



SISTEMA EXPERTO

PARA EL

TRATAMIENTO DEL CÁNCER DE PULMÓN

Pablo Palomino Gómez

UNIVERSIDAD DE CASTILLA – LA MANCHA

1) DESCRIPCIÓN, ALCANCE Y LÍMITES

Mi sistema experto está relacionado con el tema de la oncología, concretamente con el tratamiento del cáncer de pulmón, tomando como alcance tratar el tipo adenocarcinoma.

El experto elegido es Nuria Prieto Laín, estudiante de grado en Medicina de cuarto curso.

El Cáncer de Pulmón es la segunda causa de muerte a nivel mundial y la primera causa de muerte por neoplasia. Su mortalidad es muy elevada debido a que su diagnóstico se realiza en el 40% de los casos cuando el paciente está ya en un estadio muy avanzado, pues es cuando comienza a presentar clínica.

Dado que el pronóstico depende del primer médico que atiende al paciente, nuestro sistema resulta de gran utilidad para recomendar pruebas que descarten el cáncer de pulmón en pacientes que acuden a consulta con clínica sospechosa.

Además, los protocolos de actuación para el cáncer de Pulmón suelen modificarse con frecuencia. Con nuestro sistema sería posible que todos los médicos tuviesen acceso a la última información sobre los tratamientos recomendados para los pacientes en función del TNM y estadio que presente cada paciente, ayudando así a evitar recidivas por un mal tratamiento o la realización de tratamientos demasiado agresivos.

También incluimos un apartado de pronóstico para cada paciente en función de su estadio y del tratamiento al que ha sido sometido. Con esto no sólo orientamos al médico, sino que también lo ayudamos a la hora de informar a su paciente sobre su enfermedad evitando que le de falsas esperanzas o un marco demasiado devastador.

2) ESTUDIO DE VIABILIDAD

Para saber si nuestro sistema es viable realizaremos el *test de Slagel*:

Plausibilidad

CAT.	IDEN	PESO (P)	VALOR (V)	DENOMINACIÓN DE LA CARACTERÍSTICA	TIPO
EX	P1	10	10	Existen expertos	E
EX	P2	10	7	El experto asignado es genuino	E
EX	P3	8	8	El experto es cooperativo	D
EX	P4	7	6	El experto es capaz de articular sus métodos pero no categoriza	D
TA	P5	10	8	Existen suficientes casos de prueba; normales, típicos, ejemplares, correosos, etc	E
TA	P6	10	8	La tarea está bien estructurada y se entiende	D
TA	P7	10	10	Sólo requiere habilidad cognoscitiva (no pericia física)	D
TA	P8	9	8	No se precisan resultados óptimos sino sólo satisfactorios, sin comprometer el proyecto.	D
TA	P9	9	6	La tarea no requiere sentido común	D
DU	P10	7	7	Los directivos están verdaderamente comprometidos con el proyecto	D

Justificación

CAT.	IDEN	PESO (P)	VALOR (V)	DENOMINACIÓN DE LA CARACTERÍSTICA	TIPO
EX	J1	10	9	El experto NO está disponible	E
EX	J2	10	3	Hay escasez de experiencia humana	D
EX	J3	8	6	Existe necesidad de experiencia simultánea en muchos lugares	D
EX	J4	10	7	Necesidad de experiencia en entornos hostiles, penosos y/o poco gratificantes	E
TA	J5	8	8	No existen soluciones alternativas admisibles	E
TA	J6	7	8	Se espera una alta tasa de recuperación de la inversión	D
TA	J7	8	9	Resuelve una tarea útil y necesaria.	E

Adecuación

CAT.	IDEN	PESO (P)	VALOR (V)	DENOMINACIÓN DE LA CARACTERÍSTICA	TIPO
EX	A1	5	6	La experiencia del experto está poco organizada.	D
TA	A2	6	8	Tiene valor práctico.	D
TA	A3	7	7	Es una tarea más táctica que estratégica.	D
TA	A4	7	8	La tarea da soluciones que sirvan a necesidades a largo plazo.	E
TA	A5	5	6	La tarea no es demasiado fácil, pero es de conocimiento intensivo, tanto propio del dominio, como de manipulación de la información.	D
TA	A6	6	7	Es de tamaño manejable, y/o es posible un enfoque gradual y/o, una descomposición en subtareas independientes.	D

EX	A7	7	8	La transferencia de experiencia entre humanos es factible (experto a aprendiz).	E
TA	A8	6	6	Estaba identificada como un problema en el área y los efectos de la introducción de un SE pueden planificarse	D
TA	A9	9	10	No requiere respuestas en tiempo real “inmediato”	E
TA	A10	9	7	La tarea no requiere investigación básica.	E
TA	A11	5	8	El experto usa básicamente razonamiento simbólico que implica factores subjetivos.	D
TA	A12	5	6	Es esencialmente de tipo heurístico	D

Éxito

CAT.	IDEN	PESO (P)	VALOR (V)	DENOMINACIÓN DE LA CARACTERÍSTICA	TIPO
EX	E1	5	7	No se sienten amenazados por el proyecto, son capaces de sentirse intelectualmente unidos al proyecto.	D
EX	E2	6	7	Tienen un brillante historial en la realización de esta tarea.	D
EX	E3	7	6	Hay acuerdos en lo que constituye a una buena solución a la tarea.	D
EX	E4	7	7	La única justificación para dar un paso en la solución es la calidad de la solución final.	E
EX	E5	5	8	No hay un plazo de finalización estricto, ni ningún otro proyecto depende de esta tarea.	D
TA	E6	6	6	No está influenciada por vaivenes políticos.	D
TA	E7	7	9	Existen ya SSEE que resuelvan esa o parecidas tareas	E
TA	E8	6	8	Hay cambios mínimos en los procedimientos habituales.	D
TA	E9	9	8	Las soluciones son explicables o interactivas.	E
TA	E10	9	8	La tarea es de I+D de carácter práctico, pero no ambas cosas simultáneamente.	E
DU	E11	5	8	Están mentalizados y tienen expectativas realistas tanto en el alcance como en las limitaciones.	D
DU	E12	5	7	No rechazan de plano esta tecnología.	D
DU	E13	6	9	El sistema interactúa inteligente y amistosamente con el usuario.	D
DU	E14	9	9	El sistema es capaz de explicar al usuario su razonamiento.	D
DU	E15	8	8	La inserción del sistema se efectúa sin traumas; es decir, apenas se interfiere en la rutina cotidiana de la empresa	D
DU	E16	6	8	Están comprometidos durante toda la duración del proyecto, incluso después de su implantación	D
DU	E17	8	7	Se efectúa una adecuada transferencia tecnológica.	E

$$VC1 = \prod_{i=1,2,5} (V_{pi} // V_{ui}) \left[\left(\prod_{i=1}^{10} P_{pi} * V_{pi} \right) \right]^{\frac{1}{10}} = 68,559$$

$$VC2 = \prod_{i=1,4,5,7} (V_{ji} // V_{ui}) \left[\left(\prod_{i=1}^7 P_{ji} * V_{ji} \right) \right]^{\frac{1}{7}} = 58,48$$

$$VC3 = \prod_{i=4,7,9,10} (V_{ai} // V_{ui}) \left[\left(\prod_{i=1}^{12} P_{ai} * V_{ai} \right) \right]^{\frac{1}{12}} = 44,96$$

$$VC4 = \prod_{i=6,10,12,17} (V_{ei} // V_{ui}) \left[\left(\prod_{i=1}^{17} P_{ei} * V_{ei} \right) \right]^{\frac{1}{17}} = 49,827$$

$$VC = \frac{68,559 + 58,48 + 44,96 + 49,827}{4} = 55,45$$

$$VC = 55,45$$

$$\text{Valor maximo posible} = 76,38$$

$$\text{Valor Real \%} = 72,59$$

Por lo tanto, deducimos que el proyecto es **Viable**, y se puede llevar a cabo.

3) Adquisición del Conocimiento (Entrevista)

- a. **Fecha:** 27/03/2018
- b. **Hora:** 16:00 – 21:00
- c. **Lugar:** Consuegra (Toledo)
- d. **Asistentes:** Nuria Clara Prieto Laín (Experto)

Pablo Palomino Gómez (Ingeniero del Conocimiento)

- e. **Objetivos:** Conocer la estadificación y tratamiento del cáncer de pulmón.
- f. **Planteamiento de la sesión:** Explicación con diagramas de cada uno de los factores que determinan los objetivos anteriores.
- g. **Recursos empleados:** Bibliografía y apuntes de la facultad de Medicina (Universidad de Castilla-La Mancha)
- h. **Situación del análisis respecto al modelo general:** Esta entrevista se encuentra dentro del conjunto de entrevistas dedicadas a conocer el diagnóstico, estadificación y tratamiento del cáncer de pulmón.
- i. **Conocimiento a la entrevista:** Conocimiento escaso, debido a que es la primera entrevista.
- j. **Glosario:**
 - Estadificación
 - Tumor primario
 - Adenopatía
 - Metástasis
 - Tumor in situ
 - Factor de Riesgo
 - Volumen espiratorio forzado
 - Capacidad de difusión de CO
 - Hipertensión Pulmonar
 - Índice de Karnofsky
 - Derrame pleural tumoral
 - Afectación neoplásica del nervio recurrente
 - Tomografía axial computarizada (TAC)
 - PET-TAC
 - Broncoscopia
 - Síndrome de Horner
 - Síndrome de vena cava superior
 - Síndrome de Pancoast
 - Lobectomía
 - Linfadenectomía
 - Quimioterapia
 - Radioterapia

k. **Resumen del conocimiento adquirido:**

Lo primero que necesitamos saber para determinar el tratamiento que debe seguir un paciente con cáncer de pulmón es el **estadio** en el que se encuentra. Para ello, necesitamos conocer el tamaño del **tumor primario** y su localización, si existen **adenopatías** y su localización, y si existe presencia de **metástasis**. Esta información la vamos obteniendo a través de la historia clínica, y sobre todo de las pruebas de imagen: radiografía de Tórax, **TAC** (Tomografía axial computarizada), **PET-TAC** y **broncoscopia**; que nos ayudan a guiarnos para la toma de biopsia.

Una vez tenemos asignado un estadio, podemos plantearnos distintas líneas de tratamiento, en función de cada paciente. Entre ellas encontramos distintas modalidades de cirugía (cómo la **lobectomía**), la **quimioterapia** y la **radioterapia**, que se pueden combinar entre sí para el tratamiento.

Para poder operar al paciente, éste debe ser operable. Esto quiere decir que debe cumplir una serie de requisitos para que la cirugía no ponga en riesgo su vida. Entre ellos, el paciente debe tener un **índice de Karnofsky** inferior al 40%, y no presentar enfermedades graves asociadas incontrolables. Además, el paciente no puede haber presentado un infarto agudo de miocardio en los tres meses previos a la operación ni tener una arritmia ventricular no controlable. También debemos asegurarnos de que una vez extraída la parte del pulmón en la que se encuentra el tumor, el paciente debe tener una función pulmonar adecuada.

Por otro lado, para poder realizar la cirugía, el tumor debe ser resecable. Un tumor irresecable es aquel que:

- Presenta un **derrame pleural tumoral**
- **Afectación neoplásica del nervio recurrente**
- Invasión extensa de pared torácica, tráquea, carina traqueal ó de los 2 cm proximales del bronquio principal.
- Invasión extensa del cuerpo vertebral, foramen neural, vasos subclavios o **síndrome de Horner**.
- Presencia de **síndrome de vena cava superior**.
- Se considerará irresecable la presencia de **metástasis** visualizadas en el TAC en cualquier localización.

Teniendo en cuenta todas estas variables, podemos aconsejar el tratamiento más recomendable en cada caso.

I. Diccionario de Términos:

- **Estadificación:** Realización de exámenes y pruebas para determinar el grado de diseminación del cáncer en el cuerpo.
- **Tumor primario:** Se trata del primer tumor en aparecer.
- **Adenopatía:** Enfermedad de las glándulas, en especial de los ganglios linfáticos.
- **Metástasis:** Reproducción o extensión de una enfermedad o de un tumor a otra parte del cuerpo.
- **Tumor in situ:** es el carcinoma que no ha roto la capa basal y, por ello, no se ha extendido.
- **Factor de Riesgo:** Un factor de riesgo es cualquier rasgo, característica o exposición de un paciente que aumente su probabilidad de sufrir el cáncer.
- **Volumen espiratorio forzado:** volumen de aire expulsado durante el primer segundo de la espiración forzada.
- **Capacidad de difusión de CO:** La prueba de capacidad de difusión del monóxido de carbono puede determinar el grado de eficacia con que el gas pasa desde los alveolos hacia los capilares sanguíneos en un minuto.
- **Hipertensión Pulmonar:** Es un tipo de presión arterial alta que afecta a las arterias de los pulmones y al lado derecho del corazón.
- **Índice de Karnofsky:** Es una escala funcional desarrollada en oncología y ampliamente utilizada, que ha mostrado ser útil para predecir la evolución en pacientes oncológicos y geriátricos.
- **Derrame pleural tumoral:** Es una acumulación de líquido adicional en el espacio entre los pulmones y la pared torácica.
- **Afectación neoplásica del nervio recurrente:** Invasión por el tumor del nervio que inerva las cuerdas vocales.
- **Tomografía axial computarizada (TAC):** Es un examen de diagnóstico por imágenes que se utiliza para ayudar a detectar enfermedades.
- **PET-TAC:** Prueba similar al TAC.
- **Broncoscopia:** Exploración de los bronquios por visualización directa con la ayuda de un broncoscopio.

- **Síndrome de Horner:** Es un síndrome causado por una lesión de los nervios simpáticos de la cara y se caracteriza por pupilas contraídas (miosis), párpado caído (ptosis palpebral), anhidrosis (sequedad facial) y aspecto hundido del ojo (enoftalmos).
- **Síndrome de vena cava superior:** Ocurre cuando la vena cava superior de una persona está parcialmente obstruida o comprimida.
- **Síndrome de Pancoast:** Se produce por la presencia de un tumor en el vértice pulmonar con extensión local hacia el plexo braquial inferior, cadena simpática cervical inferior y primeros cuerpos vertebrales y costillas.
- **Lobectomía:** Extirpación quirúrgica de un lóbulo de un órgano.
- **Linfadenectomía:** Es un procedimiento quirúrgico en el que se extraen los ganglios linfáticos y se examinan para determinar si contienen cáncer.
- **Quimioterapia:** Tratamiento médico de algunas enfermedades que consiste en la aplicación de sustancias químicas al organismo.
- **Radioterapia:** Es un tratamiento del cáncer que usa altas dosis de radiación para destruir células cancerosas y reducir tumores.

4) Conceptualización

a. Tabla Objeto-Atributo-Valor

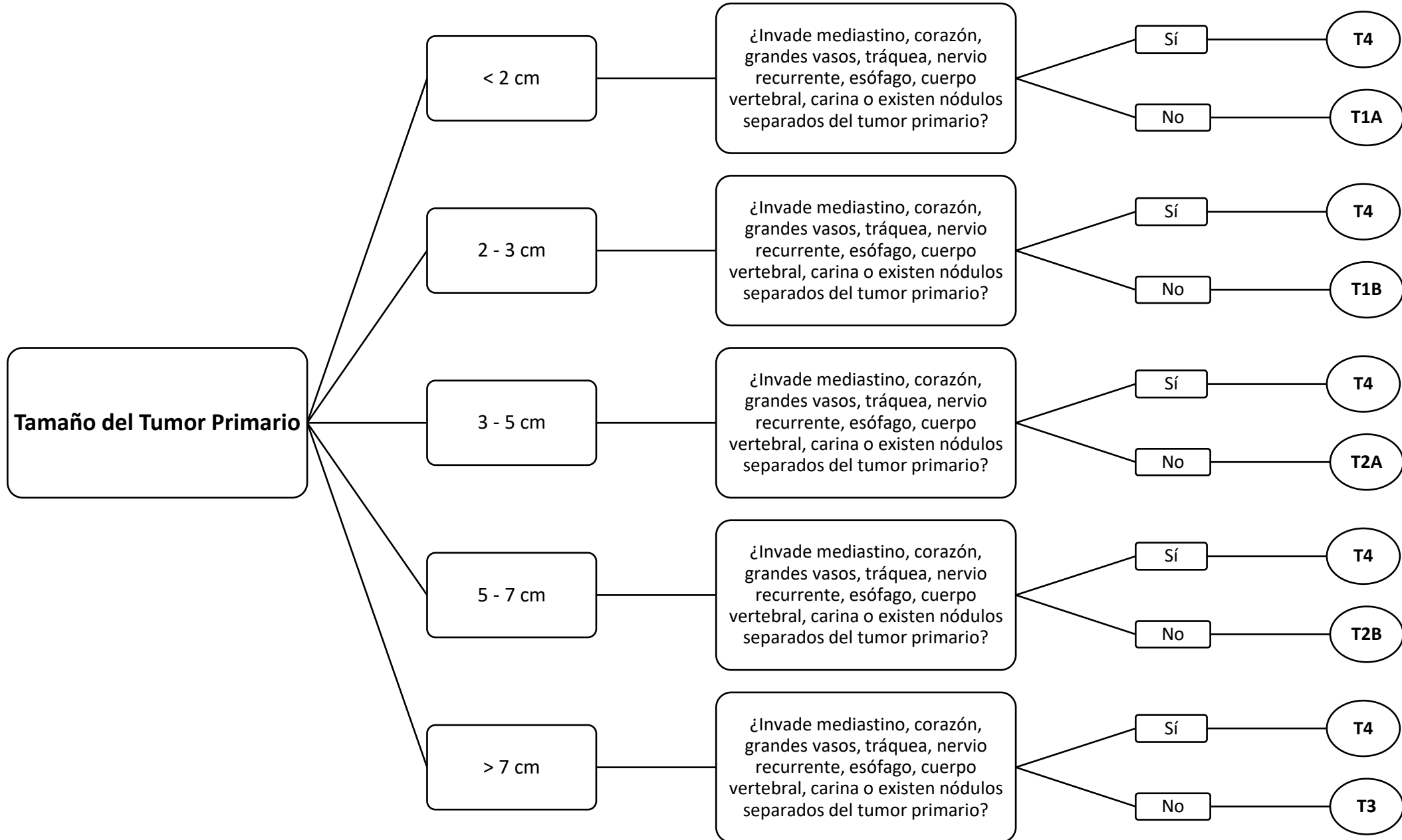
Para poder determinar el tratamiento de un paciente es necesario determinar el valor de tres variables:

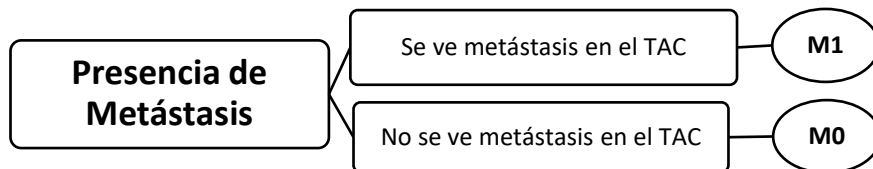
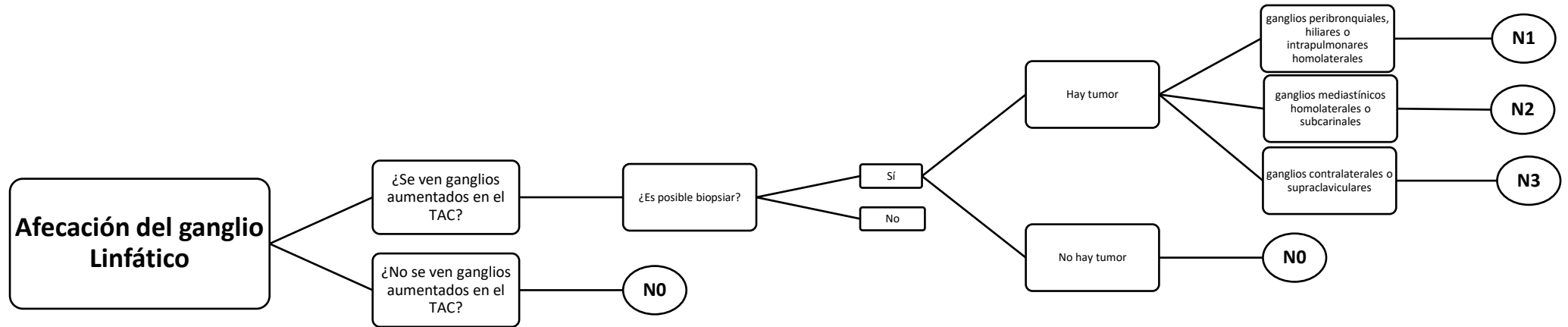
- T** (Tamaño del tumor primario)
- N** (Afectación del ganglio linfático)
- M** (Existencia de Metástasis)

Objeto	Atributo	Valor
Paciente	Tamaño del Tumor Primario	{T0,T1A,T1B,T2A,T2B,T3,T4,Tis}
	Afectación del Ganglio Linfático	{N0,N1,N2,N3,Nx}
	Existencia de Metástasis	{M0,M1}

Las diferentes combinaciones de estos valores darán como resultado un tratamiento u otro.

b. Árboles de Descomposición





5) Representación del Conocimiento

Esquema de representación basado en reglas de producción

i. Determinación de **T** (Tamaño del tumor primario)

- Si TAC realizado:
 - Si se visualizan masas:
 - Si < 2 cm:
 - Si invade mediastino, corazón, grandes vasos, tráquea, nervio recurrente, esófago, cuerpo vertebral, carina o existen nódulos separados del tumor primario:
 - i. **T=T4, ir a ii**
 - Si no invade:
 - i. **T=T1A, ir a ii**
 - Si 2 – 3 cm:
 - Si invade mediastino, corazón, grandes vasos, tráquea, nervio recurrente, esófago, cuerpo vertebral, carina o existen nódulos separados del tumor primario:
 - T=T4, ir a ii**
 - Si no invade:
 - T=T1B, ir a ii**
 - Si 3 – 5 cm:
 - Si invade mediastino, corazón, grandes vasos, tráquea, nervio recurrente, esófago, cuerpo vertebral, carina o existen nódulos separados del tumor primario:
 - T=T4, ir a ii**
 - Si no invade:
 - T=T2A, ir a ii**
 - Si 5 – 7 cm:
 - Si invade mediastino, corazón, grandes vasos, tráquea, nervio recurrente, esófago, cuerpo vertebral, carina o existen nódulos separados del tumor primario:
 - T=T4, ir a ii**
 - Si no invade:
 - T=T2B, ir a ii**
 - Si > 7 cm:
 - Si invade mediastino, corazón, grandes vasos, tráquea, nervio recurrente, esófago, cuerpo vertebral, carina o existen nódulos separados del tumor primario:
 - T=T4, ir a ii**
 - Si no invade:
 - T=T3, ir a ii**

- Si no se visualizan masas, realizar broncoscopia:
 - Si Broncoscopia positiva:
T=Tis, ir a ii
 - Si Broncoscopia negativa:
T=T0, ir a ii
- Si TAC no realizado:
 - Si PET-TAC realizado:
Mismo procedimiento que en TAC
 - Si PET-TAC no realizado, realizar TAC:
Mismo procedimiento que en TAC

ii. Determinación de **N** (Afectación del ganglio linfático)

- Si se ven ganglios aumentados en el TAC:
 - Si es posible biopsiar:
 - Si hay tumor:
 - Si son ganglios peribronquiales, hiliares o intrapulmonares homolaterales:
N = N1, ir a iii
 - Si son ganglios mediastínicos homolaterales o subcarinales:
N = N2, ir a iii
 - Si son ganglios contralaterales o supraclaviculares:
N = N3, ir a iii
 - Si no hay tumor:
N = N0, ir a iii
 - Si no es posible:
N = Nx (no se puede determinar), ir a iii
- Si no se ven ganglios aumentados en el TAC:
N = N0, ir a iii

iii. Determinación de **M** (Presencia de metástasis)

- Si se ve metástasis en el TAC:
M = 1, ir a iv
- Si no se ve metástasis en el TAC:
M = 0, ir a iv

iv. Determinación del Tratamiento

- Si T1A N0 M0, T1B N0 M0 ó T2A N0 M0:
 - Si paciente operable:
 - Si tumor resecable:
Resección del tumor + linfadenectomía parcial
 - Si tumor no resecable:
Quimioterapia preoperatoria + cirugía + quimioterapia adyuvante
 - Si paciente no operable:
Radioterapia radical sobre el tumor y las cadenas ganglionares
- Si Tis N0 M0:
Resección conservadora

- Si Tis N1 M0, T1A/T1B N1 M0, T2A N1 M0, T2B N0 M0, T2B N1 M0 ó T3 N0 M0:
 - Si paciente operable:
 - Si tumor resecable:
Resección del tumor + linfadenectomía + quimioterapia adyuvante
 - Si tumor no resecable:
Quimioterapia preoperatoria + cirugía + quimioterapia adyuvante
 - Si paciente no operable:
Radioterapia radical sobre el tumor y las cadenas ganglionares
- Si Tis/T1/T2 N2 M0, T3 N1/N2 M0 ó T4 N0/N1 M0:
 - Si paciente operable:
 - Si tumor resecable:
Quimioterapia + radioterapia y re-estadificar
 - Si tumor no resecable:
Quimioterapia + radioterapia y re-estadificar
 - Si paciente no operable:
Quimioterapia + radioterapia concomitante
- Si T4 N2 M0 ó Tis/T1/T2/T3/T4 N3 M0:
 - Si paciente operable:
 - Si tumor resecable:
Quimioterapia + radioterapia concomitante o secuencial
 - Si tumor no resecable:
Pleurodesis + tratamiento M1
 - Si paciente no operable:
Quimioterapia + radioterapia concomitante o secuencial
- Si Tis/T1/T2/T3/T4 N0/N1/N2/N3 M1:
Quimioterapia no curativa (paliativo)

6) VALIDACIÓN DEL SISTEMA

Tras la implementación de las reglas en el sistema usando CLIPS, vamos a proceder a su validación por medio de la **Comparación frente al Experto**.

Se plantea el mismo caso a ambos, y deben coincidir en el diagnóstico del tratamiento.

El caso es el siguiente:

Un paciente tiene una prueba PET-TAC realizada.

En el PET-TAC se ha observado que existen masas las cuáles son de un tamaño mayor a 7 cm, e invaden mediastino.

Ademas se observan ganglios aumentados, en los cuáles es posible biopsiar, existe tumor y son ganglios peribronquiales.

Por último, no se observa metástasis.

El paciente es operable, y el tumor resecable.

El **Experto** (Nuria Prieto) ha determinado que se trata de un T4 N1 M0, y por lo tanto el tratamiento que recomienda es **Quimioterapia, Radioterapia y re-estadificar**.

Veamos ahora el razonamiento del **Sistema**:

```
SISTEMA DE DIAGNÓSTICO, ESTADIFICACIÓN Y TRATAMIENTO DEL CÁNCER DE PULMÓN
-----
¿El paciente se ha realizado una Tomografía axial computarizada (TAC)?
no
¿El paciente se ha realizado un PET-TAC?
si

Determinación del Tamaño del Tumor Primario (T)
-----
¿Se visualizan masas en el TAC?
si
Indique el tamaño de las masas en cm de entre los siguientes: <2, 2-3, 3-5, 5-7, >7
>7
¿Las masas invaden mediastino, corazón, grandes vasos, tráquea, nervio recurrente, esófago, cuerpo vertebral, carina o existen nódulos separados del tumor primario?
si

Determinación de la Afectación del Ganglio Linfático (N)
-----
¿Se ven ganglios aumentados en el TAC?
si
¿Es posible Biopsiar?
si
¿Existe Tumor?
si

Seleccione el tipo de Ganglios en el Tumor (Escriba 1, 2 ó 3)
1. Ganglios peribronquiales, hiliares o intrapulmonares homolaterales
2. Ganglios mediastínicos homolaterales o subcarinales
3. Ganglios contralaterales o supraclaviculares
1

Determinación de la Presencia de Metastasis (M)
-----
¿Se ve Metástasis en el TAC?
no

Determinación del Tratamiento
-----
¿El paciente es operable?
si
¿El Tumor es Resecable?
si

El Tratamiento Recomendado por el Sistema es Quimioterapia, Radioterapia y re-estadificar.
```

Como podemos ver, el Sistema recomienda el mismo tratamiento que el experto, lo que valida su funcionamiento.

7) ANOTACIONES

El proyecto del sistema completo se encuentra en mi repositorio de Git Hub, accesible desde el siguiente enlace:

https://github.com/pablopalomino96/Sistema_Experto.git