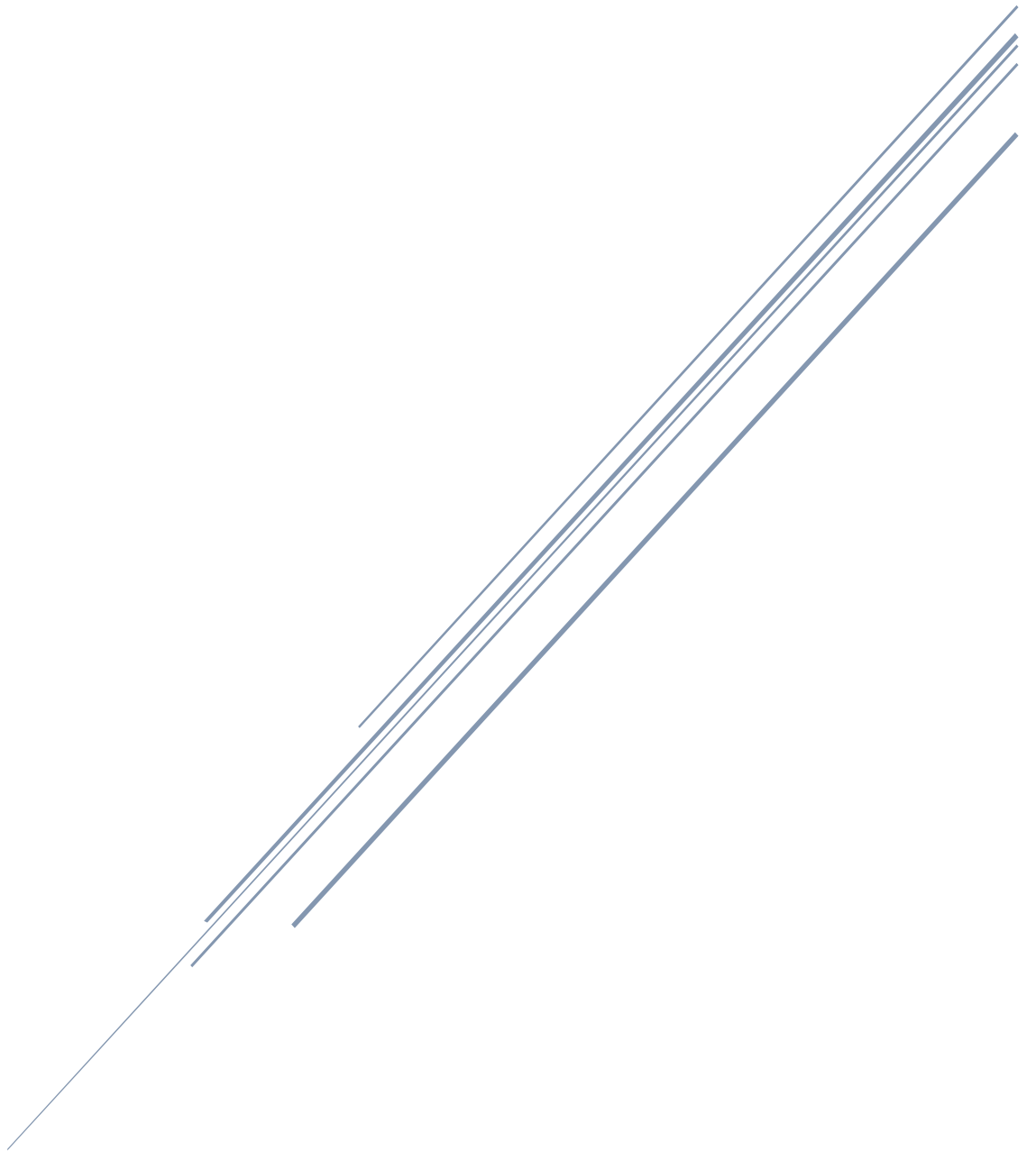


# TRABAJO DE INFERENCIA EXACTA EN REDES BAYESIANAS CON PYTHON

Inteligencia Artificial



Alejandro Arciniega Fernández  
Alfonso Yáñez Herrera

## 1. Introducción al problema

Esta propuesta pretende construir un sistema para realizar inferencia probabilística en dominios representados mediante redes bayesianas. Como se comenta en el tema 7 de teoría, las redes bayesianas constituyen un formalismo que permite representar de manera compacta y eficiente un modelo probabilístico sobre un dominio concreto. Existen numerosas aplicaciones prácticas de sistemas expertos basados en redes bayesianas. Entre otros:

- Sistemas expertos que manejan información médica.
- Sistemas para decisión en economía y finanzas.
- Predicción de fenómenos atmosféricos
- ...

## 2. Descripción del ejemplo elegido

El ejemplo escogido es una modificación del problema de la red bayesiana llamada *Asia*. Es una versión simplificada de una red que se podría usar para diagnosticar pacientes que lleguen a una clínica.

Cada nodo de la red corresponde a algunas condiciones del paciente, estos serían:

- VisittoAsia (Visita a Asia)
- Smoking (Fumar)
- LungCancer (Cáncer de pulmón)
- Bronchitis (Bronquitis)
- Dyspnea (Disnea)
- Tuberculosis (Tuberculosis)
- TuberculosisorCancer (Tuberculosis o Cáncer)
- XRayResult (Resultados de la Radiografía)
- Pollution (Contaminación)
- Enphysema (Enfisema)

Las relaciones entre nodos, es decir, las aristas se podrían representar de esta manera:

- VisittoAsia → Tuberculosis
- Smoking → Bronchitis
- Smoking → LungCancer
- Pollution → LungCancer
- Tuberculosis → TuberculosisorCancer
- LungCancer → TuberculosisorCancer
- Bronchitis → Enphysema
- Bronchitis → Dyspnea
- TuberculosisorCancer → Dyspnea
- TuberculosisorCancer → XRayResult

Un posible caso práctico para nuestra red podría ser:

“**Visita a Asia**” indica que el paciente ha visitado recientemente Asia, lo que aumenta la probabilidad de tener **tuberculosis**.

Además, **fumar** aumenta las probabilidades de tener **cáncer de pulmón** y de coger **bronquitis**.

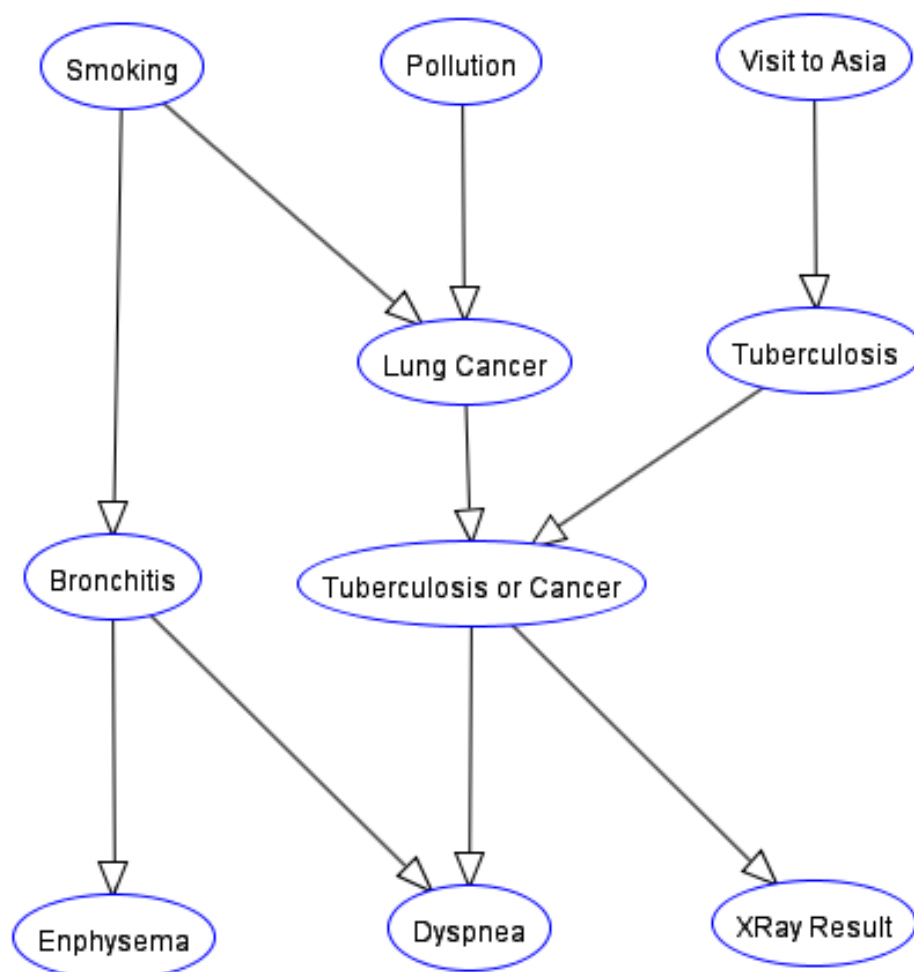
Ambos cáncer y bronquitis aumentan las posibilidades de coger **disnea** (acortamiento de la respiración).

Tanto el **cáncer de pulmón como la tuberculosis**, pero no habitualmente la bronquitis, pueden provocar unos **resultados de radiografía** anormales.

La **contaminación** del aire también influirá a la hora de provocar cáncer de pulmón.

Si la bronquitis se agrava, podría provocar un agrandamiento permanente de los espacios aéreos distales a los bronquiolos terminales, es decir, un **enfisema**.

La red creada para este ejemplo es la siguiente:



### 3. Descripción de la representación escogida

Para la representación de la red definiremos varios elementos:

**Variable:** valor que asignaremos a cada nodo que nos ayudará a la representación del problema, esta incluirá un nombre y un estado asociado.

**Nodo:** representa un elemento de la red, puede ser padre, hijo o no tener relación con otros nodos.

**Arista:** indica la conexión entre 2 o más nodos, así como quién es el padre y el hijo en tal relación.

**Table:** con ellas mostramos las distribuciones de probabilidad de cada nodo escogido, así como las variables de consulta y evidencia que nos pidan.

**Red:** construcción de la misma a partir de los nodos y aristas proporcionados. Iremos identificando los padres de cada nodo de la red, para futuras probabilidades.

**Factor:** valor que toman las variables tras haber implantado una condición/consulta.

### 4. Descripción del diseño del algoritmo de EV y heurísticas

Para la realización del algoritmo se ha tenido en cuenta la estructura que aparece en el tema 7 de teoría, la cual hemos seguido y es la siguiente:

- En primer lugar, eliminación de las variables que son irrelevantes para la probabilidad pedida, es decir, las variables que no son ni de consulta, ni de evidencia, ni son padres de alguna de estas dos, o son padres de otras variables que son padre de las de evidencia o consulta.
- Una vez obtenida la nueva red, calculamos los factores asociados a cada variable. Esto es, obtener las tablas de probabilidad teniendo en cuenta el valor de las variables de evidencia de la consulta indicada.
- Una vez tenemos los factores, calculamos una nueva lista de factores en la que se eliminaran aquellos factores considerado “irrelevantes”, es decir, cuya variable del factor sea una variable eliminada de la red.
- Cuando obtengamos los factores, procederemos a ordenar nuestras variables para que tengan un orden a la hora de eliminar a las mismas. Este orden se regirá según las siguientes heurísticas:
  - Min\_Degree: Seleccionar para eliminar primero la variable que menos veces aparece en la lista de los factores.
  - Min\_Fill: La variable que se selecciona es la que al eliminarse, el min\_Degree sea mínimo.
  - Min\_Factor: La primera variable para eliminar se selecciona iterativamente comprobando que el nuevo factor que se genera tenga el menor número de entradas posibles.

- A continuación, iteramos sobre cada variable de esta nueva lista de variables, y para cada variable de la lista tenemos 2 opciones:
  - Si la variable es de **consulta**, realizamos el siguiente procedimiento:
    - Obtención de factores en los que aparece la variable.
    - Eliminación de dichos factores de la lista de factores.
    - Multiplicación de los factores eliminados.
    - Creación de un nuevo factor a partir del resultado de la multiplicación, en el cual la variable sea la variable sobre la que estamos iterando, y las dependencias sean las variables pertenecientes a los factores eliminados, sin que estas se repitan.
  - Si la variable **no** es de **consulta**, realizamos el siguiente procedimiento:
    - Obtención de factores en los que aparece la variable.
    - Eliminación de dichos factores de la lista de factores.
    - Multiplicación de los factores eliminados.
    - Obtener el factor de la variable y agrupar este factor por el resultado de la multiplicación.
    - Creación de un nuevo factor a partir del resultado anterior, en el cual la variable sea la variable sobre la que estamos iterando, y las dependencias sean las variables pertenecientes a los factores eliminados, sin que estas se repitan.
- Cuando hayamos terminado de iterar sobre las variables, depende del número de factores restantes tenemos varias opciones:
  - Si solo hay **un factor mayor de lo normal**, comprobar si tiene el tamaño adecuado para normalizar, en caso de no tenerlo, reducirlo hasta el adecuado.
  - Si hay **más de un factor**, multiplicar los factores existentes hasta obtener un único factor para normalizar.
  - Si solo hay **un factor con el tamaño adecuado**, normalizamos.

## 5. Experimentación en modo Traza y Normal

En este apartado, se van a realizar algunas pruebas con diferentes archivos XMLBIF.

### A) Sample Problem – InfluenzaSmokes.xml en modo Normal

Probabilidad de toser dado que fume:  $P(\text{Coughing}|\text{SMOKES})$

Seleccione modo de ejecución: 1) Traza 2) Normal

2

Cargando archivo: InfluenzaSmokes.xml

Fin del análisis del archivo XMLBIF

Los nodos de la red son los siguientes:

Influenza

Sore Throat

Fever

Bronchitis

```

Wheezing
Smokes
Coughing
Las aristas de la red son las siguientes:
Influenza -> Sore Throat
Influenza -> Fever
Influenza -> Bronchitis
Smokes -> Bronchitis
Bronchitis -> Wheezing
Bronchitis -> Coughing
Tabla de probabilidad de: Influenza
[0.05, 0.95]
Tabla de probabilidad de: Sore Throat
[0.3, 0.7, 0.001, 0.999]
Tabla de probabilidad de: Fever
[0.9, 0.1, 0.05, 0.95]
Tabla de probabilidad de: Bronchitis
[0.99, 0.01, 0.9, 0.1, 0.7, 0.3, 0.0001, 0.9999]
Tabla de probabilidad de: Wheezing
[0.6, 0.4, 0.001, 0.999]
Tabla de probabilidad de: Smokes
[0.2, 0.8]
Tabla de probabilidad de: Coughing
[0.8, 0.2, 0.07, 0.93]
Escribe la variable de consulta: Coughing
Introduzca la/s variable/s de evidencia (use - para negar una
variable): Smokes
Resultado normalizado: [0.534791274980141, 0.9465208725019859]

```

#### B) Problema propio – RedAsia.xml en modo Traza y variable negada

Probabilidad de coger disnea en un algún lugar sin contaminación:  
 $P(\text{Dyspnea} | \neg \text{POLLUTION})$

```

Seleccione modo de ejecución: 1) Traza  2) Normal
1
Cargando archivo: RedAsia.xml
Final de la lectura del archivo XMLBIF
Los nodos de la red son los siguientes:
VisittoAsia
Tuberculosis
Smoking
LungCancer
Bronchitis
TuberculosisorCancer
XRayResult
Dyspnea
Pollution
Enphysema
Las aristas de la red son las siguientes:
VisittoAsia -> Tuberculosis
Smoking -> LungCancer
Pollution -> LungCancer

```

```

Smoking -> Bronchitis
Tuberculosis -> TuberculosisorCancer
LungCancer -> TuberculosisorCancer
TuberculosisorCancer -> XRayResult
Bronchitis -> Dyspnea
TuberculosisorCancer -> Dyspnea
Bronchitis -> Enphysema
Tabla de probabilidad de: VisittoAsia
[0.02, 0.98]
Tabla de probabilidad de: Tuberculosis
[0.5, 0.5, 0.85, 0.15]
Tabla de probabilidad de: Smoking
[0.3, 0.7]
Tabla de probabilidad de: LungCancer
[0.05, 0.95, 0.03, 0.97, 0.75, 0.25, 0.9, 0.1]
Tabla de probabilidad de: Bronchitis
[0.9, 0.1, 0.01, 0.99]
Tabla de probabilidad de: TuberculosisorCancer
[0.99, 0.01, 0.05, 0.95, 0.5, 0.5, 0.6, 0.4]
Tabla de probabilidad de: XRayResult
[0.75, 0.25, 0.01, 0.99]
Tabla de probabilidad de: Dyspnea
[0.35, 0.65, 0.9, 0.1, 0.1, 0.9, 0.7, 0.3]
Tabla de probabilidad de: Pollution
[0.9, 0.1]
Tabla de probabilidad de: Enphysema
[0.88, 0.12, 0.0, 1.0]
Escribe la variable de consulta: Dyspnea
Introduzca la/s variable/s de evidencia (use - para negar una
variable): -Pollution
Datos: Dyspnea ['-Pollution']
Obteniendo Factor de VisittoAsia dado []
Obteniendo Factor de Tuberculosis dado ['VisittoAsia']
Obteniendo Factor de Smoking dado []
Obteniendo Factor de LungCancer dado ['Smoking', 'Pollution']
Obteniendo Factor de Bronchitis dado ['Smoking']
Obteniendo Factor de TuberculosisorCancer dado ['Tuberculosis',
'LungCancer']
Obteniendo Factor de XRayResult dado ['TuberculosisorCancer']
Obteniendo Factor de Dyspnea dado ['Bronchitis',
'TuberculosisorCancer']
Obteniendo Factor de Pollution dado []
Obteniendo Factor de Enphysema dado ['Bronchitis']
Tamaño de la red antes de eliminar las variables irrelevantes: 10
Su hijo es: Tuberculosis
Eliminando variable.. VisittoAsia
Su hijo es: LungCancer
Su hijo es: Bronchitis
Eliminando variable.. Smoking
Su hijo es: Dyspnea
Su hijo es: Enphysema
Es padre de una variable de consulta o de evidencia
Padres: ['Smoking']
Su hijo es: XRayResult
Su hijo es: Dyspnea
Es padre de una variable de consulta o de evidencia
Padres: ['Tuberculosis', 'LungCancer']

```

```

Eliminando variable.. XRayResult
Su hijo es: LungCancer
Eliminando variable.. Pollution
Añadida variable Smoking de nuevo
Tamaño de la red tras la elimiación de las variables irrelevantes: 7
Variables eliminadas,
VisittoAsia
Los nodos de la red despues de eliminar son:
XRayResult
Los nodos de la red despues de eliminar son:
Pollution
Los nodos de la red despues de eliminar son:
Tuberculosis
LungCancer
Bronchitis
TuberculosisorCancer
Dyspnea
Enphysema
Smoking
Obteniendo factores...
Factores eliminados:
Factor: VisittoAsia
Factor: XRayResult
Factor: Pollution
7 restantes
Obteniendo Factor de Tuberculosis dado ['VisittoAsia']
Obteniendo Factor de Smoking dado []
Obteniendo Factor de LungCancer dado ['Smoking', 'Pollution']
Obteniendo Factor de Bronchitis dado ['Smoking']
Obteniendo Factor de TuberculosisorCancer dado ['Tuberculosis',
'LungCancer']
Obteniendo Factor de Dyspnea dado ['Bronchitis',
'TuberculosisorCancer']
Obteniendo Factor de Enphysema dado ['Bronchitis']
Los factores originales son:
Factor de: Tuberculosis
[0.5, 0.5, 0.85, 0.15]
Factor de: Smoking
[0.3, 0.7]
Factor de: LungCancer
[0.05, 0.95, 0.03, 0.97, 0.75, 0.25, 0.9, 0.1]
Factor de: Bronchitis
[0.9, 0.1, 0.01, 0.99]
Factor de: TuberculosisorCancer
[0.99, 0.01, 0.05, 0.95, 0.5, 0.5, 0.6, 0.4]
Factor de: Dyspnea
[0.35, 0.65, 0.9, 0.1, 0.1, 0.9, 0.7, 0.3]
Factor de: Enphysema
[0.88, 0.12, 0.0, 1.0]
Tuberculosis ¿Consulta o no?
No es de consulta
Variable con la que buscamos: Tuberculosis
Tuberculosis Aparece como consulta
Tuberculosis Aparece como evidencia
Aparece: [<__main__.Table object at 0x0000000003B369E8>,
<__main__.Table object at 0x0000000003B36908>]
Factores antes: 7

```



```

Eliminados: 2
Factores después: 5
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36128>
[0.3, 0.7]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36AC8>
[0.05, 0.95, 0.03, 0.97, 0.75, 0.25, 0.9, 0.1]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36978>
[0.9, 0.1, 0.01, 0.99]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36198>
[0.35, 0.65, 0.9, 0.1, 0.1, 0.9, 0.7, 0.3]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36860>
[0.88, 0.12, 0.0, 1.0]
Ext 4 [0.5, 0.5, 0.85, 0.15]
Aux 4 [0.5, 0.5, 0.85, 0.15]
Caso longitud igual
Valor de n 0
Añadido: 0.25
Valor de n 1
Añadido: 0.25
Valor de n 2
Añadido: 0.7224999999999999
Valor de n 3
Añadido: 0.0225
res [0.25, 0.25, 0.7224999999999999, 0.0225]
Ext 4 [0.5, 0.5, 0.85, 0.15]
Aux 8 [0.99, 0.01, 0.05, 0.95, 0.5, 0.5, 0.6, 0.4]
Caso ext menor que aux
factor21 [0.99, 0.01, 0.05, 0.95]
factor22 [0.5, 0.5, 0.6, 0.4]
Valor de n 0
Añadido 1: 0.495
Añadido 2: 0.25
Valor de n 1
Añadido 1: 0.005
Añadido 2: 0.25
Valor de n 2
Añadido 1: 0.0425
Añadido 2: 0.51
Valor de n 3
Añadido 1: 0.1425
Añadido 2: 0.06
res [0.495, 0.25, 0.005, 0.25, 0.0425, 0.51, 0.1425, 0.06]
Variable a comprobar: Tuberculosis
10
consulta: VisittoAsia
evidencia/s: []
probabilidades: [0.02, 0.98]
No encuentra factor con: Tuberculosis
consulta: Tuberculosis
evidencia/s: ['VisittoAsia']
probabilidades: [0.5, 0.5, 0.85, 0.15]
Factor padre: [0.5, 0.5, 0.85, 0.15]
Reduciendo
Resultado agrupado: [1.0375, 1.26, 0.9974999999999999,
0.45999999999999996]
Factor a añadir: [1.0375, 1.26, 0.9974999999999999,
0.45999999999999996]

```

```

Factores actuales: 6
<__main__.Table object at 0x0000000003B36128>
[0.3, 0.7]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36AC8>
[0.05, 0.95, 0.03, 0.97, 0.75, 0.25, 0.9, 0.1]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36978>
[0.9, 0.1, 0.01, 0.99]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36198>
[0.35, 0.65, 0.9, 0.1, 0.1, 0.9, 0.7, 0.3]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36860>
[0.88, 0.12, 0.0, 1.0]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36A20>
[1.0375, 1.26, 0.9974999999999999, 0.45999999999999996]
LungCancer ¿Consulta o no?
No es de consulta
Variable con la que buscamos: LungCancer
LungCancer Aparece como consulta
LungCancer Aparece como evidencia
Aparece: [<__main__.Table object at 0x0000000003B36AC8>,
<__main__.Table object at 0x0000000003B36A20>]
Factores antes: 6
Eliminados: 2
Factores después: 4
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36128>
[0.3, 0.7]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36978>
[0.9, 0.1, 0.01, 0.99]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36198>
[0.35, 0.65, 0.9, 0.1, 0.1, 0.9, 0.7, 0.3]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36860>
[0.88, 0.12, 0.0, 1.0]
Ext 8 [0.05, 0.95, 0.03, 0.97, 0.75, 0.25, 0.9, 0.1]
Aux 8 [0.05, 0.95, 0.03, 0.97, 0.75, 0.25, 0.9, 0.1]
Caso longitud igual
Valor de n 0
Añadido: 0.0025000000000000005
Valor de n 1
Añadido: 0.9025
Valor de n 2
Añadido: 0.0009
Valor de n 3
Añadido: 0.9409
Valor de n 4
Añadido: 0.5625
Valor de n 5
Añadido: 0.0625
Valor de n 6
Añadido: 0.81
Valor de n 7
Añadido: 0.010000000000000002
res [0.0025000000000000005, 0.9025, 0.0009, 0.9409, 0.5625, 0.0625,
0.81, 0.010000000000000002]
Ext 8 [0.05, 0.95, 0.03, 0.97, 0.75, 0.25, 0.9, 0.1]
Aux 4 [1.0375, 1.26, 0.9974999999999999, 0.45999999999999996]
Caso ext mayor que aux
factor21 [0.05, 0.95, 0.03, 0.97]
factor22 [0.75, 0.25, 0.9, 0.1]

```

```

Valor de n 0
Añadido 1: 0.051875000000000004
Añadido 2: 0.77812500000000001
Valor de n 1
Añadido 1: 1.1969999999999998
Añadido 2: 0.315
Valor de n 2
Añadido 1: 0.029924999999999997
Añadido 2: 0.8977499999999999
Valor de n 3
Añadido 1: 0.44619999999999993
Añadido 2: 0.046
res [0.051875000000000004, 0.77812500000000001, 1.1969999999999998,
0.315, 0.029924999999999997, 0.8977499999999999, 0.44619999999999993,
0.046]
Variable a comprobar: LungCancer
10
consulta: VisittoAsia
evidencia/s: []
probabilidades: [0.02, 0.98]
No encuentra factor con: LungCancer
consulta: Tuberculosis
evidencia/s: ['VisittoAsia']
probabilidades: [0.5, 0.5, 0.85, 0.15]
No encuentra factor con: LungCancer
consulta: Smoking
evidencia/s: []
probabilidades: [0.3, 0.7]
No encuentra factor con: LungCancer
consulta: LungCancer
evidencia/s: ['Smoking', 'Pollution']
probabilidades: [0.05, 0.95, 0.03, 0.97, 0.75, 0.25, 0.9, 0.1]
Factor padre: [0.05, 0.95, 0.03, 0.97, 0.75, 0.25, 0.9, 0.1]
Resultado agrupado: [0.101875000000000001, 1.728125,
1.2269999999999999, 1.285, 0.779925, 1.1477499999999998, 1.3462,
0.146000000000000002]
Factor a añadir: [0.101875000000000001, 1.728125, 1.2269999999999999,
1.285, 0.779925, 1.1477499999999998, 1.3462, 0.146000000000000002]
Factores actuales: 5
<__main__.Table object at 0x0000000003B36128>
[0.3, 0.7]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36978>
[0.9, 0.1, 0.01, 0.99]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36198>
[0.35, 0.65, 0.9, 0.1, 0.1, 0.9, 0.7, 0.3]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36860>
[0.88, 0.12, 0.0, 1.0]
<__main__.Table object at 0x0000000003B369E8>
[0.101875000000000001, 1.728125, 1.2269999999999999, 1.285, 0.779925,
1.1477499999999998, 1.3462, 0.146000000000000002]
Bronchitis ¿Consulta o no?
No es de consulta
Variable con la que buscamos: Bronchitis
Bronchitis Aparece como consulta
Bronchitis Aparece como evidencia
Bronchitis Aparece como evidencia

```

```

Aparece: [<__main__.Table object at 0x0000000003B36978>,
<__main__.Table object at 0x0000000003B36198>, <__main__.Table object
at 0x0000000003B36860>]
Factores antes: 5
Eliminados: 2
Factores después: 3
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36128>
[0.3, 0.7]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36198>
[0.35, 0.65, 0.9, 0.1, 0.1, 0.9, 0.7, 0.3]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B369E8>
[0.10187500000000001, 1.728125, 1.2269999999999999, 1.285, 0.779925,
1.1477499999999998, 1.3462, 0.14600000000000002]
Ext 4 [0.9, 0.1, 0.01, 0.99]
Aux 4 [0.9, 0.1, 0.01, 0.99]
Caso longitud igual
Valor de n 0
Añadido: 0.81
Valor de n 1
Añadido: 0.010000000000000002
Valor de n 2
Añadido: 0.0001
Valor de n 3
Añadido: 0.9801
res [0.81, 0.010000000000000002, 0.0001, 0.9801]
Ext 4 [0.9, 0.1, 0.01, 0.99]
Aux 4 [0.88, 0.12, 0.0, 1.0]
Caso longitud igual
Valor de n 0
Añadido: 0.792
Valor de n 1
Añadido: 0.012
Valor de n 2
Añadido: 0.0
Valor de n 3
Añadido: 0.99
res [0.792, 0.012, 0.0, 0.99]
Variable a comprobar: Bronchitis
10
consulta: VisittoAsia
evidencia/s: []
probabilidades: [0.02, 0.98]
No encuentra factor con: Bronchitis
consulta: Tuberculosis
evidencia/s: ['VisittoAsia']
probabilidades: [0.5, 0.5, 0.85, 0.15]
No encuentra factor con: Bronchitis
consulta: Smoking
evidencia/s: []
probabilidades: [0.3, 0.7]
No encuentra factor con: Bronchitis
consulta: LungCancer
evidencia/s: ['Smoking', 'Pollution']
probabilidades: [0.05, 0.95, 0.03, 0.97, 0.75, 0.25, 0.9, 0.1]
No encuentra factor con: Bronchitis
consulta: Bronchitis
evidencia/s: ['Smoking']

```

```

probabilidades: [0.9, 0.1, 0.01, 0.99]
Factor padre: [0.9, 0.1, 0.01, 0.99]
Resultado agrupado: [1.6920000000000002, 0.112, 0.01, 1.98]
Factor a añadir: [1.6920000000000002, 0.112, 0.01, 1.98]
Factores actuales: 4
<__main__.Table object at 0x0000000003B36128>
[0.3, 0.7]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36198>
[0.35, 0.65, 0.9, 0.1, 0.1, 0.9, 0.7, 0.3]
<__main__.Table object at 0x0000000003B369E8>
[0.101875000000000001, 1.728125, 1.2269999999999999, 1.285, 0.779925,
1.1477499999999998, 1.3462, 0.14600000000000002]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36AC8>
[1.6920000000000002, 0.112, 0.01, 1.98]
TuberculosisorCancer ¿Consulta o no?
No es de consulta
Variable con la que buscamos: TuberculosisorCancer
TuberculosisorCancer Aparece como evidencia
TuberculosisorCancer Aparece como evidencia
Aparece: [<__main__.Table object at 0x0000000003B36198>,
<__main__.Table object at 0x0000000003B369E8>]
Factores antes: 4
Eliminados: 1
Factores después: 3
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36128>
[0.3, 0.7]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B369E8>
[0.101875000000000001, 1.728125, 1.2269999999999999, 1.285, 0.779925,
1.1477499999999998, 1.3462, 0.14600000000000002]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36AC8>
[1.6920000000000002, 0.112, 0.01, 1.98]
Variable a comprobar: TuberculosisorCancer
7
consulta: Tuberculosis
evidencia/s: ['VisittoAsia']
probabilidades: [0.5, 0.5, 0.85, 0.15]
No encuentra factor con: TuberculosisorCancer
consulta: Smoking
evidencia/s: []
probabilidades: [0.3, 0.7]
No encuentra factor con: TuberculosisorCancer
consulta: LungCancer
evidencia/s: ['Smoking', 'Pollution']
probabilidades: [0.05, 0.95, 0.03, 0.97, 0.75, 0.25, 0.9, 0.1]
No encuentra factor con: TuberculosisorCancer
consulta: Bronchitis
evidencia/s: ['Smoking']
probabilidades: [0.9, 0.1, 0.01, 0.99]
No encuentra factor con: TuberculosisorCancer
consulta: TuberculosisorCancer
evidencia/s: ['Tuberculosis', 'LungCancer']
probabilidades: [0.99, 0.01, 0.05, 0.95, 0.5, 0.5, 0.6, 0.4]
Ext 8 [0.35, 0.65, 0.9, 0.1, 0.1, 0.9, 0.7, 0.3]
Aux 8 [0.99, 0.01, 0.05, 0.95, 0.5, 0.5, 0.6, 0.4]
Caso longitud igual
Valor de n 0
Añadido: 0.3465

```

```

Valor de n 1
Añadido: 0.0065000000000000001
Valor de n 2
Añadido: 0.0450000000000000005
Valor de n 3
Añadido: 0.095
Valor de n 4
Añadido: 0.05
Valor de n 5
Añadido: 0.45
Valor de n 6
Añadido: 0.42
Valor de n 7
Añadido: 0.12
res [0.3465, 0.0065000000000000001, 0.0450000000000000005, 0.095, 0.05,
0.45, 0.42, 0.12]
Factor a añadir: [0.3465, 0.0065000000000000001, 0.0450000000000000005,
0.095, 0.05, 0.45, 0.42, 0.12]
Factores actuales: 4
<__main__.Table object at 0x0000000003B36128>
[0.3, 0.7]
<__main__.Table object at 0x0000000003B369E8>
[0.1018750000000000001, 1.728125, 1.2269999999999999, 1.285, 0.779925,
1.1477499999999998, 1.3462, 0.1460000000000000002]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36AC8>
[1.692000000000000002, 0.112, 0.01, 1.98]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36978>
[0.3465, 0.0065000000000000001, 0.0450000000000000005, 0.095, 0.05,
0.45, 0.42, 0.12]
Dyspnea ¿Consulta o no?
Consulta:
Variable con la que buscamos: Dyspnea
Dyspnea Aparece como evidencia
Aparece: [<__main__.Table object at 0x0000000003B36978>]
Factores antes: 4
Eliminados: 1
Factores después: 3
Factores consulta: [<__main__.Table object at 0x0000000003B36128>,
<__main__.Table object at 0x0000000003B369E8>, <__main__.Table object
at 0x0000000003B36AC8>]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36D30>
[0.02, 0.98]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36D68>
[0.5, 0.5, 0.85, 0.15]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36CC0>
[0.3, 0.7]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36CF8>
[0.05, 0.95, 0.03, 0.97, 0.75, 0.25, 0.9, 0.1]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36C50>
[0.9, 0.1, 0.01, 0.99]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36C18>
[0.99, 0.01, 0.05, 0.95, 0.5, 0.5, 0.6, 0.4]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36BE0>
[0.75, 0.25, 0.01, 0.99]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36B70>
[0.35, 0.65, 0.9, 0.1, 0.1, 0.9, 0.7, 0.3]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36B00>

```

```

[0.9, 0.1]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36A58>
[0.88, 0.12, 0.0, 1.0]
Eliminados: [<__main__.Table object at 0x0000000003B36978>]
Multiplicacion:
Variable a comprobar: Dyspnea
7
consulta: Tuberculosis
evidencia/s: ['VisittoAsia']
probabilidades: [0.5, 0.5, 0.85, 0.15]
No encuentra factor con: Dyspnea
consulta: Smoking
evidencia/s: []
probabilidades: [0.3, 0.7]
No encuentra factor con: Dyspnea
consulta: LungCancer
evidencia/s: ['Smoking', 'Pollution']
probabilidades: [0.05, 0.95, 0.03, 0.97, 0.75, 0.25, 0.9, 0.1]
No encuentra factor con: Dyspnea
consulta: Bronchitis
evidencia/s: ['Smoking']
probabilidades: [0.9, 0.1, 0.01, 0.99]
No encuentra factor con: Dyspnea
consulta: TuberculosisorCancer
evidencia/s: ['Tuberculosis', 'LungCancer']
probabilidades: [0.99, 0.01, 0.05, 0.95, 0.5, 0.5, 0.6, 0.4]
No encuentra factor con: Dyspnea
consulta: Dyspnea
evidencia/s: ['Bronchitis', 'TuberculosisorCancer']
probabilidades: [0.35, 0.65, 0.9, 0.1, 0.1, 0.9, 0.7, 0.3]
Ext 8 [0.3465, 0.006500000000000001, 0.045000000000000005, 0.095,
0.05, 0.45, 0.42, 0.12]
Aux 8 [0.35, 0.65, 0.9, 0.1, 0.1, 0.9, 0.7, 0.3]
Caso longitud igual
Valor de n 0
Añadido: 0.12127499999999998
Valor de n 1
Añadido: 0.0042250000000000005
Valor de n 2
Añadido: 0.040500000000000001
Valor de n 3
Añadido: 0.0095000000000000001
Valor de n 4
Añadido: 0.0050000000000000001
Valor de n 5
Añadido: 0.405
Valor de n 6
Añadido: 0.294
Valor de n 7
Añadido: 0.036
res [0.12127499999999998, 0.0042250000000000005, 0.040500000000000001,
0.0095000000000000001, 0.0050000000000000001, 0.405, 0.294, 0.036]
Factor a añadir: [0.12127499999999998, 0.0042250000000000005,
0.040500000000000001, 0.0095000000000000001, 0.0050000000000000001,
0.405, 0.294, 0.036]
Factores actuales: 4
<__main__.Table object at 0x0000000003B36128>

```

```

[0.3, 0.7]
<__main__.Table object at 0x0000000003B369E8>
[0.101875000000000001, 1.728125, 1.2269999999999999, 1.285, 0.779925,
1.1477499999999998, 1.3462, 0.146000000000000002]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36AC8>
[1.6920000000000002, 0.112, 0.01, 1.98]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36198>
[0.12127499999999998, 0.0042250000000000005, 0.040500000000000001,
0.0095000000000000001, 0.0050000000000000001, 0.405, 0.294, 0.036]
Enphysema ¿Consulta o no?
No es de consulta
Variable con la que buscamos: Enphysema
Enphysema Aparece como evidencia
Aparece: [<__main__.Table object at 0x0000000003B36AC8>]
Factores antes: 4
Eliminados: 1
Factores después: 3
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36128>
[0.3, 0.7]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B369E8>
[0.101875000000000001, 1.728125, 1.2269999999999999, 1.285, 0.779925,
1.1477499999999998, 1.3462, 0.146000000000000002]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36198>
[0.12127499999999998, 0.0042250000000000005, 0.040500000000000001,
0.0095000000000000001, 0.0050000000000000001, 0.405, 0.294, 0.036]
Variable a comprobar: Enphysema
7
consulta: Tuberculosis
evidencia/s: ['VisittoAsia']
probabilidades: [0.5, 0.5, 0.85, 0.15]
No encuentra factor con: Enphysema
consulta: Smoking
evidencia/s: []
probabilidades: [0.3, 0.7]
No encuentra factor con: Enphysema
consulta: LungCancer
evidencia/s: ['Smoking', 'Pollution']
probabilidades: [0.05, 0.95, 0.03, 0.97, 0.75, 0.25, 0.9, 0.1]
No encuentra factor con: Enphysema
consulta: Bronchitis
evidencia/s: ['Smoking']
probabilidades: [0.9, 0.1, 0.01, 0.99]
No encuentra factor con: Enphysema
consulta: TuberculosisorCancer
evidencia/s: ['Tuberculosis', 'LungCancer']
probabilidades: [0.99, 0.01, 0.05, 0.95, 0.5, 0.5, 0.6, 0.4]
No encuentra factor con: Enphysema
consulta: Dyspnea
evidencia/s: ['Bronchitis', 'TuberculosisorCancer']
probabilidades: [0.35, 0.65, 0.9, 0.1, 0.1, 0.9, 0.7, 0.3]
No encuentra factor con: Enphysema
consulta: Enphysema
evidencia/s: ['Bronchitis']
probabilidades: [0.88, 0.12, 0.0, 1.0]
Ext 4 [1.6920000000000002, 0.112, 0.01, 1.98]
Aux 4 [0.88, 0.12, 0.0, 1.0]
Caso longitud igual

```



```

Valor de n 0
Añadido: 1.48896
Valor de n 1
Añadido: 0.01344
Valor de n 2
Añadido: 0.0
Valor de n 3
Añadido: 1.98
res [1.48896, 0.01344, 0.0, 1.98]
Factor a añadir: [1.48896, 0.01344, 0.0, 1.98]
Factores actuales: 4
<__main__.Table object at 0x0000000003B36128>
[0.3, 0.7]
<__main__.Table object at 0x0000000003B369E8>
[0.101875000000000001, 1.728125, 1.2269999999999999, 1.285, 0.779925,
1.1477499999999998, 1.3462, 0.14600000000000002]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36198>
[0.12127499999999998, 0.0042250000000000005, 0.04050000000000001,
0.0095000000000000001, 0.0050000000000000001, 0.405, 0.294, 0.036]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36978>
[1.48896, 0.01344, 0.0, 1.98]
Smoking ¿Consulta o no?
No es de consulta
Variable con la que buscamos: Smoking
Smoking Aparece como consulta
Aparece: [<__main__.Table object at 0x0000000003B36128>]
Factores antes: 4
Eliminados: 1
Factores después: 3
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B369E8>
[0.101875000000000001, 1.728125, 1.2269999999999999, 1.285, 0.779925,
1.1477499999999998, 1.3462, 0.14600000000000002]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36198>
[0.12127499999999998, 0.0042250000000000005, 0.04050000000000001,
0.0095000000000000001, 0.0050000000000000001, 0.405, 0.294, 0.036]
Factor de: <__main__.Table object at 0x0000000003B36978>
[1.48896, 0.01344, 0.0, 1.98]
Variable a comprobar: Smoking
7
consulta: Tuberculosis
evidencia/s: ['VisittoAsia']
probabilidades: [0.5, 0.5, 0.85, 0.15]
No encuentra factor con: Smoking
consulta: Smoking
evidencia/s: []
probabilidades: [0.3, 0.7]
Ext 2 [0.3, 0.7]
Aux 2 [0.3, 0.7]
Caso longitud igual
Valor de n 0
Añadido: 0.09
Valor de n 1
Añadido: 0.48999999999999994
res [0.09, 0.48999999999999994]
Factor a añadir: [0.09, 0.48999999999999994]
Factores actuales: 4
<__main__.Table object at 0x0000000003B369E8>

```

```

[0.101875000000000001, 1.728125, 1.2269999999999999, 1.285, 0.779925,
1.1477499999999998, 1.3462, 0.146000000000000002]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36198>
[0.12127499999999998, 0.0042250000000000005, 0.040500000000000001,
0.0095000000000000001, 0.0050000000000000001, 0.405, 0.294, 0.036]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36978>
[1.48896, 0.01344, 0.0, 1.98]
<__main__.Table object at 0x0000000003B36940>
[0.09, 0.48999999999999994]
Factores: [<__main__.Table object at 0x0000000003B369E8>,
<__main__.Table object at 0x0000000003B36198>, <__main__.Table object
at 0x0000000003B36978>, <__main__.Table object at 0x0000000003B36940>]
Ext 8 [0.101875000000000001, 1.728125, 1.2269999999999999, 1.285,
0.779925, 1.1477499999999998, 1.3462, 0.146000000000000002]
Aux 8 [0.101875000000000001, 1.728125, 1.2269999999999999, 1.285,
0.779925, 1.1477499999999998, 1.3462, 0.146000000000000002]
Caso longitud igual
Valor de n 0
Añadido: 0.010378515625000001
Valor de n 1
Añadido: 2.9864160156249997
Valor de n 2
Añadido: 1.5055289999999997
Valor de n 3
Añadido: 1.6512249999999997
Valor de n 4
Añadido: 0.6082830056249999
Valor de n 5
Añadido: 1.3173300624999995
Valor de n 6
Añadido: 1.8122544400000002
Valor de n 7
Añadido: 0.021316000000000005
res [0.010378515625000001, 2.9864160156249997, 1.5055289999999997,
1.6512249999999997, 0.6082830056249999, 1.3173300624999995,
1.8122544400000002, 0.021316000000000005]
Ext 8 [0.101875000000000001, 1.728125, 1.2269999999999999, 1.285,
0.779925, 1.1477499999999998, 1.3462, 0.146000000000000002]
Aux 8 [0.12127499999999998, 0.0042250000000000005,
0.040500000000000001, 0.0095000000000000001, 0.0050000000000000001,
0.405, 0.294, 0.036]
Caso longitud igual
Valor de n 0
Añadido: 0.012354890624999998
Valor de n 1
Añadido: 0.007301328125
Valor de n 2
Añadido: 0.0496935
Valor de n 3
Añadido: 0.0122075000000000001
Valor de n 4
Añadido: 0.0038996250000000007
Valor de n 5
Añadido: 0.46483874999999997
Valor de n 6
Añadido: 0.3957828
Valor de n 7

```

```

Añadido: 0.005256
res [0.012354890624999998, 0.007301328125, 0.0496935,
0.012207500000000001, 0.0038996250000000007, 0.46483874999999997,
0.3957828, 0.005256]
Ext 8 [0.101875000000000001, 1.728125, 1.2269999999999999, 1.285,
0.779925, 1.1477499999999998, 1.3462, 0.14600000000000002]
Aux 4 [1.48896, 0.01344, 0.0, 1.98]
Caso ext mayor que aux
factor21 [0.101875000000000001, 1.728125, 1.2269999999999999, 1.285]
factor22 [0.779925, 1.1477499999999998, 1.3462, 0.14600000000000002]
Valor de n 0
Añadido 1: 0.1516878
Añadido 2: 1.161277128
Valor de n 1
Añadido 1: 0.023226
Añadido 2: 0.015425759999999998
Valor de n 2
Añadido 1: 0.0
Añadido 2: 0.0
Valor de n 3
Añadido 1: 2.5443
Añadido 2: 0.289080000000000006
res [0.1516878, 1.161277128, 0.023226, 0.015425759999999998, 0.0, 0.0,
2.5443, 0.289080000000000006]
Ext 8 [0.101875000000000001, 1.728125, 1.2269999999999999, 1.285,
0.779925, 1.1477499999999998, 1.3462, 0.14600000000000002]
Aux 2 [0.09, 0.48999999999999994]
Caso ext mayor que aux
given21 [0.101875000000000001, 1.728125]
given22 [1.2269999999999999, 1.285]
given23 [0.779925, 1.1477499999999998]
given24 [1.3462, 0.14600000000000002]
Valor de n 0
Añadido 1: 0.00916875
Añadido 2: 0.11042999999999999
Añadido 3: 0.07019325
Añadido 4: 0.121158
Valor de n 1
Añadido 1: 0.8467812499999998
Añadido 2: 0.6296499999999999
Añadido 3: 0.5623974999999999
Añadido 4: 0.07154
res [0.00916875, 0.11042999999999999, 0.07019325, 0.121158,
0.8467812499999998, 0.6296499999999999, 0.5623974999999999, 0.07154]
Tamaño factores: 4
Final: [0.00916875, 0.11042999999999999, 0.07019325, 0.121158,
0.8467812499999998, 0.6296499999999999, 0.5623974999999999, 0.07154]
Res 1.4885407499999996
Aux 0.932778
Resultado normalizado: [0.6147644749374694, 0.3852355250625305]

```

### C) Problema propio – RedAsia.xml en modo Normal

Probabilidad de coger tuberculosis habiendo visitado Asia:  
 $P(\text{Tuberculosis} | \text{VISIT TO ASIA})$

```
Seleccione modo de ejecución: 1) Traza  2) Normal
2
Cargando archivo: RedAsia.xml
Final de la lectura del archivo XMLBIF
Los nodos de la red son los siguientes:
VisittoAsia
Tuberculosis
Smoking
LungCancer
Bronchitis
TuberculosisorCancer
XRayResult
Dyspnea
Pollution
Enphysema
Las aristas de la red son las siguientes:
VisittoAsia -> Tuberculosis
Smoking -> LungCancer
Pollution -> LungCancer
Smoking -> Bronchitis
Tuberculosis -> TuberculosisorCancer
LungCancer -> TuberculosisorCancer
TuberculosisorCancer -> XRayResult
Bronchitis -> Dyspnea
TuberculosisorCancer -> Dyspnea
Bronchitis -> Enphysema
Tabla de probabilidad de: VisittoAsia
[0.02, 0.98]
Tabla de probabilidad de: Tuberculosis
[0.5, 0.5, 0.85, 0.15]
Tabla de probabilidad de: Smoking
[0.3, 0.7]
Tabla de probabilidad de: LungCancer
[0.05, 0.95, 0.03, 0.97, 0.75, 0.25, 0.9, 0.1]
Tabla de probabilidad de: Bronchitis
[0.9, 0.1, 0.01, 0.99]
Tabla de probabilidad de: TuberculosisorCancer
[0.99, 0.01, 0.05, 0.95, 0.5, 0.5, 0.6, 0.4]
Tabla de probabilidad de: XRayResult
[0.75, 0.25, 0.01, 0.99]
Tabla de probabilidad de: Dyspnea
[0.35, 0.65, 0.9, 0.1, 0.1, 0.9, 0.7, 0.3]
Tabla de probabilidad de: Pollution
[0.9, 0.1]
Tabla de probabilidad de: Enphysema
[0.88, 0.12, 0.0, 1.0]
Escribe la variable de consulta: Tuberculosis
Introduzca la/s variable/s de evidencia (use - para negar una
variable): VisittoAsia
Resultado normalizado: [0.014508924173747207, 0.9854910758262528]]
```

## 6. Bibliografía

Información sobre creación de ficheros en formato XMLBIF:

<http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/user/fgcozman/www/Research/InterchangeFormat/>

Ejemplo de red escogido: [http://www.norsys.com/tutorials/netica/secA/tut\\_A1.htm](http://www.norsys.com/tutorials/netica/secA/tut_A1.htm)

Tema 7 Asignatura Inteligencia Artificial: <http://www.cs.us.es/cursos/iais/temas/tema-07.pdf>

Dudas generales sobre conversión de tipos en Python: <http://stackoverflow.com/>

Tutorial sobre la librería usada para la carga del archivo xml (ElementTree):

<https://docs.python.org/2/library/xml.etree.elementtree.html>