

# MODELOS NO LINEALES DE EVOLUCIÓN DE TUMORES CANCEROSOS

Luis Quintanar Medina  
Manuel Sandoval Martínez  
División Académica de Ciencias Básicas  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,  
México  
Carretera Cunduacán-Jalpa Km. 1,  
Cunduacán, Tabasco, México  
medlna@dacb.ujat.mx

## RESUMEN

Se presenta un modelo de interacción de las células cancerosas con el sistema inmunológico en el cual se incluye un término de saturación de la población maligna, el cual no fue incluido por González *et al.* (1994). Primero se considera tal factor a través de un parámetro y después como elemento variable. Se considera el efecto de la radiación por radioterapia en este término. El análisis se hace a través de la teoría cualitativa de ecuaciones diferenciales no lineales (usando planos de fase) y de un símil mecánico. Se obtienen nuevos casos para la dinámica de evolución tumoral con y sin radioterapia. Se muestra que el nuevo término funciona como agente disipador, frenando el crecimiento tumoral. Se construye un mapa que expone la dependencia de los diversos cuadros de evolución maligna, en función de la fortaleza del sistema inmunológico.

Palabras clave: cáncer, modelos matemáticos, sistema inmunológico.

## ABSTRACT

A non linear mathematical model was studied for the malignant cells-immune system interaction which includes a term for saturation of the tumor population. Such a term was not included by Gonzalez *et al.* (1994). It is analyzed both as a parameter and as a function. Phase planes are shown including radiation effects on this new term. We found new dynamical pictures for the evolution of cancer cells and we show that the new term is a dissipation for the tumor. A map for the several ways of evolution of cancer cells depending on immune system was built.

Keywords: cancer, mathematical models, immune system.

## INTRODUCCIÓN

Los modelos matemáticos en el estudio del cáncer pueden ser empleados para entender la evolución de un tumor en sus diversas etapas: su nacimiento, evolución y propagación a otras zonas del organismo (metástasis) (Wheldon, 1988). También se pueden analizar los diversos efectos de la radiación sobre células (Chadwick K., 1991, Curtis S., 1988) o la adecuación de diferentes esquemas de radioterapia

(Withers, 1985). La ventaja de la modelación es que pueden entenderse procesos, hacer experimentos y proponer nuevas formas de conducta médica ante las enfermedades cancerosas, sin necesidad de, en una primera instancia, actuar directamente sobre el paciente.

Existen diversas clases de modelos matemáticos: algunos son más adecuados para la investigación de la génesis de un tumor por