

SENSIBILIDAD A RADIACIÓN GAMMA DE SEMILLAS DE TOMATE *SOLANUM LYCOPERSICUM* EN TIEMPOS DISCRETOS

María Andrade, Fernando Escudero

Grupo de Biofísica Computacional (GBC),
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH),
Riobamba – Ecuador

Resumen

La creciente demanda en el consumo de tomate, como producto élite de la canasta básica familiar, ha constituido una de las razones claves para que los agricultores busquen nuevas técnicas que agilicen los tiempos de producción y cosecha del mismo, obteniendo productos de excelente calidad, para cubrir así las necesidades de los consumidores y evitar bajos niveles de producción. Esta investigación tiene por objetivo evaluar la radiosensibilidad y los valores de dosis estimulantes de rayos gamma provenientes de una fuente de ^{60}Co en semillas de tomate. Para su ejecución se procede a seleccionar e irradiar muestras de 80 semillas de la variedad *solanum lycopersicum*, divididas en ocho grupos de 10 semillas cada uno, las mismas que luego son sembradas en condiciones controladas. Las dosis de radiación que se aplica van desde los 100 Gy hasta los 800 Gy sumando 100 Gy en cada grupo de irradiación. Todo el proceso va acompañado de un grupo de semillas testigo, las cuales no son irradiadas pero se ven expuestas a todas las condiciones físicas que sufren las semillas irradiadas. Al comparar las semillas irradiadas con las no irradiadas, se observan los cambios en el proceso de germinación y crecimiento, obteniendo patrones de radiosensibilidad según la dosis aplicada. Este estudio posibilita la determinación de los rangos de dosis en los cuales se ven efectos en el fenotipo del *solanum lycopersicum*, las dosis comprendidas entre 100 Gy hasta 300 Gy presentan un efecto radioestimulante

Palabras claves: germinación, radiosensibilidad, rayos gamma, *solanum lycopersicum*, dosis

Abstract

The increasing demand in the consumption of tomatoes, as an elite product of the basic family basket, has constituted one of the key reasons for farmer seek new techniques to speed production time and crop of the same one, obtaining products of excellent quality, to cover this way the needs of the consumers and to avoid low levels of productivity. The tomato is a horticultural fruit very important and popular in the diet of the inhabitants both in the national and international market due to its high nutritional value. This research aims to assess the radiosensitivity and values of stimulating dose of gamma rays from a source of ^{60}Co in tomato seeds. To run is to select and irradiate samples of 80 seeds of the variety *solanum lycopersicum*, divided in eight groups of 10 seeds each, which are then grown in controlled conditions. Radiation doses applied range from the 100 Gy to the 800 by adding 100 Gy in each group of irradiation. The entire process is accompanied by a group of seeds witness, which are not irradiated but are exposed to all the physical conditions suffering from irradiated seeds. Compare seeds irradiated with non-irradiated shows changes in the process of germination and growth, obtaining radiosensitivity patterns according to the applied dose rates. This study enables the determination of the dose ranges which are effects on the phenotype of the *solanum lycopersicum*, doses between 100 Gy – 300 Gy had a radiostimulant effect.

Keywords: germination, radiosensibility, beams gamma, *solanum lycopersicum*, dose

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, el tomate está catalogado como uno de los tres productos de mayor incidencia en la inflación del país según el informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1, 2). Estudios realizados de la radiosensibilidad de semillas de soya a rayos gamma de ^{60}Co en el Instituto Nacional de Ciencia Agrícolas demostró que la dosis aplicada en las semillas germinadas mayores de 280 Gy provoca una disminución en la altura de la planta y el número de hojas, evidenciando que se debe tener una adecuada dosis para generar una buena producción de la soya (3, 4, 5). Según otros estudios realizados por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba, determinó que las dosis de rayos X aplicadas a las semillas y plántulas de distintas variedades de tomate no causan efectos dañinos, demostrando que para generar un efecto radioestimulante para la altura de la plantas, se necesitan dosis comprendidas entre 5-75 Gy y para la longitud de la raíz dosis entre 5-25 Gy, lo que indica que su aplicación en la práctica productiva sería recomendable para el crecimiento y desarrollo (6, 7). Posteriores investigaciones realizadas en la Escuela Politécnica Nacional determinaron que, al aplicar rayos gamma con una fuente de ^{60}Co a una distancia de 40 cm del centro de la fuente y 0 cm de altura con dosis desde 14 hasta 500 Gy a la papa superchola con plagas se reducía considerablemente la plaga contenida en la papa, evidenciándose que la dosis que se debe aplicar para reducir la plaga en la papa es de 100 Gy (8). En la presente investigación se pretende describir los efectos de diferentes dosis de rayos gamma de ^{60}Co sobre la germinación de las semillas y posterior crecimiento de las plántulas de tomate de la variedad *solanum lycopersicum*, en un período de 2160 horas, por medio de la elaboración de una curva de radiosensi-

bilidad, pudiendo ser base de investigaciones del mismo tipo en nuestro país.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realiza en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) en cooperación de la Subsecretaría de Control y Aplicaciones Nucleares (SCAN) dependencia del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER).

Los materiales utilizados son:

- 80 semillas de tomate de la variedad *solanum lycopersicum*
- 8 polímeros de polietileno de baja densidad
- 1 Irradiador de ^{60}Co marca J.L Shepherd and Associates Inc. Modelo 109-68
- 8 frascos de cristal
- 1 Gel agar
- Regla milimétrica

El método que se aplica consta de cuatro fases.

Primera fase: selección de semillas de tomate de la variedad *solanum lycopersicum* en óptimas condiciones, sellarlas herméticamente en polietileno de baja densidad. Cada polímero debe contener 10 semillas.

Segunda fase: exponer las semillas de tomate de la variedad *solanum lycopersicum* herméticamente selladas a dosis de rayos gamma en el irradiador de ^{60}Co marca J.L Shepherd and Associates Inc. Modelo 109-68 con una potencia de dosis de 14,42 Gy/min. Los valores de dosis que se aplica son: 100 Gy, 200 Gy, 300 Gy, 400 Gy, 500 Gy, 600 Gy, 700 Gy, 800 Gy para cada grupo.

Tercera fase: se usa un protocolo de cultivo in vitro para la siembra de las semillas del tomate de la variedad *solanum lycopersicum* en condiciones de laboratorio controladas (temperatura, humedad y luz) después de haber sido irradiadas y el testigo sin irradiar (9, 10). Se cultiva las semillas en frascos de cristal con agar, un gel nutriente, con el que se obtiene un medio nutritivo (estado semisólido) el cual proporciona la germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas. Se evalúa el porcentaje de germinación de las semillas a los cinco días.

Cuarta fase: las plántulas son subcultivadas en campo abierto. Se debe disponer de una temperatura del suelo de 18 °C – 20 °C, conjugadas con temperatura nocturnas del aire de 12 °C – 15 °C con cielo cubierto, o con suelo despejado de 16 °C – 18 °C, y las temperaturas diurnas no deben

Tabla dosis (Gy)	Cantidad de semillas	Semillas germinadas	Porcentaje de germinación (%)
0	10	10	100
100	10	10	100
200	10	10	100
300	10	10	100
400	10	7	70
500	10	4	40
600	10	2	20
700	10	0	0
800	10	0	0

Cuadro 1. Porcentaje de germinación en semillas irradiadas

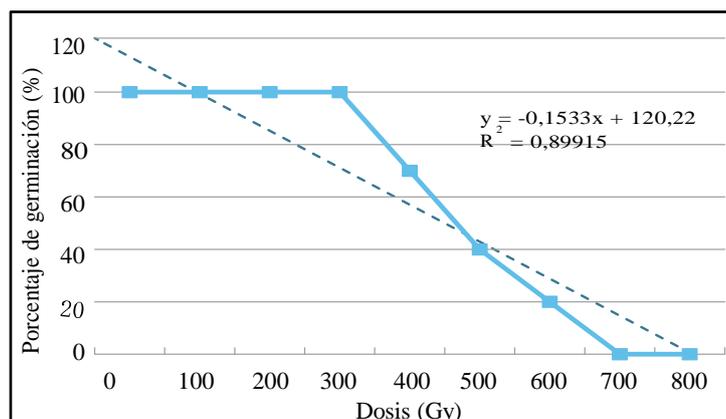


Figura 1. Curva de radiosensibilidad en la germinación

Tabla dosis (Gy)	Cantidad de plantas	Porcentaje de la altura de las plantas
0	10	100
100	10	101
200	10	101
300	10	99
400	7	83
500	4	67
600	2	52
700	0	0
800	0	0

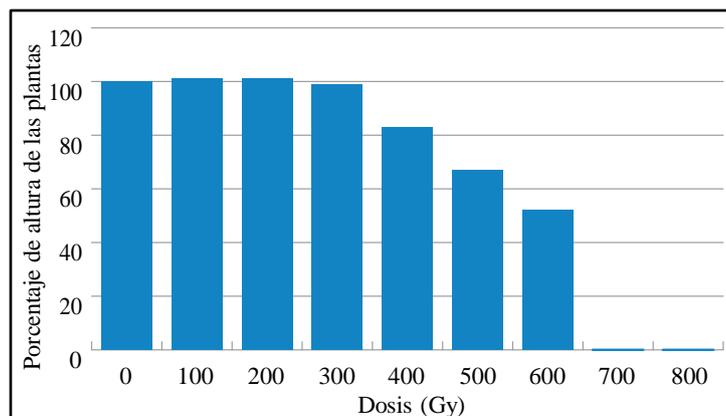
Cuadro 2. Porcentaje de la altura de plántulas de *Solanum lycopersicum*

Figura 2. Porcentaje de la altura de las plantas

superar los 16 °C o 22°C con cielo despejado. La alimentación hídrica depende de la evapotranspiración de la planta. Se realizan pequeñas parcelas con etiquetas para separar y distinguir cada grupo en función de la dosis aplicada. Se mide la altura de las plantas (cm) desde la base hasta la yema terminal y el número de hojas a los 30 días. Se evalúa el porcentaje de supervivencia durante un período de 90 días de las semillas irradiadas y el testigo sin irradiar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cuadro 1 muestra las dosis aplicadas a las semillas y la cantidad de las mismas que llegaron al proceso de germinación. Las semillas no irradiadas presentan un porcentaje del 100% de germinación, mientras que las semillas irradiadas muestran iguales características solo hasta los 300 Gy. Desde los 400 Gy hasta los 600 Gy se ve una reducción en la tasa de germinación. Para los 700 Gy y 800 Gy, ninguna de las semillas ha podido llegar al proceso de germinación. Figura 1: se establece entonces que a partir de los 400 Gy empieza una inhibición en la germinación y, a partir de los 700 Gy, todas las semillas se han vuelto estériles (no se detectaron semillas germinadas).

Las semillas no irradiadas presentan una altura de 14,7 cm después de 30 días de la siembra en campo abierto. El cuadro 2 indica el porcentaje de la altura de las plántulas de tomate de la variedad *solanum lycopersicum* irradiadas, evidenciándose un aumento en la altura (14,9 cm) para las dosis más bajas hasta los 300 Gy y una reducción considerable a partir de 400 Gy.

La figura 2 muestra el efecto de las radiaciones gamma en la altura de las plantas de tomate de la variedad *solanum lycopersicum* que tienen un efecto radioestimulador cuando se aplican dosis bajas y disminuye a medida que la dosis absorbida se incrementa en las mismas.

La manifestación del número de hojas primarias en las plantas a los 30 días de cultivadas tuvieron un comportamiento similar al porcentaje de la altura, generándose un efecto radioestimulante en las dosis de 100 Gy hasta 300 Gy y un efecto radioinhibidor en las dosis de 400 Gy en adelante debido a que, durante los 15 días, no se había producido aun un par de hojas.

En el cuadro 3 y la figura 3, se observa el porcentaje del número de hojas en las plantas de tomate de la variedad *solanum lycopersicum*.

El cuadro 4 y la figura 4 se muestra la supervivencia de las plantas después de 90 días (2160 horas) de evaluación. Tres plantas no sobrevivieron a esta etapa debido a los factores externos (condiciones climáticas), corroborando que las dosis de 100 Gy hasta 300 Gy al compararlos con el testigo tienen mejores condiciones.

CONCLUSIÓN

Las dosis letales que provocan la muerte celular inmediatamente son 700 Gy y 800 Gy, las mismas que no permiten la germinación de las semillas; las dosis de 400 Gy hasta 600 Gy reducen considerablemente la morfología de las plantas, generando un efecto inhibitor, ya que pueden inducir a mutaciones en los tomates *solanum lycopersicum*. Las dosis que van desde 100 Gy hasta 300 Gy son beneficiosas, ya que provocan un efecto radioestimulante en el número de hojas y la altura de las plantas, considerando una mejora en la calidad de la planta al compararlo con el testigo no irradiado. Se recomienda que se realicen estudios con dosis menores de 100 Gy para visualizar los efectos que suceden en plantas, para aplicarse en estudios que ayuden en la esterilización microbiana de las semillas o para buscar efectos beneficiosos en el crecimiento, resistencia, y desarrollo.

Tabla dosis (Gy)	Cantidad de plantas	Número de hojas
0	10	7
100	10	8
200	10	8
300	10	7
400	7	4
500	4	3
600	2	3
700	0	0
800	0	0

Cuadro 3. Número de hojas en plantas de tomate *Solanum lycopersicum*

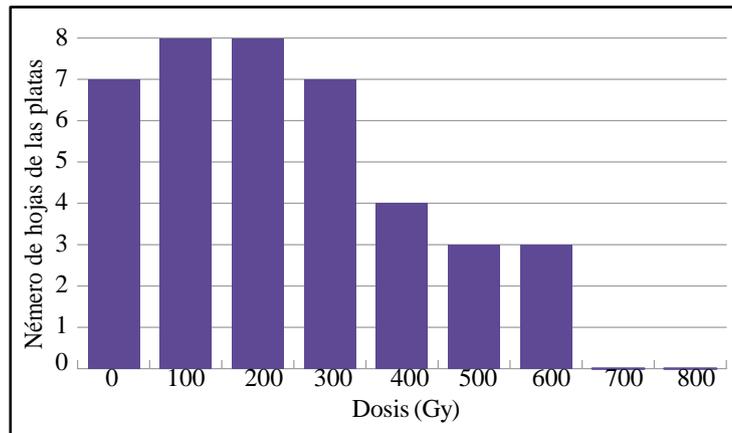


Figura 3. Número de hojas en plantas de tomate *Solanum lycopersicum*

Tabla dosis	Cantidad de plantas	Plántulas sobrevivientes	Porcentaje de supervivencia
0	10	10	100
100	10	10	100
200	10	10	100
300	10	9	90
400	7	6	60
500	4	4	40
600	2	1	10
700	-	-	-
800	-	-	-

Cuadro 4. Porcentaje de supervivencia de las plantas de tomate *Solanum lycopersicum*

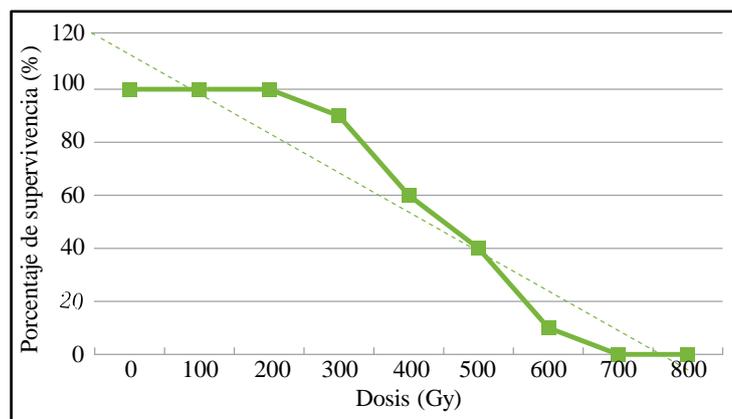


Figura 4. Curva de radiosensibilidad del porcentaje de supervivencia

Referencias

1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. El cultivo del tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana. Paraguay: Ñemety; 2013.
2. Explored. El tomate, uno de los frutos infaltables en la mesa de los ecuatorianos. EXPLORED. 2012 Apr 10: p. 25.
3. de la Fé C, Romero M, Ortiz R, Ponce M. 2000. Radiosensibilidad de semillas de soya a los rayos gamma de ^{60}Co . Cultivos Tropicales. 21(2): p. 43-47.
4. Jorge Adán JA, Pedraz ME, Torres E, Martínez A, Sáenz-Romero C, Morales L. 2011. Efecto de rayos gamma ^{60}Co en nardo (*polianthes tuberosa l.*). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. (3): p. 445 - 458.
5. Iglesias-Andreu G, Sánchez-Velásquez L, Tivo-Fernández Y, Luna-Rodríguez M, Flores-Estévez N, Noa-Carrazana J, *et al.* 2000. Efecto de radiaciones gamma en *abies religiosa* (Kunth) Schldt. et Cham. Revista Chapingo. 1(16): p. 5-12.
6. Ramírez R, González LM, Camejo Y, Nircia Z. 2006. Estudio de radiosensibilidad y selección del rango de dosis estimulates de rayos X en cuatro variedades de tomate (*lycopersicon esculentum mill*). Cultivos Tropicales (redalyc.org). 27(1): p. 63-67.
7. Ramírez Fernández R, González L, Fernández A, Camejo Y, González M. 2009. Efecto de las bajas dosis de rayos X en la estabilidad genética de plantas de tomate *solanum lycopersicum*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 2(3): p. 15 -23.
8. Tapia Jácome JE. Estudio de la acción de las radiaciones ionizantes gamma, en el control de la proliferación de la plaga de la polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*), en la semilla de la variedad "superchola". 2013.
9. Monográficos Ekonekazaritza. 2005. El tomate. Manual para su cultivo en agricultura ecológica. EKO. (2): p. 2- 4.
10. Ríos-Osorio O, Chávez-Servia J, Carrillo-Rodríguez J. 2014. Producción tradicional y diversidad de tomate (*solanum lycopersicum l.*) nativo: un estudio de caso en Tehuantepec-Juchitán, México. SCIELO. 11(1): p. 35 - 51.