas; a dos muestras de gel sin procesar y a dos muestras de gel procesadas, se les realizó las pruebas de Recuento Total de Aerobios Mesófilos y de Hongos.

Los ensayos se realizaron según la US Pharmacopea [13]. Los equipos utilizados para estas pruebas fueron: Autoclave Raypa AES-75 Dry, Estufa Incubadora VWR Scientific, Balanza toploading Mettler 682B, Agitador magnético Stuart Scientific, Baño maría Tecam, Shaker Orbital Labline, Agitador de tubos Fisher y Flujo Laminar Envair. Los medios de cultivo que se utilizaron fueron: Caldo Casoy, Agar Casoy, Agar Sabouraud Dextrosa 4% de Merck.

2.6 Medición del pH

Se midió el pH a 05 muestras de geles, obtenidos de trozos de aloe: sin procesar; procesado a 48 horas y almacenado durante 3 días a temperatura ambiente. Todas las muestras pertenecieron a un mismo lote de recolección y procesamiento. La temperatura de medición fue de 25° C. El equipo utilizado fue un potenciómetro Hanna Instruments, modelo pH 211 con electrodo de calomel, resolución de 0.01 y precisión de ±0.1%.

Rendimiento del gel de Aloe vera con respecto al peso y tamaño de la hoja

Esta prueba se realizó con el propósito de conocer la cantidad de gel que se obtiene de las hojas recolectadas de *Aloe vera*.

De 03 plantas diferentes de aloe, se recolectaron 03 hojas de cada una. Se lavaron y luego se midió su longitud y su ancho. Para medir la longitud, se retiraron las puntas y parte del extremo que unía a la hoja con la planta. A esa parte, que es la de mayor grosor y ancho la denominamos base. El valor consignado como ancho corresponde a la base. Luego se procedió a recolectar el

gel, el que luego se pesó. El valor de rendimiento del gel se calculó de acuerdo a la formula:

$$\text{Porcentaje de rendimiento del gel [\%]} = \frac{\text{Peso del gel obtenido de la hoja}}{\text{Peso de la hoja}} \times 100 \quad [12]$$

3 Resultados y Discusión

En las fotografías 1, 2, 3, 4 y 5 se muestra la secuencia de recolección de las hojas de *Aloe vera*.



Fotografías: 1 Área verde del Centro Nuclear de Huarangal sembrada con plantas de *Aloe vera L.*; **2:** Recolección de Hojas.



Fotografías: 3 Lavado de Hojas; **4** Reposo de hojas para extraer acíbar; **5** Frasco con acíbar.



Fotografías: 6 Hojas enteras en remojo; **7:** Trozos en remojo; **8** Tubos con agua de tiempos diferentes de remojo.

Los gráficos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 donde se observan los espectros UV-VIS obtenidos de muestras de agua de remojo de las hojas y trozos de aloe a los tiempos de 16, 55 y 75 horas, así como también el espectro del agua destilada que se utilizó como Blanco corresponden a la primera fase del trabajo.

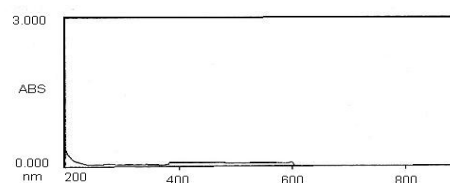


Gráfico 1. Espectro de Agua Destilada – Blanco.

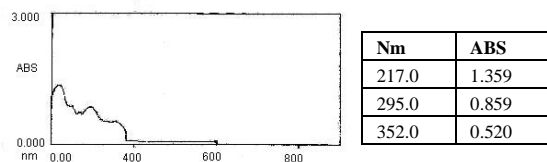


Gráfico 2. Espectro de Agua de remojo de hojas enteras de *Aloe vera* luego de 16 horas.

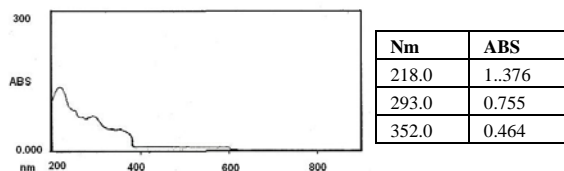


Gráfico 3. Espectro de Agua de remojo de hojas enteras de *Aloe vera* luego de 55 horas.

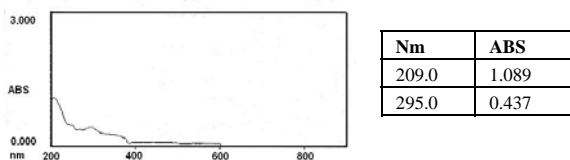


Gráfico 4. Espectro de Agua de remojo de hojas enteras de *Aloe vera* luego de 75 horas.

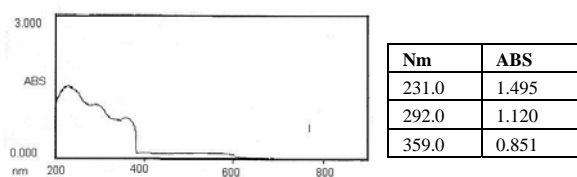


Gráfico 5. Espectro UV-VIS de Agua de remojo de *Aloe vera*, en trozos luego de 16 horas.

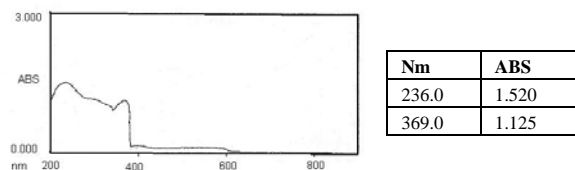


Gráfico 6. Espectro UV-VIS de Agua de remojo de *Aloe vera*, en trozos luego de 55 horas.

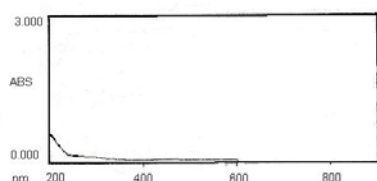


Gráfico 7. Espectro UV-VIS de Agua de remojo de *Aloe vera*, en trozos luego de 75 horas.

La secuencia de estos espectros muestra cómo se modifican o desaparecen los picos característicos del aloe. Se observó que en la presentación en trozos estos picos desaparecían a las 75 horas de remojo a diferencia de la presentación de hojas enteras. Se determinó entonces trabajar bajo la presentación en trozos, debido a que se extraen mejor los compuestos fenólicos.

Los gráficos 8, 9 y 10 corresponden a los resultados de la segunda fase de la investigación, donde se trabajó con trozos de aloe sumergidos durante los tiempos de 7, 24, 48 horas de remojo, con recambios de agua entre sí.

Se obtuvieron los siguientes espectros UV-VIS:

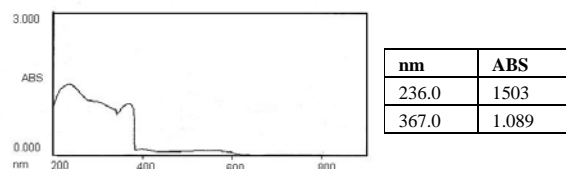


Gráfico 8. Espectro UV-VIS de agua de remojo de *Aloe vera*, en trozos luego de 7 horas.

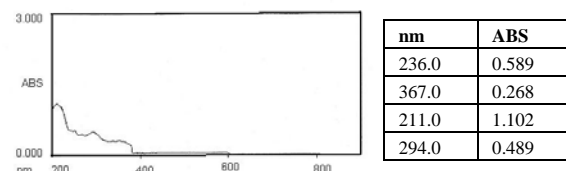


Gráfico 9. Espectro UV-VIS de agua de remojo de *Aloe vera*, en trozos luego de 24 horas.

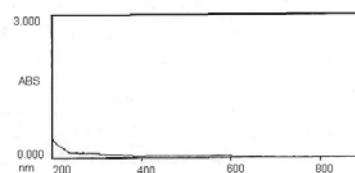


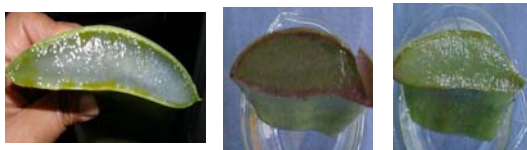
Gráfico 10. Espectro UV-VIS de agua de remojo de *Aloe vera*, en trozos luego de 48 horas.

La secuencia de estos espectros muestra que a las 48 horas de tiempo de remojo, los picos característicos del aloe, desaparecen.

Las longitudes de onda encontrados correspondientes a los picos característicos del Aloe vera, corresponden a los reportados por O'Brien Chantal [12].

En lo referente a las características físicas y organolépticas, las Fotografías 9, 10 y 11

muestran cortes transversales de trozos de aloe sin procesar, procesados a 24 y procesados a 48 horas de tiempos de remojo.



Fotografías: 9 Trozo sin procesar, **10** Trozo con 24 horas de remojo; **11** Trozo con 48 horas de remojo.

En el trozo sin procesar, se observa claramente un halo amarillo, alrededor del borde de la hoja, conformado por el acíbar. En el trozo en remojo durante 24 horas se observa un halo rosado. El trozo en remojo durante 48 horas no presenta halo de color, lo que indica que con los lavados se han extraído compuestos fenólicos.

Las fotografías 12, 13, 14 y 15, muestran trozos de hoja remojados durante 48 y 96 horas así como el gel obtenido de ellas.



Fotografías: 12 y 13 Trozo remojado durante 48 horas; y gel respectivo, recolectado; **14 y 15:** Trozo remojado durante 96 horas y gel respectivo, recolectado.

Se observó que el trozo remojado durante 48 horas mantuvo su firmeza, carnosidad y color, verde vivo. El gel recolectado fue de color transparente y su olor, característico a sábila. El sabor presentó, un muy ligero amargor característico.

El trozo remojado durante 96 horas, se tornó blando y presentó manchas marrones indicando deterioro. El color del gel que se obtuvo fue beige-amarillento. El olor fue, muy penetrante y el sabor, de acidez y amargor pronunciados.

En lo que respecta a fluidez, ambos trozos presentaron una fluidez comparable con la del gel sin procesar.



Fotografía 16. Frascos con gel almacenado durante 15 días en refrigeración; obtenido de hojas recolectadas y procesadas a partir de un mismo lote: A la izquierda, sin procesar, en el centro, 24 horas de remojo y a la derecha, 48 horas de remojo.

A los 15 días de almacenamiento en refrigeración (Fotografía 15), se desarrolla un color rosado muy pronunciado en el gel no procesado, una muy tenue coloración en el gel de hojas remojadas durante 24 horas. El gel obtenido de hojas remojadas durante 48 horas mantiene su color inicial. Eso indica que se han extraído mejor los compuestos fenólicos a 48 horas de remojo, confirmando los resultados de los espectros UV-VIS. En la Tabla 1 se muestran los resultados de las pruebas microbiológicas.

Tabla 1. Resultados Promedio de Pruebas Microbiológicas realizadas al Gel de *Aloe vera* L. sin procesar y procesado a 48 horas.

<i>Prueba [UFC/ml]</i>	<i>Gel sin procesar</i>	<i>Gel procesado a 48 horas</i>
Recuento Total de Microorganismos Aerobios Mesófilos	82 x 10 ⁴	10 x 10 ⁵
Recuento Total de Hongos	25 x 10 ⁴	10 x 10 ⁴

Ambos valores de cargas microbianas, tanto de las muestras sin procesar como procesadas son bastante elevados, por lo que se requerirá aplicar un método de descontaminación para que el gel pueda cumplir con las especificaciones de un producto comercial. Estas pruebas deben repetirse para confirmar la variación de carga. En la Tabla 2 se muestran los valores promedio de pH obtenidos.

Tabla 2. pH en gel de *Aloe vera*.

Muestra	pH a T± 25°C		
	Gel sin procesar	Gel procesado a 48 horas	Gel procesado a 48 horas, 3 días a T° ambiente
1	4.62	4.49	5.37
2	4.41	4.38	5.42
3	4.46	4.51	5.79
4	4.59	4.50	5.67
5	4.43	4.58	5.78
Promedio	4.50	4.49	5.61

Se observa que la diferencia de pH entre los geles sin procesar y procesados no es significativa. Sin embargo, se observa un aumento del pH cuando el gel es almacenado por 3 días a temperatura ambiente. De acuerdo a la bibliografía el aumento del pH es indicador de que la frescura del gel ha disminuido [12].

En las Fotografías 16, 17 y 18 se muestran el procedimiento para extraer el gel que permitirá calcular el rendimiento según el peso de la hoja.



Fotografías : 16 Medición de hojas; 17 Corte en trozos, 18 Extracción del Gel.

En la Tabla 3 se presentan los valores obtenidos de rendimiento del gel.

Tabla 3 . Rendimiento del Gel de *Aloe vera* respecto al peso de la hoja.

P l a n t a	Ancho de Hoja [cm]	Largo de Hoja [cm]	Peso de hoja [g]	Peso de gel [g]	Rendi- miento del Gel [%]
	9.5	37.5	409.2	59.9	14.63
1	9.5	37	398	62.4	15.67
	9.5	35	386	53.1	13.75
	9.8	35	400	58.8	14.7
2	8	27.5	264	41.2	15.60
	10	38	425.3	63.3	14.88
	7.5	24.5	298	37.9	12.71
3	6.5	25.5	239	34.9	14.60
	8.5	33.5	358	52.9	14.77

El rendimiento promedio del gel fue de: 14.67 %. Se observó que el tamaño, grosor y

firmeza de la parte de la hoja de la que se recolecta el gel, determinan el rendimiento de gel.

Para completar este estudio, se requiere continuar con las pruebas de caracterización del gel, que permitan determinar propiedades tales como: viscosidad, gravedad específica contenido de minerales, azúcares libres conductividad, insolubilidad entre otras, también se requiere disminuir la carga microbiana del gel aplicando un método de descontaminación que puede ser, la radiación gamma.

4 Conclusiones

- Para evitar que el gel se contamine con compuestos fenólicos durante su extracción, es más eficiente trabajar con trozos de hojas remojadas que con hojas enteras remojadas.

- El gel que se obtiene de trozos de *Aloe vera* remojados durante 48 horas no exhibe coloración rosada, luego de un almacenamiento en refrigeración de 15 días.

- Las características organolépticas del gel obtenido de hojas de remojo durante 48 horas son adecuadas.

- Se observa un claro deterioro de las características físicas y organolépticas de los trozos de *Aloe vera* remojados durante 96 horas, así como de su respectivo gel

- El pH del gel procesado a 48 horas es adecuado.

- La carga microbiana del gel de aloe vera procesado es muy alta con respecto a las especificaciones para su uso comercial (<10²) [14], por lo que se justifica emplear un método de descontaminación, que bien puede ser la radiación gamma. Igualmente, se requiere conocer el tipo de microorganismos presentes en el gel procesado.

- La recolección y el remojo de trozos de *Aloe vera* en agua pueden aumentar la contaminación microbiana en el gel.

- Las hojas más firmes, suculentas, de mayor ancho y de mayor peso presentan un mayor rendimiento de gel

- El rendimiento de gel no es muy elevado con respecto a lo reportado en la bibliografía [12].

Para completar este estudio, se recomienda continuar con las pruebas de caracterización del gel, que permitan determinar propiedades tales como: viscosidad, gravedad específica contenido de minerales, azúcares libres conductividad, insolubilidad. Igualmente, se deben realizar pruebas para identificar compuestos fenólicos en el gel, así como identificar a los polisacáridos presentes.

Así, se dispondrá de técnicas que permitirán el monitoreo de las propiedades del gel cuando se le aplique algún método de preservación, descontaminación, o esterilización o cuando esté incluido en algún producto como por ejemplo un hidrogel.

5 Agradecimientos

Se agradece a la Bach. Nancy Pérez, Ing. Mónica Vivanco y Gustavo Donayre.

6 Referencias

- [1] Medline Plus. [home page de Internet] Disponible en: www.nlm.nih.gov
- [2] Danhof Ivan, Internal uses of Aloe vera. North Texas Medical Associates. [home page de Internet] Disponible en: www.iasc.org
- [3] Vega Antonio. El Aloe vera (aloe barbadensis miller) como componente de alimentos funcionales. Rev Chil Nutr. 2005; 32(3).
- [4] WHO Monographs, 97/11795-Best-set/Interprint-6500, World Health Organization, 1999
- [5] Luta Gabriela *et al.* Aloe vera: Chemical composition and methods used to determine its presence in commercial products. Glycoscience and Nutrition. 2005; 6(4).
- [6] Diallo, D. *et al.* Polysaccharides from the roots of *Entada africana* Guill. Et Perr., Mimosaceae, with complement fixing activity. Journal of Ethnopharmacology. 2001; 74: 159-171.
- [7] Qiu, Z., *et al.* Modified Aloe barbadensis polysaccharide with immunoregulatory activity. Planta Medica. 1999; 66:152-156.
- [8] Choi S, Chung MH. A review on the relationship between *Aloe vera* components and their biological effects. Seminars in integrative medicine. 2003; 53-62.
- [9] International Atomic Energy Agency. Radiation synthesis and modification of polymers for biomedical applications. IAEA-TECDOC-1324, Vienna: Austria; 2002.
- [10] Lopez del Villar V. Determinación de la capacidad inhibitoria del gel de *Aloe vera*, Linnaeus, 1753, esterilizado por radiación gamma. [Tesis para optar el título de Biólogo] Lima: Universidad Ricardo Palma; 2004.
- [11] Certificado de Clasificación Taxonómica de planta de Aloe vera emitido por el Museo de Historia Natural, Universidad Mayor de San Marcos. Diciembre, 2001.
- [12] O'Brien Chantal Physical and chemical characteristics of *Aloe* gels. [Tesis para optar el grado de Magister] Johannesburg: University of Johannesburg; 2005. p. 121, 122, 142, 145.
- [13] US Pharmacopeia 30 <61>, 2007.
- [14] Certificate of Analysis and Material Safety Data Sheet - Aloe vera gel - batch: B030160/2 - May 2006 [home page de Internet] Disponible en: www.newdirections.com.au