

Aplicación de las radiaciones ionizantes gamma con fuente de Co-60, para evitar la contaminación del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) de la variedad "Superchola", debido a la infestación de semilla con la polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*)

Marcelo Gallegos y Luis Acosta

Departamento de Ciencias Nucleares (DCN) de la Escuela Politécnica Nacional (EPN)

marcelo.gallegos@epn.edu.ec

Resumen

El hecho de que el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en Ecuador se ha visto afectado a causa la plaga de la polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*), se consideró investigar la aplicación de las radiaciones ionizantes gamma con la fuente de Co-60 como método de control para la semilla de la variedad "Superchola", infestada con esta plaga en el estadio de huevo.

En este proyecto se utilizó la fuente de Co-60 del Laboratorio de Tecnología de Radiaciones (LTR) donde se dispuso de un espacio físico confinado para utilizarlo como cuarto de infestación y desarrollo de la plaga, para posteriormente proceder a la infestación de las muestras de papa.

Para obtener la cantidad adecuada de insectos de la plaga necesarios para iniciar la investigación, se realizó la captura de individuos adultos de los dos géneros de la polilla guatemalteca en el cuarto técnico de crecimiento dedicado a esta plaga ubicado en la Estación experimental "Santa Catalina" del INIAP y luego se los ambientó en el cuarto técnico de crecimiento del LTR para lograr su reproducción y recolectar los huevos que serían usados para la infestación de las muestras de papa.

Se realizaron exposiciones a dosis de 14, 28, 56, 70, 84, 100, 200, 300, 400 y 500 Gy, para observar los efectos, tanto sobre la plaga en su estadio de huevo como en el tubérculo. Se irradiaron, además, muestras infestadas con la plaga en los estadios de larva y de pupa y se evaluó.

Para el análisis de los resultados se consideró el porcentaje de mortalidad de los individuos expuestos a la radiación para determinar la dosis letal óptima para la plaga sin se afecte al tubérculo para su uso.

Como una alternativa se consideró que el tubérculo sea utilizado para su consumo, por lo que se realizó su análisis sensorial para determinar su aceptabilidad y considerarlo como una forma de aumentar el tiempo en percha y tener un producto libre de plaga.

Palabras claves: radiación gamma, papa, *Solanum tuberosum*, plaga, *Tecia solanivora*.

Abstract

The fact that the potato (*Solanum tuberosum*) in Ecuador has been affected due to the plague of Guatemalan potato moth (*Tecia solanivora*) was considered to investigate the application of gamma ionizing radiation source Co-60 as a control for the seed of the variety "Superchola" infested with this pest in the egg stage.

In this project we used the source of Co-60 Radiation Technology Laboratory (LTR) where space was available for use as physical confinement room and infestation of the pest, and later proceed to the infestation of samples potato.

To obtain adequate amounts of pest insects needed to start the investigation, the catching of adults of both genders of the Guatemalan moth in the growth room dedicated to this pest experimental station located in the "Santa Catalina" in INIAP and then the atmosphere in the room to achieve growth of LTR reproduction and collect the eggs that would be used for the infestation of potato samples.

Exposures were conducted at doses of 14, 28, 56, 70, 84, 100, 200, 300, 400 and 500 Grays, to observe the effects, both on the pest in its egg stage and in the tuber. Were we irradiated also infested with the plague samples in stage larva and pupa and evaluated. For the analysis of the results considered the mortality rate of individuals exposed to radiation and determines the optimal dose lethal to the pest and does not affect the tuber to use.

As an alternative was considered that the tuber is used for consumption, so that sensory analysis was conducted to determine its acceptability and consider it as a way to increase the time to have a hanger and pest-free product.

Keywords: gamma radiation, potato, *Solanum tuberosum*, pest, *Tecia solanivora*.

1 Introducción

La infestación de los cultivos de papa con la polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*) produce grandes pérdidas, lo que ha obligado a investigadores e instituciones especializadas a realizar esfuerzos para estudiar su comportamiento, el modo de propagación, para encontrar formas de control de la plaga.

Herrera, 1998, estima que las pérdidas en el almacenamiento de semilla pueden llegar al 100 %, con el agravante de que los estados inmaduros de la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) pueden trasladarse hasta el campo a través de la semilla infestada y afectar a la nueva cosecha en rangos entre del 40 al 60 %. El presente trabajo pretende, por medio de la aplicación de radiaciones ionizantes gamma con fuente de Co-60 a las semillas de papa, establecer una forma de control de la plaga y mejorar la calidad de la semilla.

Según Montesdeoca, 2005, "La semilla es el principal insumo para desarrollar buenos cultivos. En el caso de papa, el uso de semilla de buena calidad es importante, ya que, se emplea la propagación vegetativa (por medio de sus tubérculos)".

Tomando en cuenta experiencias de irradiación de alimentos en otros países como Chile y Argentina, el costo por la aplicación de este método hará que el valor del producto final aumente levemente por kilo producido, pero los beneficios esperados harían que sea competitivo con respecto a otros tratamientos y, en algunos casos, podría ser más económico que la alternativa tradicional, la cual implica el uso de productos químicos que son un riesgo para quien los usa y sobre todo si se lo hace en forma indiscriminada, por lo que ésta sería una opción para que el agricultor obtenga un costo beneficio favorable [2].

En Ecuador no existen muchos trabajos de investigación que incluyan el uso de las radiaciones ionizantes para tratar semillas de productos agrícolas, por lo que este proyecto sería un aporte importante en el mejoramiento de las condiciones de manejo en el campo de la agronomía, aprovechando la fuente de Co-60 del Laboratorio de Tecnología de radiaciones (LTR) del Departamento de Ciencias Nucleares (DCN), de la Escuela Politécnica Nacional (EPN).

Si bien es cierto que el costo de una planta multipropósito de irradiación Gamma puede llegar a varios millones de dólares [4], el costo del tratamiento por irradiación no sería mayor a USD 0,02 por kilogramo (ININ, 2010), considerando que las dosis utilizadas son muy bajas y el volumen a irradiar es grande.

Esta investigación pretende utilizar las radiaciones para el control de la plaga de la polilla guatemalteca por medio de la utilización de radiaciones ionizantes como una alternativa ante la utilización de productos químicos que son nocivos para la salud y convierten a la semilla en producto no consumible por el ser humano.

2 Materiales y métodos

2.1 Materiales

Se utilizó la fuente de Co-60 del Laboratorio de Tecnología de Radiaciones de la EPN, con una actividad de 3000 Ci.

Para la determinación de la dosimetría de la fuente se utilizó el método Fricke, el mismo que fue realizado de acuerdo con la norma ASTM E1026-95, para lo cual se contó con un destilador para obtener agua tridestilada, tubos de ensayo para la solución Fricke y pedestales porta tubos, para colocarlos dentro de la cámara de irradiación y un espectrofotómetro PERKIN ELMER LAMBDA 3B.

Las muestras de papa (*Solanum Tuberosum*), variedad "Superchola" se seleccionó de acuerdo con las indicaciones de los especialistas de la Estación Experimental Santa Catalina y se escogió la zona de la Sierra central del país.

Para la captura de las polillas en el cuarto de crecimiento del INIAP, se utilizaron tubos de ensayo que fueron trasladados al cuarto de crecimiento del LTR. Las moscas se colocaron en las unidades de reproducción construidas con tubos PVC y cubiertas por una tela que permitía la respiración de los insectos.

Para el proceso de infestación y posterior crecimiento de la plaga, las muestras de papa fueron colocadas en reposteros cuadrados #5 (16 × 16 × 9 cm).

Para la ambientación del cuarto de crecimiento, de acuerdo con las necesidades recomendadas para la proliferación de la plaga se utilizó un calefactor de aceite con control digital de 1500 W y 110 V - 60 Hz, para la temperatura, y para la humedad se dispuso de un baño maría calentado por un reverbero conectado a un controlador de voltaje variac POWERSTAT de 0 a 140 V y controlando por medio de un termo-higrómetro digital ELECTRONIC.

2.2 Métodos

2.2.1 Dosimetría de la fuente de Co-60

Para la determinación de las dosis a que iban a ser expuestas las muestras de papa se realizó la dosimetría de la fuente de Co-60. Se utilizó el método Fricke (ASTM E1026-95), para la determinación posiciones de irradiación (distancia y altura respecto al castillo porta fuentes) donde serían ubicadas las muestras para recibir las dosis de ensayo.

2.2.2 Construcción y adecuación del cuarto de crecimiento en el LTR

Para la proliferación y crecimiento de la polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*) se adecuó un habitáculo (cuarto de reproducción del LTR), el cual fue

tabicado con tabla triplex y sellado de hendidias con Sika Boom (espuma de poder expansivo), de manera que permita crear el ambiente óptimo para el desarrollo de la plaga a las condiciones recomendadas de 26 °C y 60 % de humedad relativa [2].

2.2.3 Captura y crecimiento de la plaga

La recolección de la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) se realizó con la colaboración del Departamento de Control Fitosanitario de la Estación Experimental "Santa Catalina" del INIAP (Ing. Patricio Gallegos). Para la captura se utilizaron tubos de ensayo, que luego se trasladaron al cuarto de reproducción del LTR e introducirlos en las unidades de reproducción. Estas unidades se construyeron con tubos PVC de 10 cm de diámetro y 15 cm de altura, en cuyo interior se colocó la dieta para los adultos de la *Tecia solanivora*, que consta de una solución dulce de agua destilada y miel de abeja en proporción de 2:1, respectivamente y dispensada por medio de una torunda de algodón empapada en ella. Cada unidad de reproducción fue cubierta con la tela villón tipo toldo y sujeta con bandas elásticas, de manera que se permitiera la respiración de los insectos. Además, para la recolección de los huevos se colocó un papel filtro circular 640 m MACHEREY-NAGEL de 11 cm, de manera que se cubriera la base.

2.2.4 Infestación dirigida y preparación de la muestra

Luego de que los insectos ovipositaron sobre el papel filtro, se realizó el conteo de los huevos con ayuda de un microscopio Marca MOTIC BA310 y se separaron en grupos de 100 huevos aproximadamente. Cada grupo de huevos fue depositado en un porta muestras (reposteros) con 700 g de papa para su infestación a las condiciones ambientales ya descritas. Este procedimiento se denominó "infestación dirigida".

Se dispusieron 60 porta muestras para la irradiación en la fuente de Co-60. De este proceso se realizaron tres repeticiones para cada estadio de la plaga, es decir; huevos de 5 días, larvas de 12 días y pupas de 15 días.

2.2.5 Irradiación

La determinación de la dosis de exposición óptima para afectar a los huevecillos, larvas, pupas y adultos de la plaga, de manera que no sean visibles y se impida su proliferación en los cultivos, se realizó con una serie de dosis de: 0, 14, 28, 56, 70, 84, 100, 200, 300, 400 y 500 Gy.

El criterio aplicado para selección de la dosis óptima fue el conteo total de individuos sobrevivientes en cada estadio (porcentaje de mortalidad).

2.2.6 Evaluación sensorial

La prueba sensorial se realizó, con un panel de 50 personas al azar que conocían el tubérculo y el sabor característico. Las muestras fueron preparadas en agua con sal

yodada, con un tiempo de cocción de 20 min y fueron entregadas a una temperatura de 30 °C en plato desechable. El método utilizado fue el de comparación, que consiste en entregar dos muestras codificadas a cada panelista para su comparación, una de ellas representaba la referencia (R) y una muestra más con el tratamiento de irradiación a 100 Gy. Se proporcionaron 5 variables de valoración para que los panelistas calificaran si existían diferencias entre las muestras.

3 Análisis

3.1 Análisis de la dosis óptima

Los porcentajes de mortalidad de los diferentes estadios (huevo, larva pupa) fueron tabulados y de acuerdo con estos resultados se tomo un valor de dosis como referencia.

Para los huevos de 10 días se obtuvo como dosis letal 75,7 Gy con un porcentaje de mortalidad de 45 %, con base en los datos de la Tabla 1 y Figura 1.

Dosis [Gy]	% de Moratlidad
14	20,0
28	24,0
56	29,8
70	33,0
84	65,2
100	93,4
200	99,0
300	99,8
400	100,0
500	100,0

Tabla 1. Dosis de radiación en Gy vs promedio de porcentaje de mortalidad en el estadio de huevo.

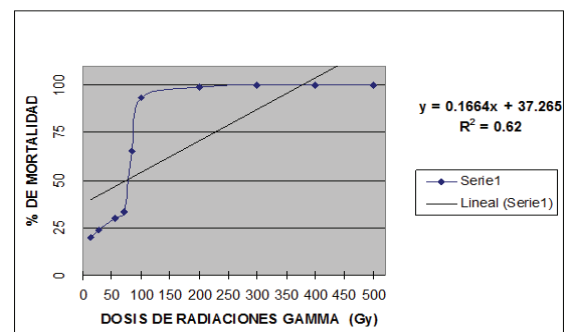


Figura 1. Test de radio sensibilidad para determinar la dosis letal óptima para huevos.

Para las larvas de 7 días se obtuvo como dosis letal 114,4 Gy con un porcentaje de mortalidad de 80 %, como se muestra en la Tabla 2 y Figura 2.

Dosis [Gy]	% de Moratilidad
100	86,2
200	70,4
300	91,4
400	94,4
500	93,6

Tabla 2. Dosis de radiación en Gy vs promedio de porcentaje de mortalidad en el estadio de larva.

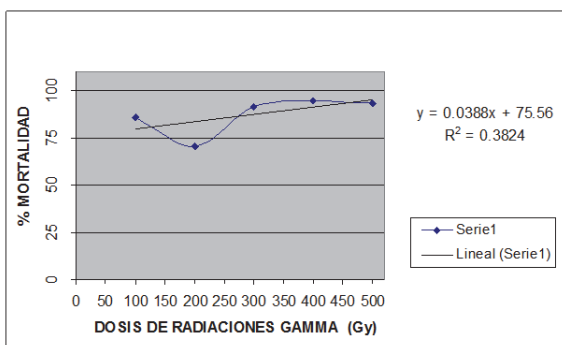


Figura 2. Test de radio sensibilidad para determinar la dosis letal óptima para larvas.

Para las pupas de 10 días se obtuvo como dosis letal 322,2 Gy con un porcentaje de mortalidad de 70 %, como se muestra en la Tabla 3 y Figura 3.

Dosis [Gy]	% de Moratilidad de pupas de 10 días
100	64,2
200	70,4
300	69,8
400	68,2
500	65,4

Tabla 3. Dosis de radiación en Gy vs promedio de porcentaje de mortalidad en el estadio de pupa.

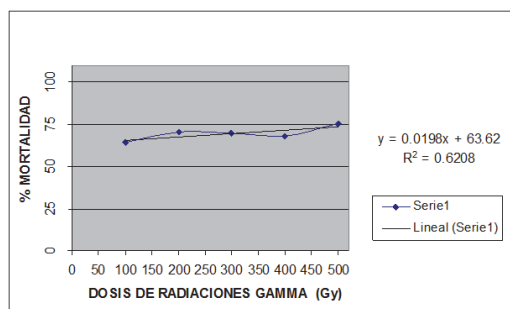


Figura 3. Test de radio sensibilidad para determinar la dosis letal óptima para pupas.

3.2 Análisis de prueba sensorial

Para el análisis sensorial se proporcionaron 5 variables de valoración para que el conjunto de panelistas califique si existían diferencias en las muestras, tanto en sabor como en textura. El procedimiento para el análisis fue igual para la muestra irradiada y la muestra sin irradiar.

Para realizar el cálculo de los resultados se dio un valor a cada una de las 5 variables así:

- Me gustó mucho 2
- Me gustó 3
- Ni me gusta ni me disgusta 4
- No me disgusta 5
- Me disgusta mucho 6

A cada uno de los resultados se le multiplicó por la cantidad de veces que se repitió la respuesta, los resultados se detallan a continuación en la Tabla 4 y Figura 4.

Valores					
	Parámetros	MI	resultado	MSI	resultado
2	Me gusta mucho	10	20	8	16
3	Me gusta	9	27	10	30
4	Ni me gusta ni me disgusta	19	76	10	40
5	Me disgusta	7	35	9	45
6	Me disgusta mucho	5	30	4	24

Tabla 4. Valoración y resultados del análisis sensorial del sabor.

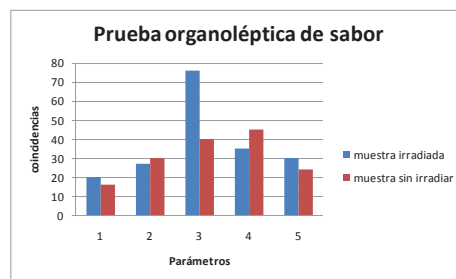


Figura 4. Comparación de resultados del análisis sensorial de sabor entre muestras.

Valores					
	Parámetros	MI	resultado	MSI	resultado
2	Me gusta mucho	4	8	16	32
3	Me gusta	10	30	12	36
4	Ni me gusta ni me disgusta	7	28	9	36
5	Me disgusta	22	110	9	45
6	Me disgusta mucho	7	42	4	24

Tabla 5. Valoración y resultados del análisis sensorial de textura.

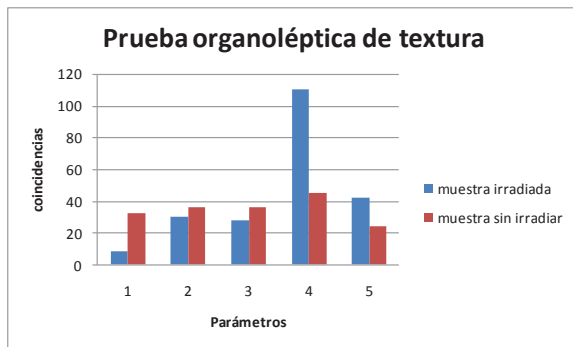


Figura 5. Comparación de resultados del análisis sensorial de textura entre muestras.

4 Conclusiones

1. Con la aplicación de las radiaciones se logró el objetivo de controlar la población de la plaga en porcentajes significativos.
2. Las dosis de radiación afectaron la viabilidad de los tubérculos como semilla. No hubo presencia de brotes o grelos a las dosis de exposición.
3. La respuesta a la radiación es diferente para los diferentes estadios de la plaga, cada uno tuvo diferentes porcentajes de resistencia. El estadio de huevo, que fue el objeto de estudio, fue el de menor resistencia a las radiaciones ionizantes.
4. Un análisis organoléptico se realizó con el fin de evitar la pérdida total del tubérculo, usando la papa irradiada a la dosis letal óptima y utilizar como método para alargar la vida útil del producto y usar para consumo.
5. La aplicación de la dosis letal óptima no afecta mayormente las características y el producto es apto para el consumo humano, pero hay que considerar procesar apenas se detecte la contaminación, para evitar el envejecimiento de la papa.

6. Las características físicas de los tubérculos irradiados no cambiaron ni se observó deformaciones, al contrario se conservó una mejor apariencia que los testigos no irradiados, los cuales ya presentaban el verdeo típico del inicio de la germinación.
7. La dosis letal media (DL_{50}) calculada fue de 76,71 Gy y se considera como la dosis letal óptima, ya que al matar a la mitad de la población de la plaga se controla significativamente la proliferación del insecto, y además, se está preservando al tubérculo para alargar su vida útil en percha.
8. Estas conclusiones permiten plantear la posibilidad de hacer el estudio de la plaga desde la óptica de la aplicación de la técnica del insecto estéril (TIE), con el fin de aplicarlo en los momentos iniciales de una contaminación con la Polilla Guatemalteca (*Tecia solanívora*).

Referencias

- [1] AESA, *Opinión del Comité científico de la AESA sobre una cuestión presentada por la Presidencia de la AESA, en relación con la aplicación de radiaciones ionizantes a los alimentos*, 2004, http://www.aesan.msc.es/AESAN/docs/docs/evaluacion_riesgos/comite_cientifico/C.C_ionizantes.pdf, (Febrero 2010).
- [2] Narvaiz, P., *Seminario de Irradiación y calidad sanitaria de alimentos*, 2004, <http://caebis.cnea.gov.ar/aplicaciones/alim/Irra1.html>, (septiembre 2009).
- [3] ASTM; *Standars on dosimetry for radiation processing*; pp234-240, 2002.
- [4] Manual de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), *La irradiación de los alimentos. Técnicas para conservar y preservar la inocuidad de los alimentos*, 1990.