

# DETERMINACION DE LA NTCP PARA UN TRATAMIENTO DE PROSTATA CON IMRT

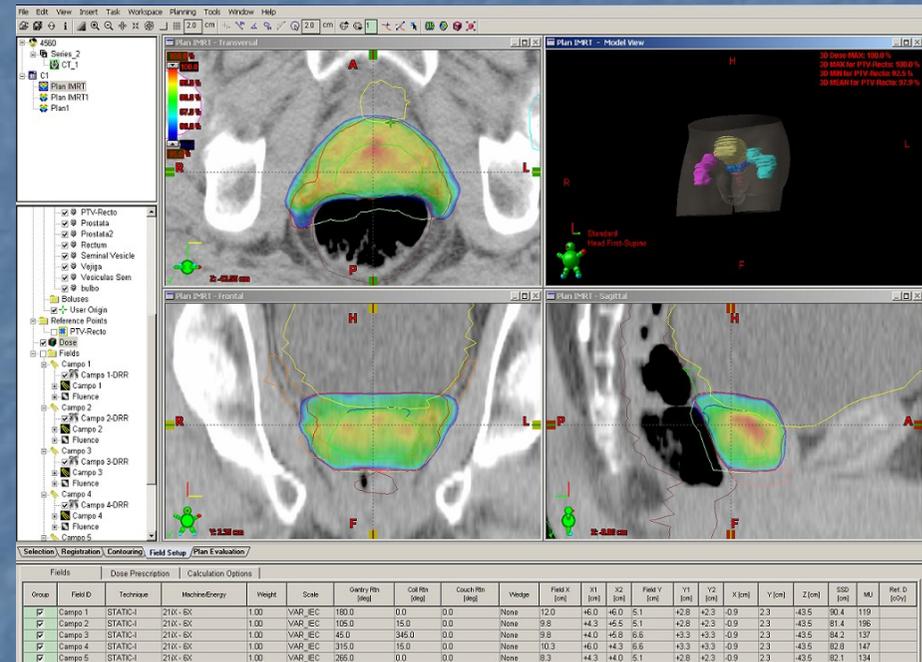
FIS. MIGUEL A. PEREZ PASTENES  
DEPARTAMENTO DE FISICA  
UNIDAD DE RADIOTERAPIA  
HOSPITAL MEDICA SUR

# PREAMBULO

- n La idea de este trabajo es mostrar que con datos provenientes de una planeación de tratamiento de IMRT se puede dar un estimado de la probabilidad de complicación en tejidos sanos, dado el cumplimiento de restricciones a dichos órganos.
- n Se presenta la formulación básica de los diferentes modelos de cálculo de la NTCP.
- n Se presenta el método de cálculo utilizado para obtener la NTCP correspondiente a recto y vejiga para el caso de un paciente de próstata que recibió IMRT.
- n Se presentan resultados.

# INTRODUCCION

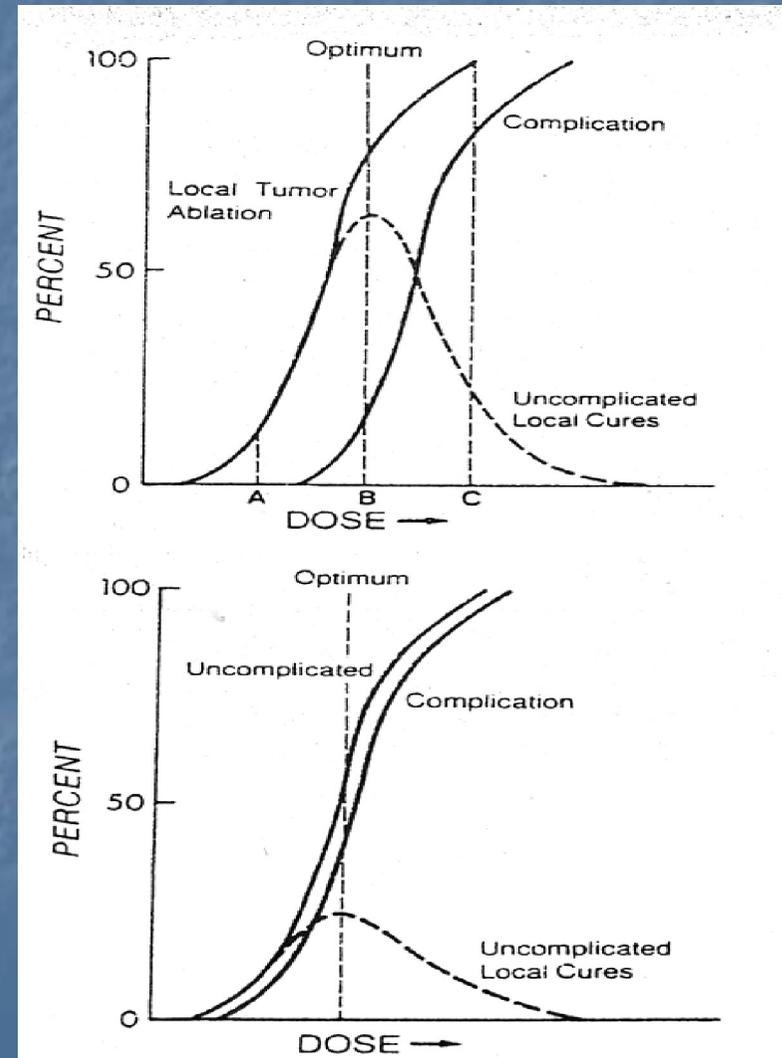
- En radioterapia conformacional tridimensional y de modulación de intensidad, los haces de radiación pueden hacerse amoldar a la forma del tumor.
- Por lo cual menos tejido sano es incluido por la isodosis de prescripción.
- También puede darse una mayor dosis al tumor.



# INTRODUCCION

## Curvas de respuesta

- n A) bajo control tumoral pero sin complicaciones.
- n B) mayor número de pacientes curados sin complicaciones.
- n C) cura completa en muchos casos pero todos los pacientes con complicaciones.



# INTRODUCCION

## Definiciones

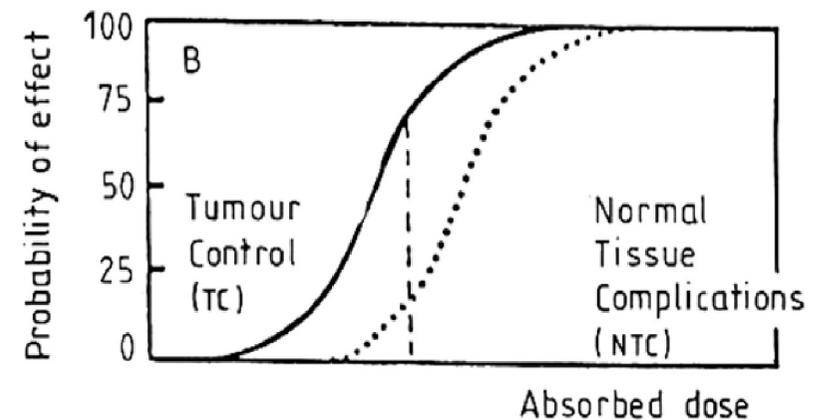
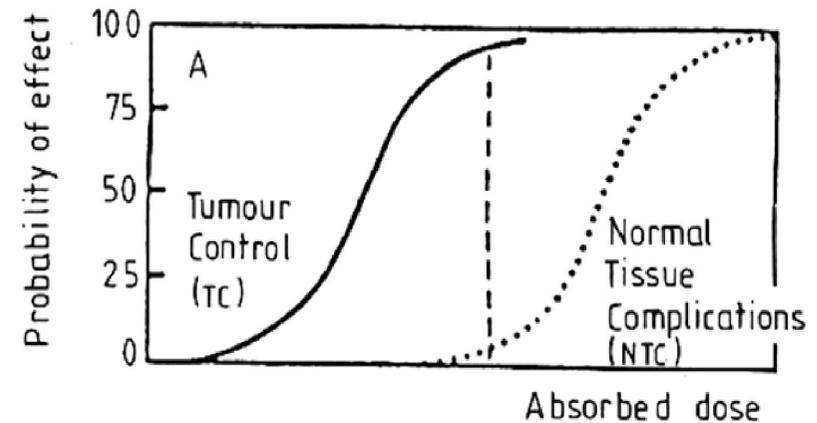
- n Probabilidad de control tumoral (TCP): Probabilidad de erradicar todas las células tumorales graficada como función de la dosis.
- n Probabilidad de complicación en tejido normal (NTCP): Probabilidad, como función de la dosis, de introducir alguna complicación particular en un órgano normal.

# INTRODUCCION

- n La meta del tratamiento de radioterapia es lograr el control tumoral sin complicaciones.
- n Se hace entonces necesario tener alguna herramienta que evalúe o estime la probabilidad de complicaciones en tejido sano (NTCP).
- n Los modelos existentes en la literatura pueden utilizarse para calcular las probabilidades de complicación en función de parámetros como: dosis, volumen, sensibilidad del tejido y fraccionamiento.

# GRAFICAS DE TCP Y NTCP

- n A: alta probabilidad de control tumoral con probabilidad de complicación pequeña.
- n B: alta probabilidad de control tumoral con probabilidad de complicación mayor.
- n Mientras más cercanas estén las curvas, más difícil de seleccionar un nivel de dosis que sea probable para controlar el tumor sin causar daño al tejido normal.



# TCP Y NTCP

n La probabilidad de control tumoral sin complicaciones,  $P_{UTC}$ , es:

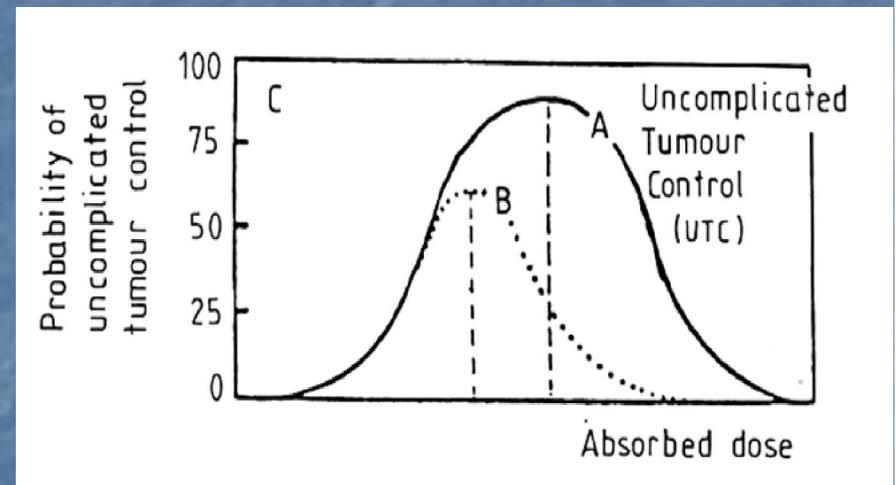
$P_{UTC} = (\text{Probabilidad de control tumoral}) (\text{Probabilidad de ausencia de complicaciones en tejido normal})$

i.e.

$$P_{UTC} = TCP (1 - NTCP)$$

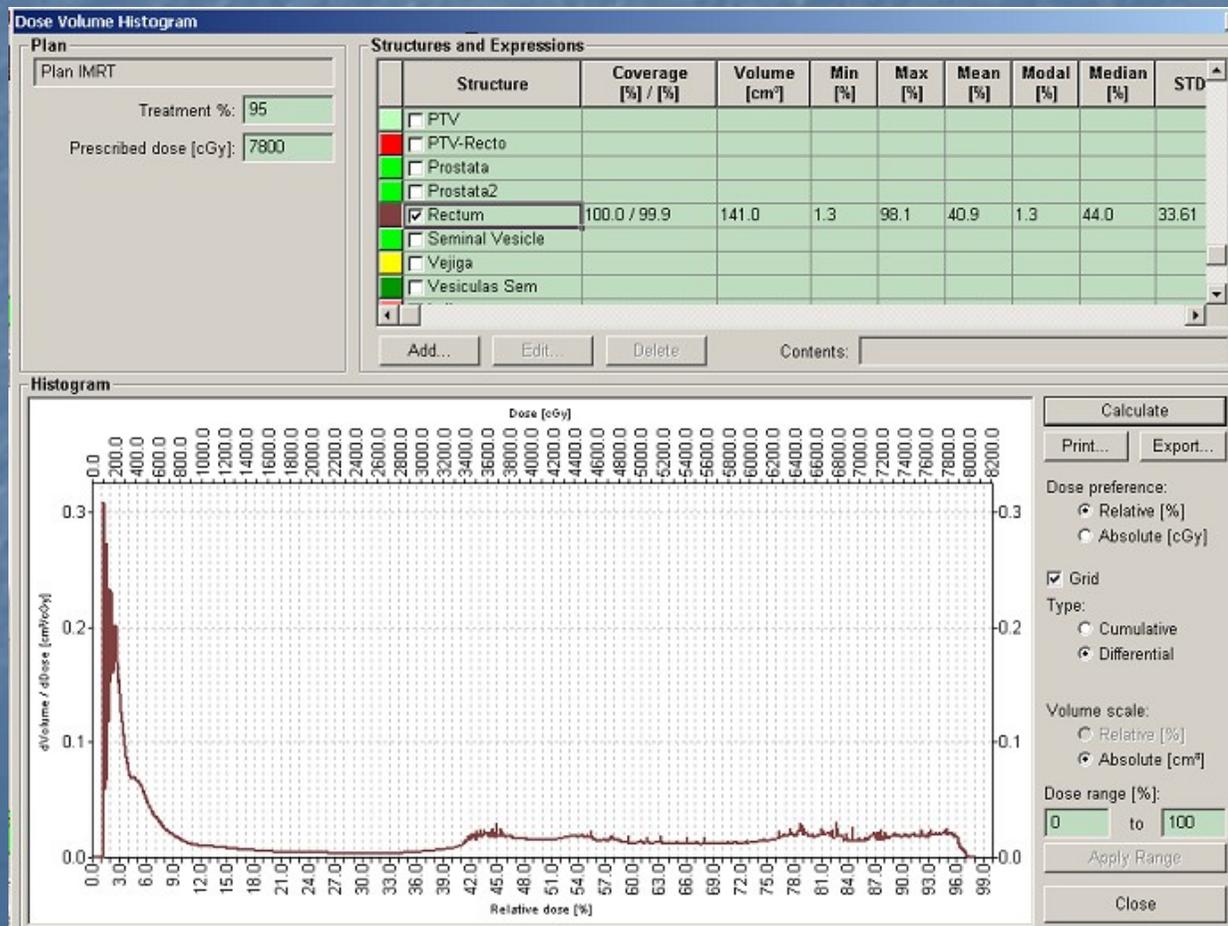
n Si la NTCP aumenta (curvas muy cercanas entre sí), la  $P_{UTC}$  disminuye.

n El nivel de dosis óptimo es el que maximiza la  $P_{UTC}$ .



# CONVERSION DE DVH A MEDIDA DE RIESGO

- n El histograma de dosis-volumen (DVH) diferencial tiene que ser incorporado en la curva de riesgo para calcular el riesgo acumulado.



# IRRADIACION INHOMOGENEA

- n DVH diferencial: un volumen  $v_i$  recibe un dosis  $D_i$ .
- n La dosis equivalente a órgano completo (WO) para el volumen fraccionario  $v_i$  es:

$$D_i^{WO} = D_i (v_i)^n$$

Donde n es un parámetro específico del tejido que determina la dependencia del volumen de la probabilidad de complicación.

# IRRADIACION INHOMOGENEA

- n Un volumen de un órgano puede dividirse en N volúmenes fraccionarios  $v_i$ .

Para todo  $v_i$ :  $NTCP + (\sim NTCP) = 1$

- n Suponiendo independencia de la respuesta de un volumen i-ésimo a otro:

$$(\sim NTCP)_{tot} = \prod_i (\sim NTCP)_i = \prod_i (1 - NTCP)_i$$

Entonces:

$$NTCP_{tot} = 1 - \prod_i (1 - NTCP)_i$$

# IRRADIACION INHOMOGENEA

n De acuerdo a lo anterior, el riesgo total es:

$$NTCP_{tot} = 1 - \prod_i \left[ 1 - NTCP(1, D_i^{wo}) \right]$$

# FORMULA LOGISTICA

n La dosis  $D_i$  del volumen  $i$ -ésimo del DVH diferencial puede sustituirse en la fórmula logística para obtener el riesgo total.

n Fórmula logística:

$$NTCP(1, D) = \frac{1}{1 + (D_{50}/D)^k}$$

Donde

n  $k = 1/n$  , el inverso del parámetro relacionado con el efecto de volumen.

n  $D_{50}$  es la dosis para obtener el daño (end-point) en el 50% de los casos.

# IRRADIACION INHOMOGENEA

- n La NTCP para una irradiación inhomogénea especificada por un DVH diferencial es

$$NTCP_{inh} = 1 - \prod_i^M [1 - NTCP(1, D_i)]^i$$

Donde M son los subvolúmenes en el DVH diferencial irradiados uniformemente.

- n Se calcula la fórmula logística para computar la  $NTCP_{inh}$ .

# ESQUEMAS PARA CALCULAR LA NTCP

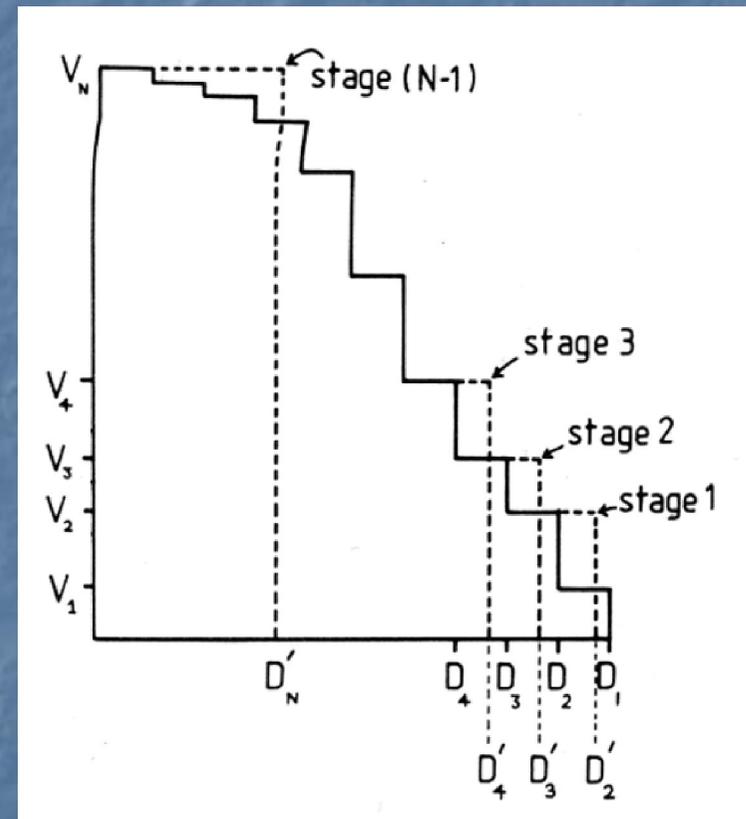
## A PARTIR DEL DVH DIFERENCIAL

- n Dosis individual a cada volumen i-ésimo.
  - n Dosis a órgano entero o cálculo de volumen efectivo.
  - n Fórmula logística.
  - n Cálculo de la NTCP.
- 
- n Con el DVH diferencial se tiene la desventaja de que proporciona volúmenes por unidad de dosis ( $\text{cm}^3/\text{cGy}$ ).

# ESQUEMAS PARA CALCULAR LA NTCP

## A PARTIR DE DVH ACUMULADO

- n Reduce el DVH acumulado a una dosis efectiva única,  $D_{\text{eff}}$  para todo el volumen tal que daría la misma NTCP que la irradiación inhomogénea.
- n Se comienza con el elemento más a la derecha del DVH acumulado, combinando el efecto de este elemento en el que está inmediatamente a la izquierda.



## ESQUEMAS PARA CALCULAR LA NTCP

Por ejemplo, para el caso de un DVH de 2 elementos:

$$NTCP(V_2, D_{eff}) = \frac{V_2 - V_1}{V_2} NTCP(V_2, D_2) + \frac{V_1}{V_2} NTCP(V_2, D_1)$$

Esta ecuación establece que la probabilidad como función de la dosis puede ser interpolada linealmente en el volumen.

# ESQUEMAS PARA CALCULAR LA NTCP

- n Algoritmo de dosis ponderada por volumen

$$D'_i = \frac{V_{i-1}}{V_i} D'_{i-1} + \left(1 - \frac{V_{i-1}}{V_i}\right) D_i$$

$$i = 2, 3, \dots, N$$

$$D'_1 = D_1$$

Después de (N-1) pasos:  $D'_N = D_{\text{eff}}$  a volumen completo  $V_N = 1$ .

Entonces se calcula NTCP ( $V_N = 1, D_{\text{eff}}$ ) por la fórmula logística.

$$NTCP(1, D_{\text{eff}}) = \frac{1}{1 + (D_{50}/D_{\text{eff}})^k}$$

## METODO DE CALCULO

- n Se exporta el DVH acumulado desde el sistema Eclipse (v. 7.3 de Varian MS).
- n Los valores del DVH se exportan en intervalos de 100 cGy.
- n Las dos columnas de datos Dosis y Volumen en Notepad se pegan a un archivo Excel.
- n Se usa el modelo de cálculo basado en peso sobre la dosis.

$$D'_i = \frac{V_{i-1}}{V_i} D'_{i-1} + \left(1 - \frac{V_{i-1}}{V_i}\right) D_i$$

- n En la fórmula logística se usan los valores de n y  $TD_{50}$  de Burman et al. (IJROBP, vol. 21, 1991)



# PACIENTE DE PROSTATA (IMRT)

Dosis al PTV: 78 Gy

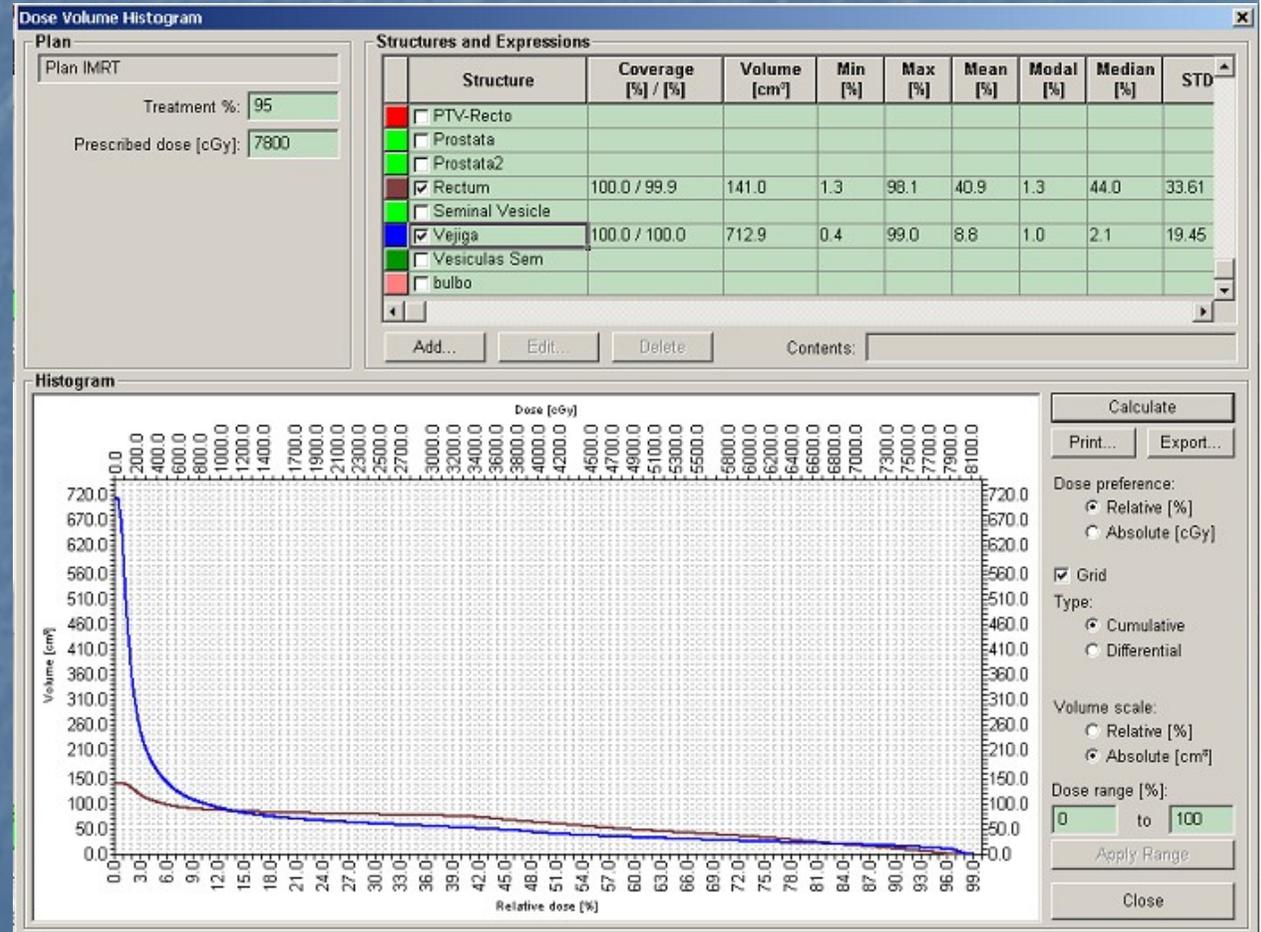
DVH VEJIGA

n 5% vol. > 47 Gy

n 3% vol. > 70 Gy

Volumen total: 712.95 cc

Dosis máxima: 81.3 Gy



# RESULTADOS

## n PROBABILIDAD DE COMPLICACIONES EN TEJIDO NORMAL

RECTO (n= 0.12, TD50= 80 Gy) : 0.001

VEJIGA (n= 0.5, TD50= 80 Gy): 0.0182

# DISCUSION

- n La probabilidad calculada es para un solo individuo y no para una población de pacientes.
- n El modelo logístico es fuertemente dependiente del valor del parámetro  $n$ .
- n Del análisis de la fórmula del modelo logístico, un aumento o disminución de la  $D_{\text{eff}}$  conlleva el aumento o disminución correspondiente en la probabilidad de complicaciones.
- n El modelo es útil porque estima la probabilidad de complicaciones con la información que de por sí se obtiene de la planeación.

# DISCUSION

- n No hay que perder de vista que este cálculo proviene de que previamente se establecieron restricciones a los órganos de riesgo, para realizar la optimización, la creación de la fluencia optimizada y el cálculo de distribuciones de dosis, cuyo DVH debe ajustarse a las restricciones.

# CONCLUSION

- n El cálculo de la NTCP ayuda a corroborar los resultados de los DVH dados para producir un mínimo de complicaciones, usando los mismos valores que provee el sistema de planeación.

# AGRADECIMIENTOS

- n Sin el apoyo de los físicos Gabriel Reséndiz, Patricio Vázquez y Alejandro Rodríguez, así como del T.R. Alejandro Calvo esta plática no se habría completado.