

Módulo Practico

Introducción a Redes de Creencia Bayesianas y el programa NETICA

Curso de Posgrado: “Redes Bayesianas para la toma de decisiones para el manejo y conservación de recursos naturales.”

Andrea P. Goijman

goijman.andrea@inta.gob.ar



GTBA

Grupo Transdisciplinario de
Biodiversidad y Agroecosistemas

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Argentina



CONICET

MENDOZA

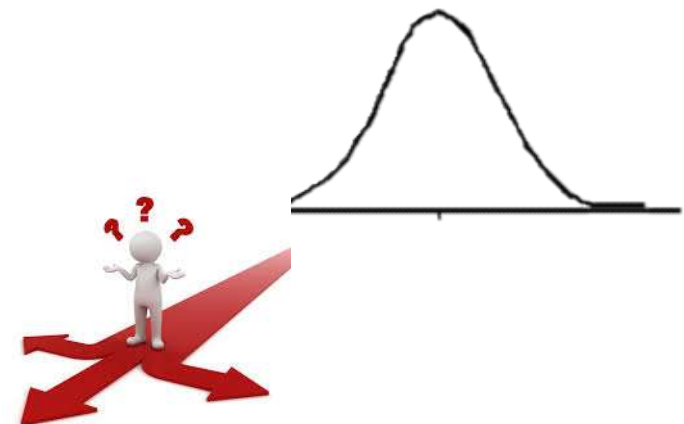
CCT CONICET Mendoza 13 - 17 Mayo 2024

¿Por qué son complejos los problemas de manejo de recursos naturales?

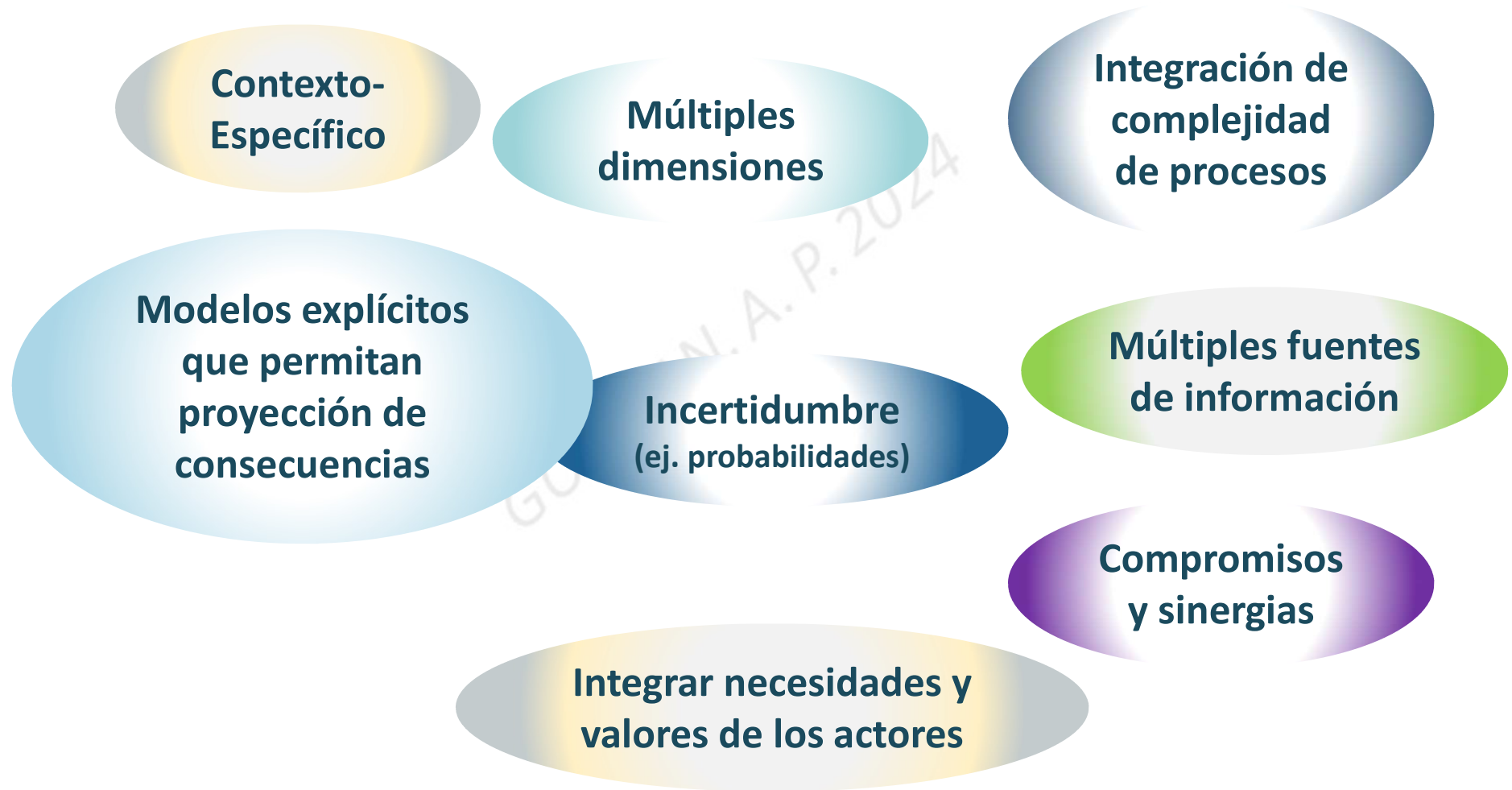
Cuantificación y valoración de procesos de un sistema socio-ecológico

- Variedad de fuentes de información (investigaciones, extrapolaciones, opiniones de expertos y locales – cualitativa y cuantitativa)
- Saber local (falta documentación)
- Valores y necesidades de los actores locales (contexto - dependiente)
- Múltiples fuentes de incertidumbre

Entendimiento de procesos ecológicos (hipótesis)
Variabilidad climática
Mediciones de efectos de prácticas de manejo
Extrapolaciones a mayores escalas
El saber local es fundamental, pero variable
Lingüística



¿Cuál puede ser un enfoque metodológico para abordarlos?



ORIGEN DE INFERENCIA BAYESIANA

Reverendo Thomas Bayes

- Estadístico, filósofo y teólogo del siglo XVIII
Nacido en 1701 (o 1702?) - 1761, Londres (o Hertfordshire?) Inglaterra



LII. *An Essay towards solving a Problem in the Doctrine of Chances. By the late Rev. Mr. Bayes, F. R. S. communicated by Mr. Price, in a Letter to John Canton, A. M. F. R. S.*

Thomas Bayes (1763) publica su hoy famoso teorema o regla.

Bayes dedujo $Pr(A|B) * Pr(B) = Pr(B|A) * Pr(A)$ a partir de las probabilidades de eventos condicionales.

TEOREMA DE BAYES

Probabilidades Condicionales

La probabilidad de un evento dado que sabemos que el otro ejemplo ocurrió

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

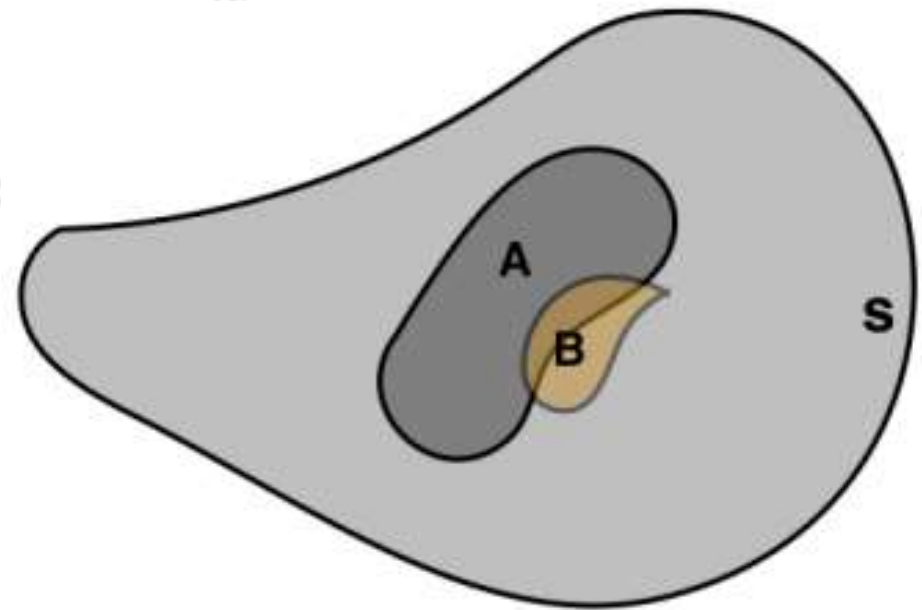
$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)}$$

$$P(A|B) \times P(B) = P(A \cap B)$$

$$P(B|A) \times P(A) = P(A \cap B)$$

$$P(B|A) \times P(A) = P(A|B) \times P(B)$$

$$P(B|A) = \frac{P(A|B) \times P(B)}{P(A)}$$



$$Pr(\text{hipótesis}|\text{datos}) = Pr \frac{(\text{datos}|\text{hipótesis})}{Pr(\text{datos})} * Pr(\text{hipótesis})$$

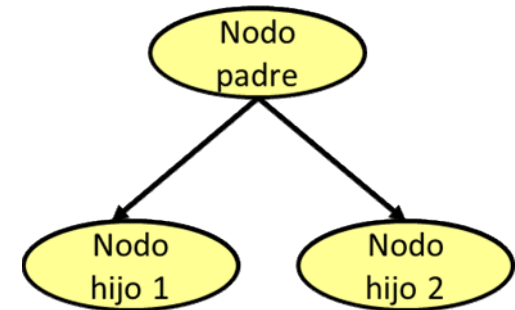
Redes de Creencia Bayesianas

- Modelo gráfico que representa relaciones probabilísticas entre variables.
- Utiliza el **teorema de Bayes** para **actualizar las probabilidades** a medida que se obtiene nueva evidencia, lo que las convierte en una parte integral de los métodos de **inferencia bayesiana**.
- Por lo tanto, reciben su nombre en honor a Thomas Bayes y su trabajo pionero en la teoría de la probabilidad.



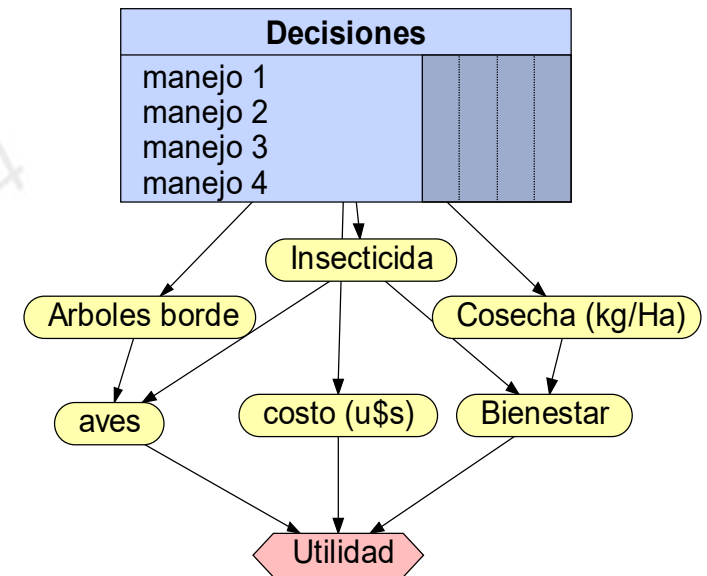
Redes de Creencia Bayesianas

- Se basan en el **concepto de probabilidad condicional**. Estas redes modelan las relaciones probabilísticas entre variables utilizando gráficos dirigidos acíclicos (DAG).
- La probabilidad condicional es fundamental en las redes bayesianas porque cada **nodo** representa una **variable aleatoria** que está condicionada por sus **nodos padres**.
- La probabilidad condicional se utiliza para expresar la probabilidad de que un nodo tome un valor dado sus nodos padres.
- Las redes bayesianas utilizan la probabilidad condicional para modelar cómo las variables aleatorias dependen unas de otras en un **contexto probabilístico**.



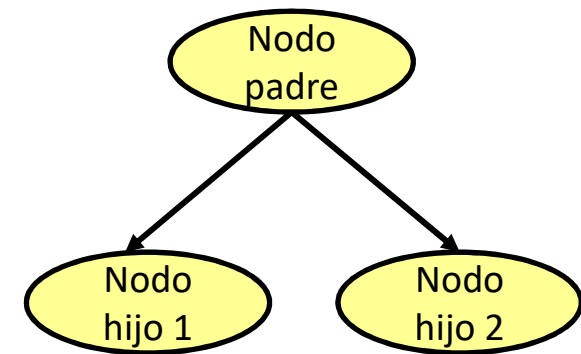
Redes de Creencia Bayesianas

- Modelos gráficos **direccionados**, de relaciones causa-efecto entre variables aleatorias (DAG).
- Permiten la evaluación de compromisos y sinergias entre variables
- Cálculo de **probabilidades condicionales** y manejo de incertidumbre
- Integra información cualitativa y cuantitativa



Redes de Creencia Bayesianas

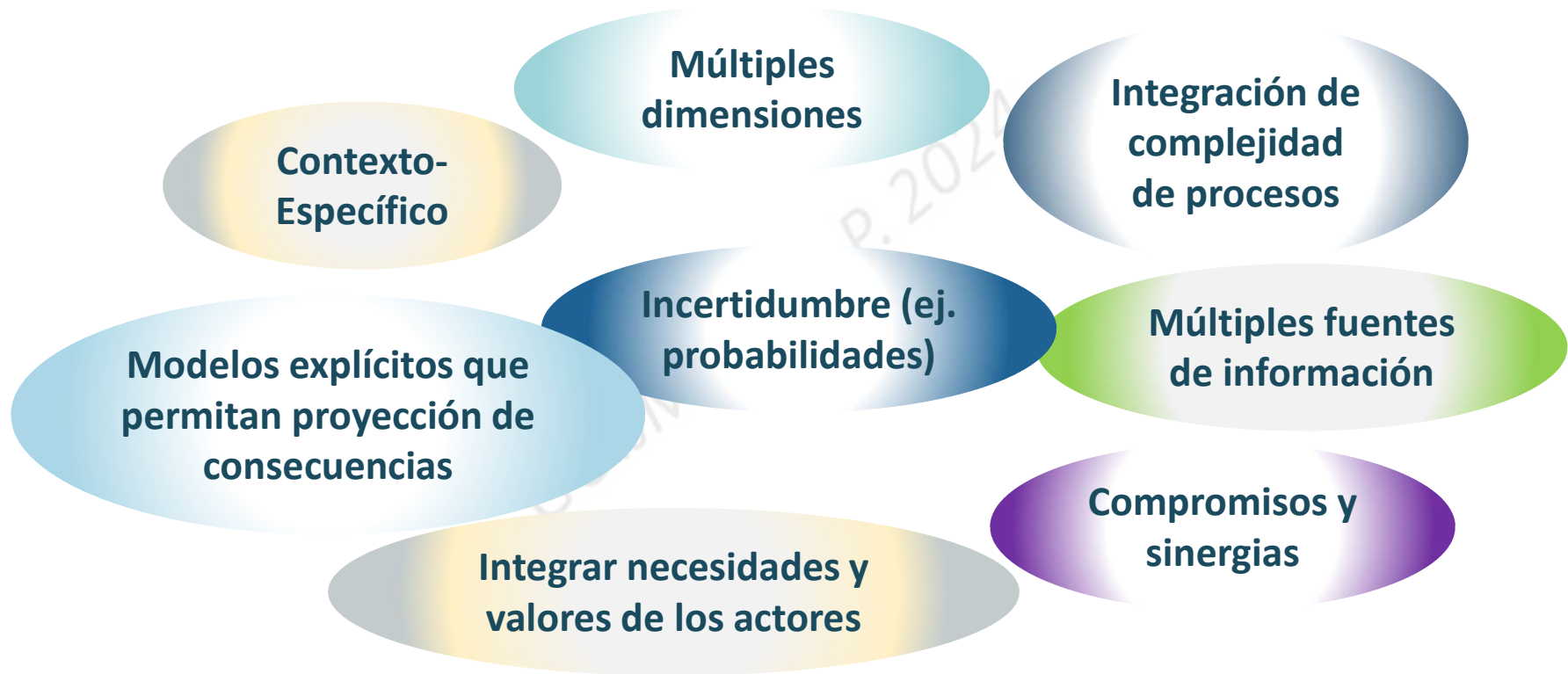
- Dependencia direccionada de las **variables** (**nodos** padres e hijos) indicadas con flechas y cuantificadas con tablas de probabilidad condicional (TPCs)
- Acíclico (Un nodo no puede influenciarse a sí mismo)



(TPCs)

Node:	Nodo_hijo2	Apply	0
Chance	% Probability	Reset	Close
Nodo_padre	bajo	medio	alto
bajo			
medio			
alto			

Redes de Creencia Bayesianas



Redes de Creencia Bayesianas



Cuándo utilizar las Redes Bayesianas

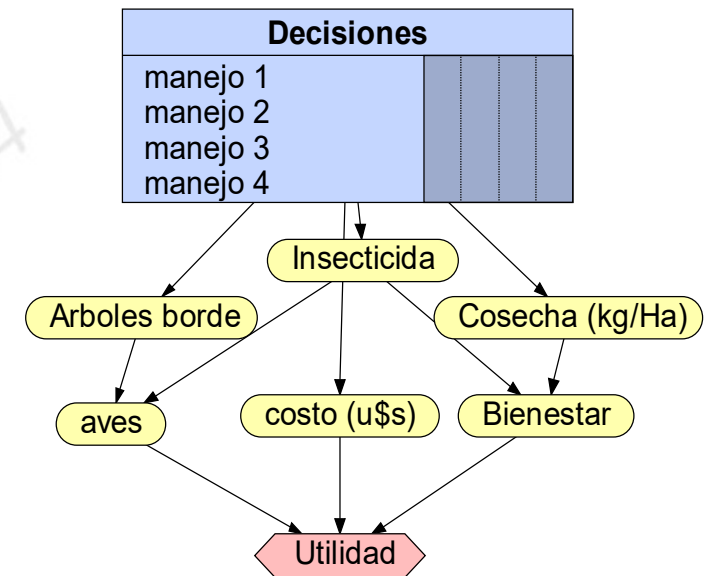
- *algunos requisitos clave* -

- Las **variables** y eventos del problema deben estar **bien definidas**.
- Conocer las **relaciones causales entre variables**, las **probabilidades condicionales para cuantificarlas** y las utilidades asociadas con las decisiones alternativas (cuando están presentes)
- **Incertidumbre** asociada con al menos algunas de las relaciones entre variables.

(Kjærulff & Madsen, 2008)

Diagramas de influencia

- Las RB pueden o no ser un **diagrama de influencia**
- DI es un modelo conceptual que conecta acciones con objetivos
- GRAFICAMENTE muestra las principales relaciones causales entre variables de importancia para el manejador.
- DI puede ser solo conceptual.
- Si la RB tiene **nodos de decision y utilidad**, es un DI



Pasos básicos para el armado de una RB

- Una red probabilística consiste en dos componentes: Estructura y parámetros [i.e., probabilidades condicionales y utilidades (estados de preferencia)].
- La estructura es referida como la parte **CUALITATIVA** (o red conceptual - RC), mientras que los parámetros son referidos como la parte **CUANTITATIVA**.
- Como los parámetros de un modelo son determinados por su estructura, el proceso de construcción de un modelo tiene dos etapas consecutivas:
 - 1ero las variables y las relaciones causales entre variables son identificadas, proveyendo la parte CUALITATIVA del modelo
 - 2do una vez que la RC fue determinada a través de un proceso iterativo (evaluando las variables, independencia condicional, dirección de las conexiones), los valores de los parámetros son elicitados.

Armado de una red conceptual

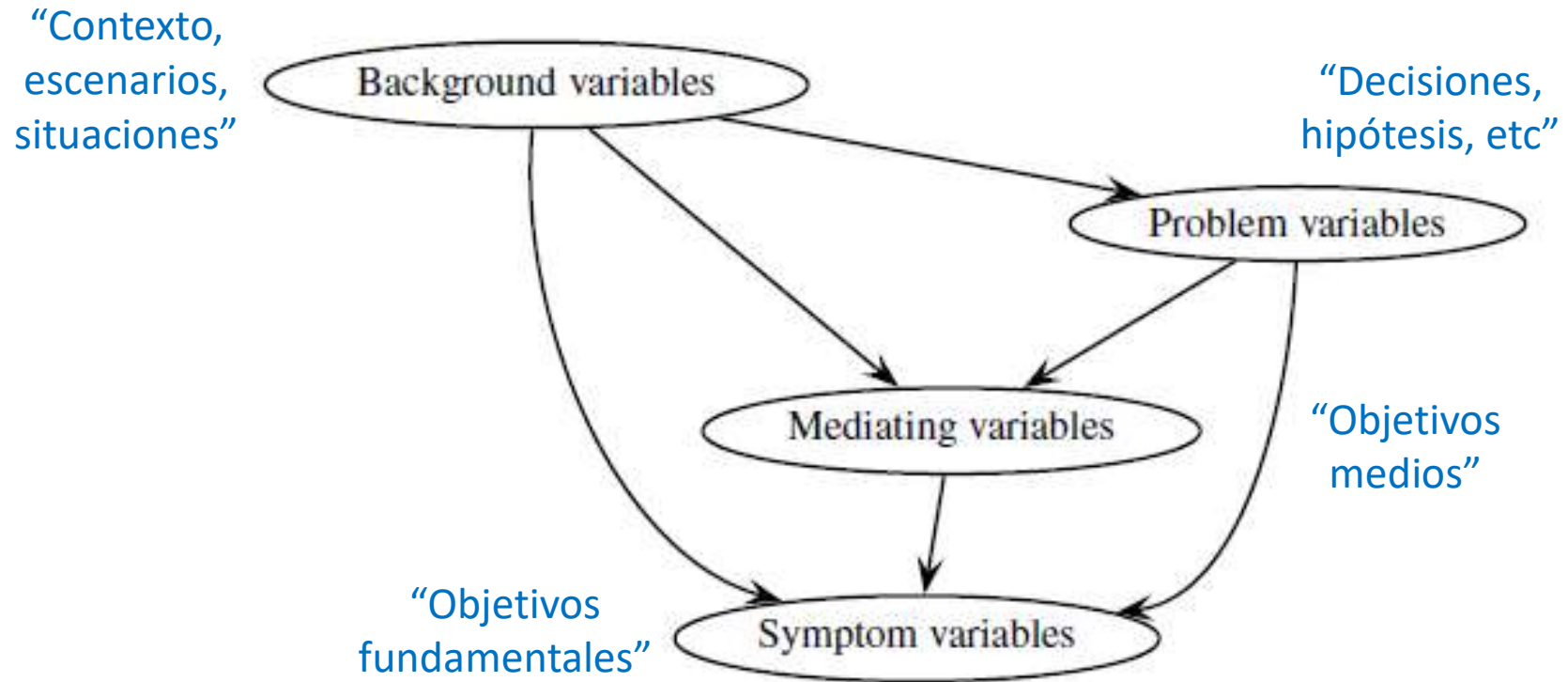


Fig. 6.3 Typical overall causal structure of a probabilistic network

Uso de RB en modelado ambiental

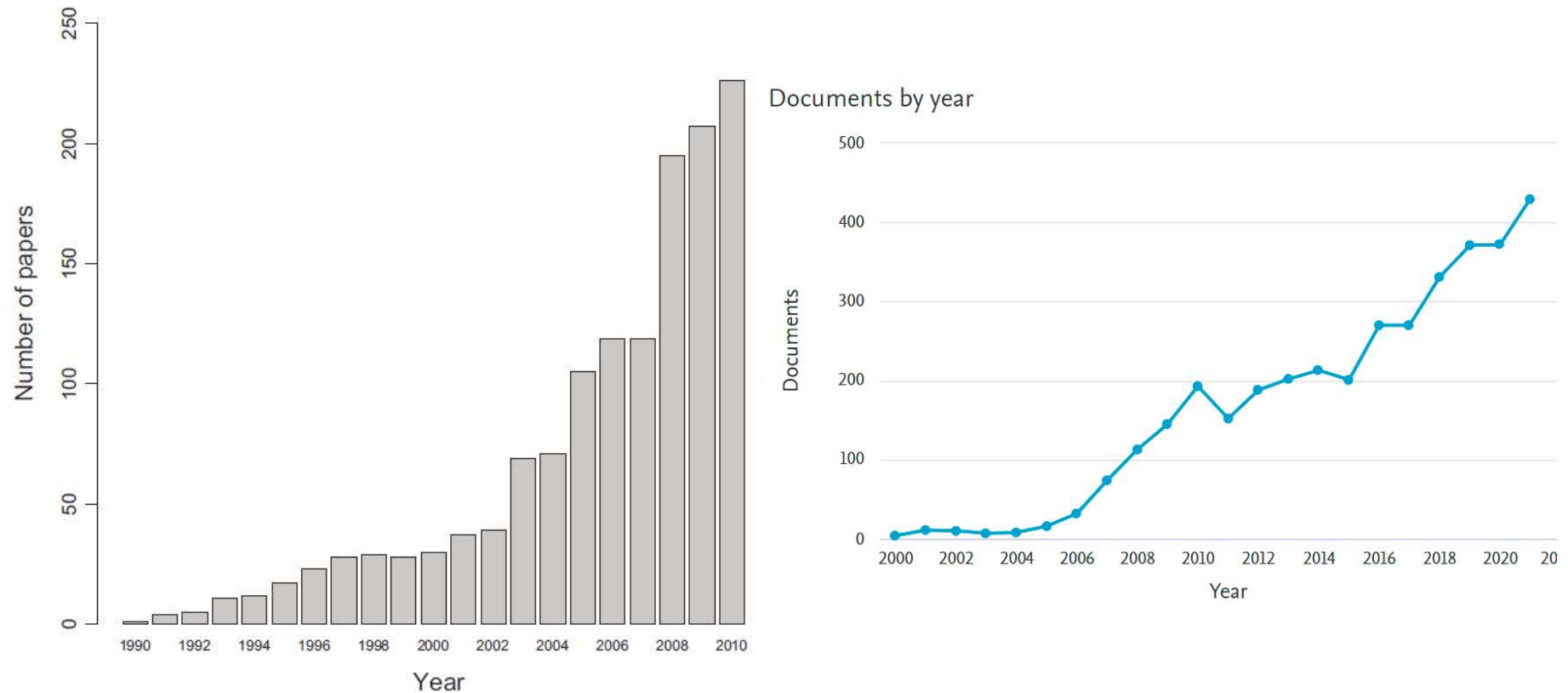


Fig. 3. Bayesian networks publications in the last two decades.

(Aguilera et al. 2011)

- Evaluación de compromisos (SE, productividad vs conservación, uso de la tierra, etc)
- Incorporar incertidumbre asociada a sistemas naturales y sociales
- Integra nuevas variables o estados. Permite explorar distintos escenarios y opciones alternativas
- Acomodan impactos de creencias y preferencias en el proceso de decisión, uniendo diversas fuentes de evidencia Integra información cualitativa y cuantitativa
- Representación grafica es útil cuando se quiere facilitar el trabajo con actores, especialmente no profesionales (pero no exclusivo)

(Aguilera et al. 2011)

Netica

Netica (www.norsys.com/netica.html)

Redes de Creencias Bayesianas (BBN)

- Una representación gráfica de problemas de decisión
- Permite la actualización Bayesiana
- Incorpora incertidumbre
- Calcula el valor esperado de cada decisión

NORSYS
SOFTWARE CORP.

Netica™ Application

A Complete Software Package to Solve Problems Using Bayesian Belief Networks and Influence Diagrams

Home
Products
Netica
Netica API
Net Library
Download Files
Order Form
Mailing List
Contact Us
Site Map
Netica Help

Download Netica
Overview
Features
Price
Free Version

Genetics of Mendel's Peas

Node Styles

SATISFACTION OR FORTUNE

- + Getting Started
- + Probabilistic Inference
- + Creating Bayes Nets
- + Node Properties
- + Node Tables
- + Cases and Case Files
- + Learning From Cases
- + Decision Nets
- + Display Style and Printing
- + Reports and Data Linking
- + Equations
- + Special Topics
- + In The Works
- + Reference

Welcome to Netica's Help System

This onscreen help system has a number of buttons and styles to facilitate its use.

Toolbar Buttons: Click on these navigation icons to scroll through the pages:



Show

Opens Table of Contents and Index



Next

Takes you to the next page in the browse sequence



Previous

Takes you to the previous page in the browse sequence



Back

Takes you to the last page you visited

If you are using an [online version of onscreen help](#), you can use the Back button in your browser to return to the previous page. The online version works best under Internet Explorer or Firefox.

Styles: We recommend becoming familiar with these hyper-link styles.

popup link = opens popup text on your screen

Encyclopedia link = takes you to an Encyclopedia page

general link = takes you to another page within the help system

web link = opens a web browser page or enables e-mail

Problema

Necesidad de proveer recomendaciones de manejo para producir soja integrando la conservación de aves, con los valores y necesidades de productores agrícolas en el departamento Paraná, Entre Ríos.



OBJETIVOS

GOIJMAN, A. P. 2024

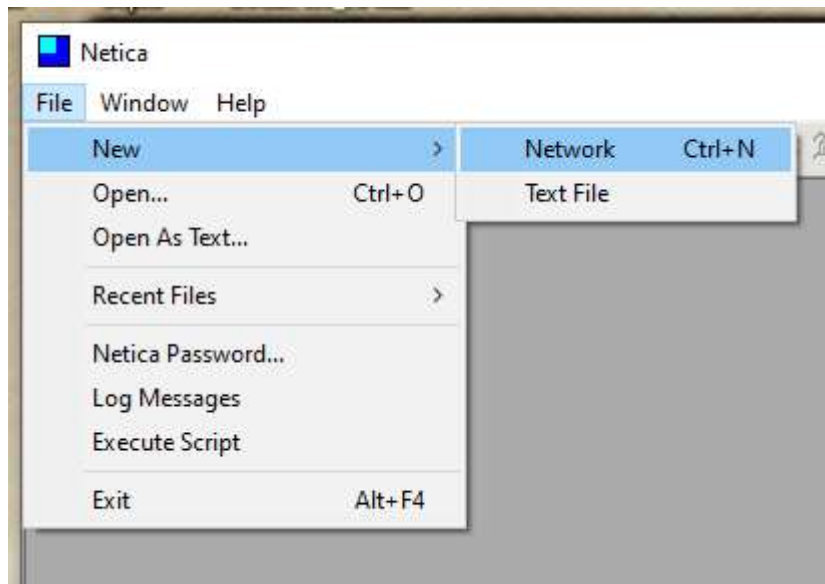
Objetivos


Fundamentales

1. Maximizar bienestar de productores
2. Maximizar presencia aves insectívoras
3. Minimizar costos de manejo

GOIJMAN, A. P. 2024

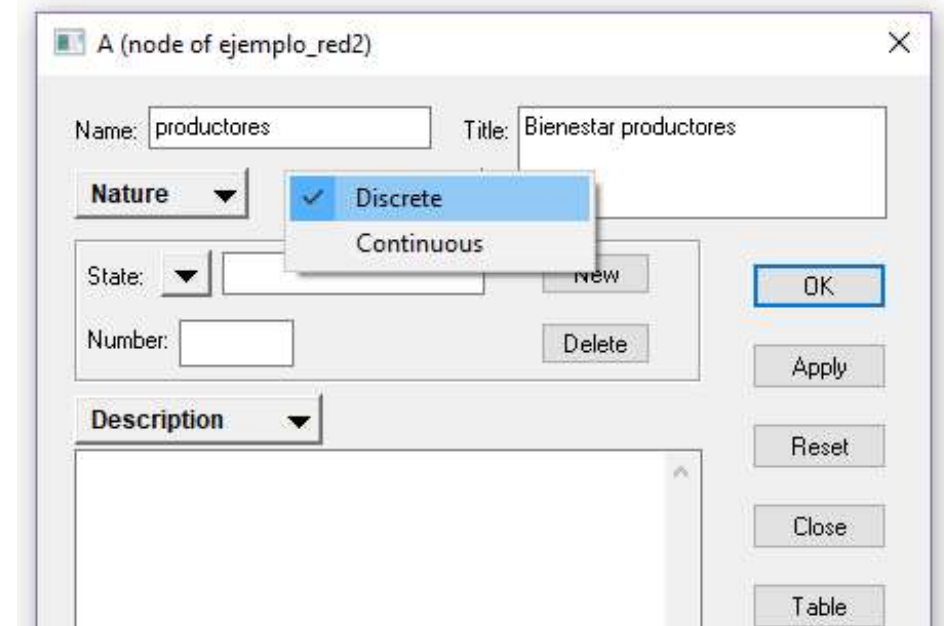
Construyendo una red usando Netica



- Agregar un nodo de variable (“nature node”) para cada uno de los objetivos (circulo amarillo) 
- Modificar las propiedades de cada nodo (doble clic en el nodo)

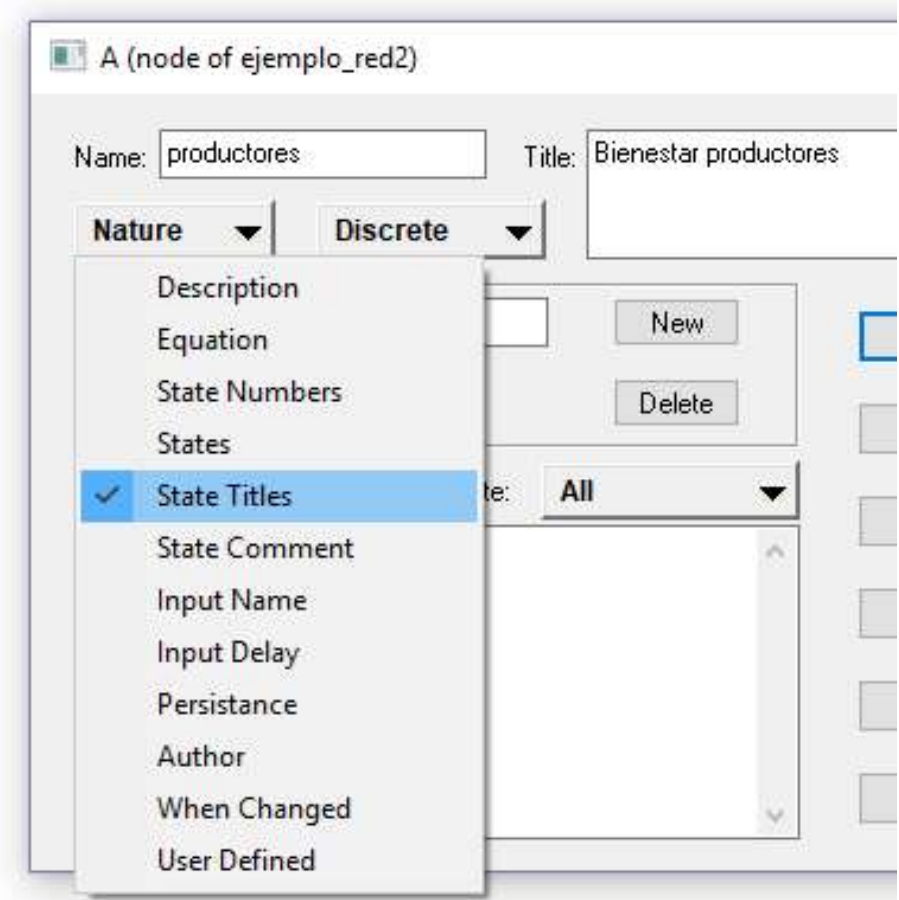
A	
state0	100

- **Name:** sencillo y sin espacios
- **Title:** más descriptivo (no obligatorio)
- Variable “discreta” o “continua”
- Menu “Description”: En el espacio Blanco bajo **Description**, pueden Hacerse aclaraciones



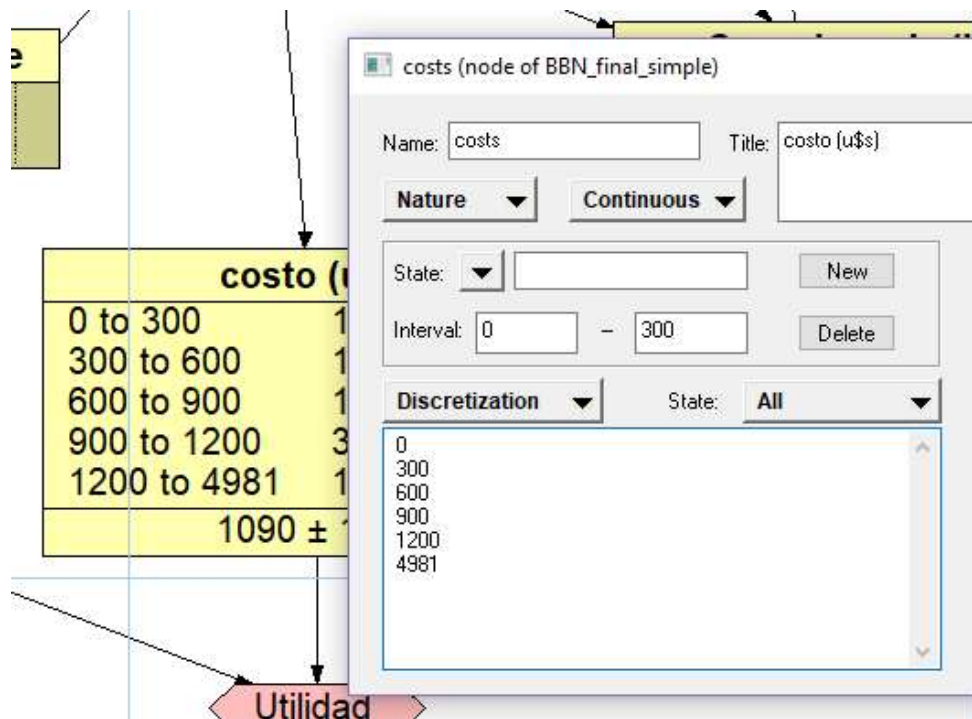
Para un nodo DISCRETO

- **States:** Nombre corto y sin espacios de cada estado (Ej. “bajo”, “medio”, “alto”)
- **State Titles:** Nombre de cada estado (*opcional*)
- **Equation:** Va a depender de los nodos “PADRES” y puede ser una probabilidad condicional o una ecuación.
- **State numbers:** Es el valor numérico de cada estado (*fundamental si ese nodo va a ser utilizado en la ecuación de un nodo HIJO*)



Para un nodo CONTINUO

- **Discretization** (*en lugar de State numbers*): Intervalos numéricos de una variable continua. Tener en cuenta el número de intervalos para definir el número de estados.



The screenshot shows the configuration for a node named 'A (node of ejemplo_red2)'. The node is set to 'Continuous' nature. The 'Description' property is selected, and a list of properties is shown:

- ✓ Description
- Equation
- Discretization
- States
- State Titles
- State Comment
- Input Name
- Input Delay
- Persistence
- Author
- When Changed
- User Defined

Agregar objetivos...

Discreto

aves	
bajo	25.0
mediobajo	25.0
medio	25.0
alto	25.0

Continuo

costo (u\$s)	
0 to 300	20.0
300 to 600	20.0
600 to 900	20.0
900 to 1200	20.0
1200 to 4981	20.0

Continuo

Bienestar	
bajo	25.0
mediobajo	25.0
medio	25.0
alto	25.0

costs (node of BBN_simple2)

Name: costs Title: costo (u\$s)

Nature Continuous

State: [] New

Interval: 0 - 300 Delete

Discretization State: All

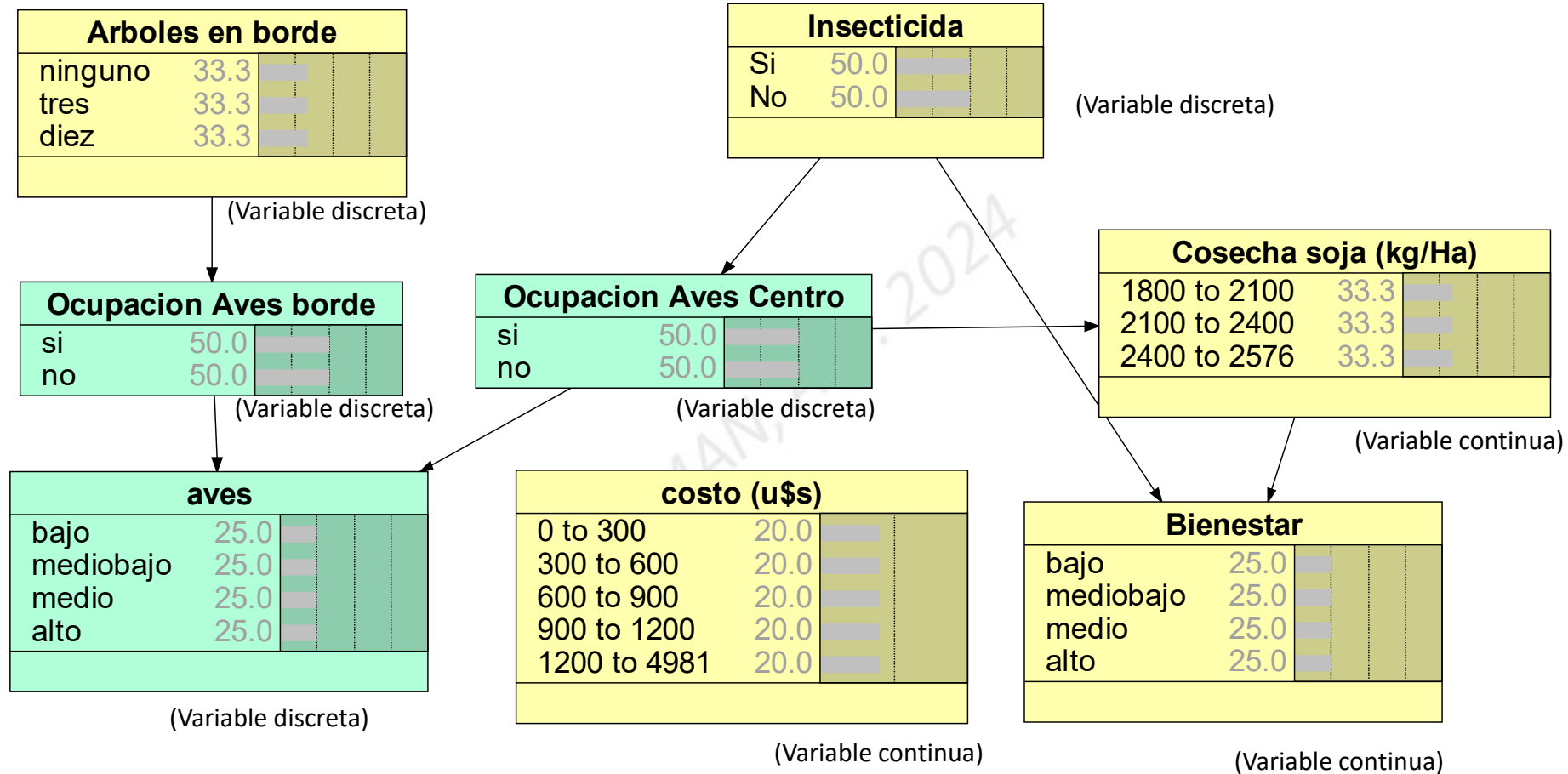
300
600
900
1200
4981

OK
Apply
Reset
Close
Table
Help

Objetivos medios

1. Maximizar bienestar de productores
 - Maximizar rendimiento soja
 - Minimizar contaminación x insecticidas
2. Maximizar presencia aves insectívoras
 - Aves en centro
 - Aves en bordes
 - Aumentar vegetación en bordes
3. Minimizar costos de manejo

Armar jerarquía de objetivos



Continuar agregando objetivos medios

Construimos una jerarquía de objetivos

GOIJMAN, A. 2024

ALTERNATIVAS

GOIJMAN, A. P. 2024

Alternativas - ¿Qué hacemos y cómo?

1. Árboles nativos en bordes (¿plantar? ¿cuidar? ¿no manejar?)
2. Minimizar insecticidas

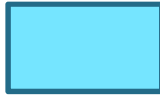
Combinaciones de los niveles

Tabla 1. Alternativas de decisión para alcanzar máxima ocupación de aves y bienestar de productores locales, minimizando costos en Entre Ríos, Argentina. Las alternativas son una combinación de implementar una franja de vegetación en el lote, aplicaciones de insecticidas y cómo manejar los árboles nativos en los bordes de los campos de cultivo. Ver texto para más detalles.

Decisión	Franja de vegetación	Bordes/Árboles	Insecticidas
1	Si	Dejar	Reducir
2	Si	Plantar	Reducir
3	Si	Mantener	Reducir
4	No	Dejar	Reducir
5	No	Plantar	Reducir
6	No	Mantener	Reducir
7	Si	Dejar	Igual
8	Si	Plantar	Igual
9	Si	Mantener	Igual
10*	No	Dejar	Igual
11	No	Plantar	Igual
12	No	Mantener	Igual

(*) Indica la alternativa de "no hacer nada".

Agregar nodo de decisión



D

D (node of BBN_simple2)

Name: Title:

State:

Number:

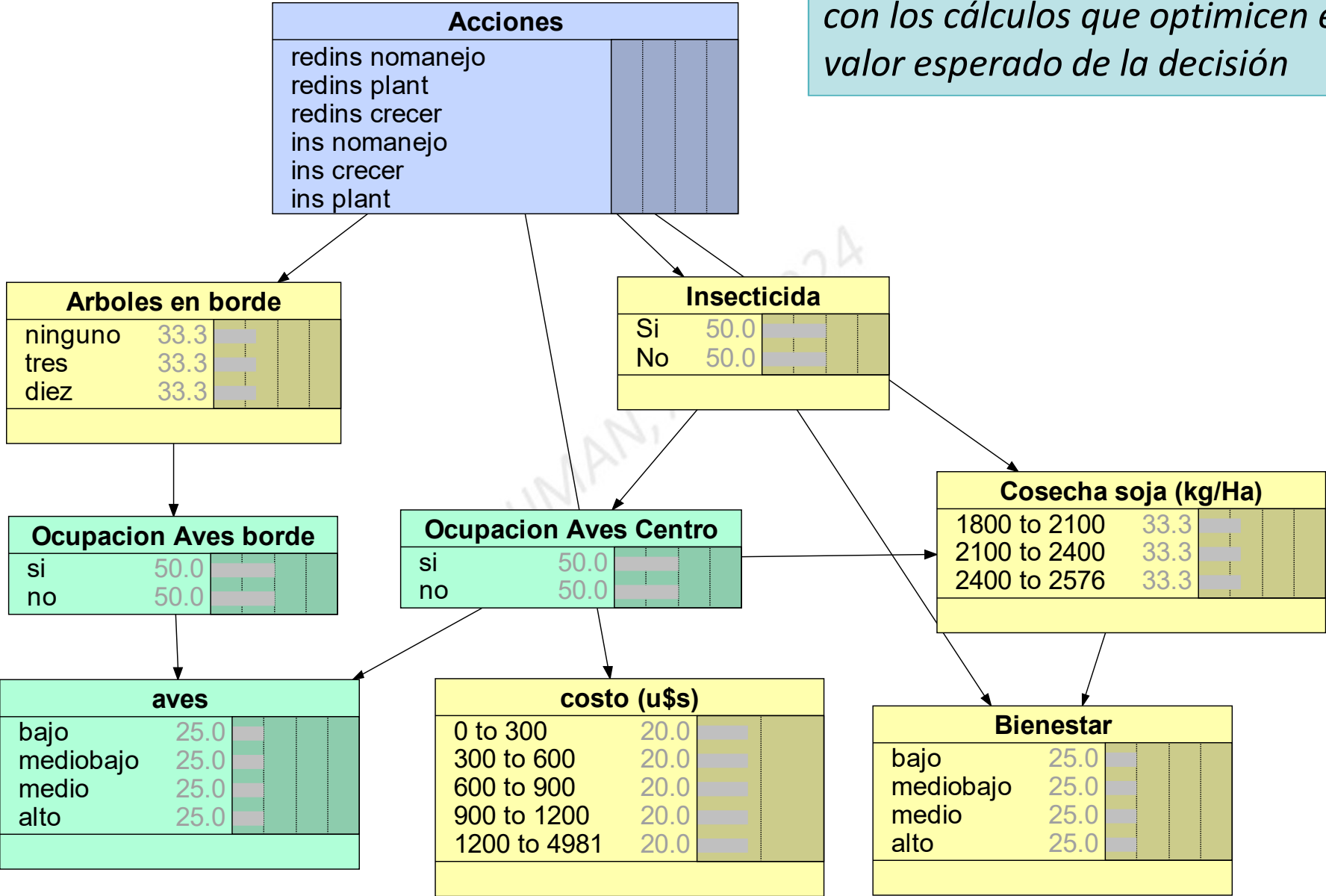
State:

redins_nomanejo
redins_plant
redins_crecer
ins_nomanejo
ins_crecer
ins_plant

IMPORTANTE!!

*Sólo en redes de
decisión va a haber
un nodo de decisión
(diagramas de
influencia)*

Quando se resuelve la red, se encuentra una regla de decisión con los cálculos que optimicen el valor esperado de la decisión



CONSECUENCIAS

GOIJMAN, A. P. 2024

Tablas de probabilidad condicional (CPT)

Agregamos consecuencias

- 1) “A mano”: valores ingresados manualmente

Acciones			
redins nomanejo			
redins plant			
redins crecer			
ins nomanejo			
ins crecer			
ins plant			

Arboles en borde			
ninguno	24.7		
tres	36.0		
diez	39.3		

Netica - [Narbol Table (in Bayes net BBN_final_simple)]

File Edit Table Window Help

Node: **Narbol** Apply OK

Chance % Probability Reset Close

Acciones	ninguno	tres	diez
redins nomanejo	70	29	1
redins plant	1	9	90
redins crecer	3	70	27
ins nomanejo	70	29	1
ins crecer	3	70	27
ins plant	1	9	90

Narbol (node of BBN_final_simple)

Name: Narbol Title: Arboles en borde

Nature Discrete

State: ninguno New OK

Number: 0 Delete Apply

Description

Reset Close

Table Help

Netica - [ins2 Table (in Bayes net BBN_final_sin

File Edit Table Window Help

Node: **ins2**

Deterministic Function

Acciones	Insecticida
redins nomanejo	No
redins plant	No
redins crecer	No
ins nomanejo	Si
ins crecer	Si
ins plant	Si

Netica - [costs Table (in Bayes net BBN_final_sin

File Edit Table Window Help

Node: **costs**

Deterministic Function

Acciones	costo (u\$s)
redins nomanejo	0 to 300
redins plant	900 to 1200
redins crecer	300 to 600
ins nomanejo	600 to 900
ins crecer	900 to 1200
ins plant	1200 to 4981

Netica - [cosecha Table (in Bayes net BBN_final_simple)

File Edit Table Window Help

Node: **cosecha**

Chance % Probability

Apply OK

Reset Close

Ocupacion Aves Centro	Acciones	1800 to 2100	2100 to 2400	2400 to 2576
si	redins nomanejo	60	25	15
si	redins plant	65	25	10
si	redins crecer	70	25	5
si	ins nomanejo	15	10	75
si	ins crecer	10	10	80
si	ins plant	5	10	85
no	redins nomanejo	90	5	5
no	redins plant	85	5	10
no	redins crecer	80	5	15
no	ins nomanejo	30	10	60
no	ins crecer	25	10	65
no	ins plant	20	10	70

ca

dit Layout Modify Table Network Cases Report Style Window Help



BBN_final_completo.dne +

Porcentaje borde a manejar		pagar
25%	25.0	34.0
50%	25.0	33.0
75%	25.0	33.0
100%	25.0	33.0
0.625 ± 0.28		0.495 ± 0.41

Distancia		
0 to 100	45.4	
300 to 500	15.7	
500 to 800	17.3	
other-	21.6	
439 ± 430		

Ocupación Aves borde		
si	72.2	
no	27.8	

No efecto	.001	
Grupo aves	0 +	
rbol	57.8	
Grupo y rbol	42.2	
Bosque	.001	

Modo		
No efecto		
Tamaño cam		
Insecticida	0 +	
Grupo aves	.055	
Bosque	17.6	
Flor	0 +	

aves		
low	8.70	
low-med	17.5	
medium	19.1	
high-med	5.06	
high	49.6	
1.58 ± 0.94		

costo (u\$s)		
100 to 200	25.8	
200 to 300	22.8	
300 to 400	20.5	
400 to 600	14.1	
600 to 800	5.21	
other-	11.6	
376 ± 370		

- Network
- Custom Report...
- Equations
- CPT Tables
- Node Sets
- Findings (Case)
- Beliefs
- Links to Paste in Excel
- List of Selected
- Elimination Order
- Junction Tree
- ✓ To Messages Window
- ✓ Copy to Clipboard
- To File...
- ✓ Include Names
- Horizontal Format
- ✓ Tab Separators
- Append to File

Podemos pasarlo a Excel para llenar y pegar desde ahí

- Network
- Custom Report...
- Equations
- CPT Tables
- Node Sets
- Findings (Case)
- Beliefs
- Links to Paste in Excel

Ctrl + v en una hoja de Excel

De esta manera podemos llenar las tablas en Excel e ir guardando para luego copiar

Barra de fórmulas														
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
costs:														
0 to 100	100 to 200	200 to 300	300 to 400	400 to 600	600 to 800	800 to 1000	1000 to 2000	2000 to 4981	ins	decision	size	tree1	percent	manage
0	0.8	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		0 nothing	2%	
0.1	0.6	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		0 nothing	5%	
0.2	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		0 nothing	7%	
0	0.9	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		0 nothing	10%	
0.1	0.7	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		0 half	2%	
0	0.9	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		0 half	5%	
0.1	0.8	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		0 half	7%	
0.3	0.6	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		0 half	10%	
0.1	0.8	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		0 whole	2%	
0.1	0.7	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		0 whole	5%	
0.1	0.7	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		0 whole	7%	
0.1	0.8	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		0 whole	10%	
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		1 nothing	2%	
0.1	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		1 nothing	5%	
0.1	0.7	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		1 nothing	7%	
0	0.8	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		1 nothing	10%	
0.1	0.8	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		1 half	2%	
0.2	0.6	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		1 half	5%	
0.2	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		1 half	7%	
0.2	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		1 half	10%	
0.1	0.8	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		1 whole	2%	
0	0.8	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		1 whole	5%	
0.2	0.6	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		1 whole	7%	
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		1 whole	10%	
0.1	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0 franja_rins_c4 to 15		3 nothing	2%	

Ecuaciones – consideraciones generales

- Siguen los standards comunes de ecuaciones matemáticas, y son similares a la programación en Java, C or C++.
- Algunos operadores y funciones más comunes +, -, *, /, min, abs, sin, etc.
- Se usan paréntesis para agrupar.

```
X (Vel, dt, sigma) = ...
```

- La parte de la ecuación a la izquierda del “igual” consiste en el **nombre del nodo** y en () una lista de los **nodos padres**
- **Errores:** Si hay algún error de sintaxis, Netica va a dar un alerta con el mensaje de error (se puede mover la caja de alerta y clicar el título de la caja de propiedades del nodo. De esta manera el cursor se ubicará donde se encuentre el error).
- **Comentarios:** todo entre puede ser un comentario /* y */ o // al final de la línea.

Ecuaciones

- Escribir ecuación en las propiedades del nodo

$$\text{bienestar}(\text{cosecha}, \text{ins2}) = ((\text{cosecha} - 1800) / (2576 - 1800)) * 0.6 - \text{ins2} * 0.04$$

- Cerrar
- **Click en Equation To Table**
- Chequeo que la Tabla este completa

Estandarizo el valor para que sea comparable con “ins” y hago un promedio ponderado

Node: **bienestar** Apply OK

Chance ▼ % Probability ▼ Reset Close

Cosecha soja (kg/Ha)	Insecticida	bajo	mediob...	medio	alto
1800 to 2100	Si	99.701	0.0996	0.0996	0.0996
1800 to 2100	No	0.0996	40.239	59.562	0.0996
2100 to 2400	Si	99.701	0.0996	0.0996	0.0996
2100 to 2400	No	0.0996	0.0996	74.402	25.398
2400 to 2576	Si	99.701	0.0996	0.0996	0.0996
2400 to 2576	No	0.0996	0.0996	0.0996	99.701

bienestar (node of BBN_final_simple)

Name: **bienestar** Title: **Bienestar**

Nature ▼ Continuous ▼

State: ▼ New

Interval: - Delete

Equation ▼

$$\text{bienestar}(\text{cosecha}, \text{ins2}) = ((\text{cosecha} - 1800) / (2576 - 1800)) * 0.6 - \text{ins2} * 0.04$$

OK Apply Reset Close **Table** Help

IMPORTANTE!!

Como el resultado de este nodo es numérico, tengo que ponerle valores a cada estado!!

Bienestar	
bajo	49.9
mediobajo	13.7
medio	28.0
alto	8.32
-0.943 ± 1.4	

- Escribir ecuación en las propiedades del nodo

bienestar (cosecha, ins2) =
((cosecha-1800)/(2576-1800))*0.6 - ins2*0.4

bienestar (node of BBN_final_simple)

Name: bienestar Title: Bienestar

Nature: Continuous

State: [dropdown] New [button]

Interval: -3.999538 - -0.2 Delete [button]

Discretization [tab selected]

State: All [dropdown]

-3.999538850304076
-0.2
0.1
0.4
0.6

OK [button]
Apply [button]
Reset [button]
Close [button]
Table [button]

Ecuaciones CONDICIONALES determinísticas

- Escribir ecuación en las propiedades del nodo

```
birds (acenter, avesborde) =  
((avesborde==no) && (acenter==yes))?1:  
((avesborde==yes) && (acenter==no))?2:  
((avesborde==yes) && (acenter==yes))?3:0
```

- Cerrar
- **Click en Equation To Table**
- Chequeo que la Tabla este completa

State Numbers ▼
0
1
2
3

Node: **birds** Apply OK

Deterministic **Function** Reset Close

Ocupacion Aves Centro	Ocupacion Aves borde	aves
si	si	alto
si	no	mediobajo
no	si	medio
no	no	bajo

birds (node of BBN_final_simple) ×

Name: **birds** Title: **aves**

Nature **Discrete**

State: ▼ New

Number: **0** Delete

Equation ▼

```
birds (acenter, avesborde) =  
((avesborde==no) && (acenter==yes))?1:  
((avesborde==yes) && (acenter==no))?2:  
((avesborde==yes) && (acenter==yes))?3:  
0
```

OK Apply Reset Close Table Help

Ecuaciones CONDICIONALES determinísticas

```
birds (acenter, avesborde) =  
((avesborde==no) && (acenter==yes))?1:  
((avesborde==yes) && (acenter==no))?2:  
((avesborde==yes) && (acenter==yes))?3:0
```

Simbología

(avesborde==no)	Si "avesborde" es no
&&	y
(avescentro==si)	Si "avescentro" es si
?	entonces
1	el Resultado es
:	sino
0	el resto es 0

State Numbers
0
1
2
3

Netica - [birds Table (in Bayes net BBN_final_simple)]

File Edit Table Window Help

Node: birds Apply OK

Deterministic Function Reset Close

Ocupacion Aves Centro	Ocupacion Aves borde	aves
si	si	alto
si	no	mediobajo
no	si	medio
no	no	bajo

birds (node of BBN_final_simple)

Name: birds Title: aves

Nature Discrete

State: New OK

Number: 0 Delete Apply

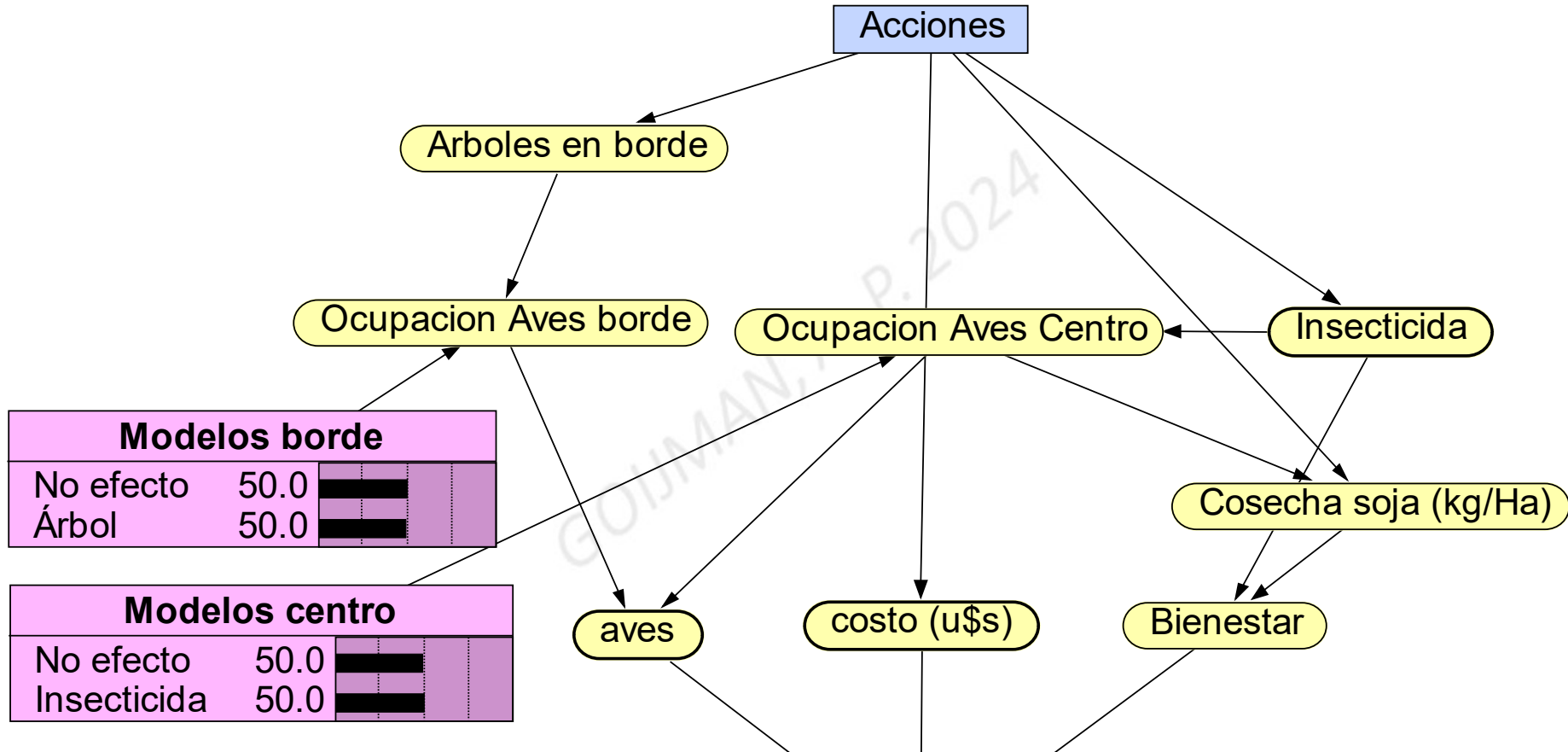
Equation

```
birds (acenter, avesborde) =  
((avesborde==no) && (acenter==yes))?1:  
((avesborde==yes) && (acenter==no))?2:  
((avesborde==yes) && (acenter==yes))?3:  
0
```

Table Help

Ecuaciones CONDICIONALES probabilísticas

- Ej. Se incorpora la incertidumbre (Ej. Incertidumbre estructural, Hipótesis)



Ecuaciones PROBABILÍSTICAS

- Escribir ecuación en las propiedades del nodo

```
p (X | Y1, Y2) =  
Y1==STATE1Y1? (X== STATE1X? funcion1:funcion2):  
Y1==STATE2Y1? (X== STATE1X? funcion3:funcion3*Y2):  
0
```

```
p (acenter | modelcent, ins2) =  
modelcent==No_efecto? (acenter==yes? 1/(1+exp(-2.74)): 1-(1/(1+exp(-2.74)))):  
modelcent==Insecticida? (acenter==yes? 1/(1+exp(-1.873+0.99*ins2)):1-(1/(1+exp(-  
1.873+0.99*ins2))))  
:0
```

Node: **acenter** Apply OK

Chance ▼ % Probability ▼ Reset Close

Modelos centro	Insecticida	si	no
No efecto	Si	93.935	6.065
No efecto	No	93.935	6.065
Insecticida	Si	70.744	29.256
Insecticida	No	86.681	13.319

Ecuaciones PROBABILÍSTICAS

- Escribir ecuación en las propiedades del nodo

```
p (X | Y1, Y2) =  
Y1==STATE1Y1? (X== STATE1X? funcion1:funcion2):  
Y1==STATE2Y1? (X== STATE1X? funcion3:funcion3*Y2):  
0
```

```
p (acenter | modelcent, ins2) =  
modelcent==No efecto? (acenter==yes? 1/(1+exp(-2.74)): 1-(1/(1+exp(-2.74)))):  
modelcent==Insecticida? (acenter==yes? 1/(1+exp(-1.873+0.99*ins2)):1-(1/(1+exp(-  
1.873+0.99*ins2))))  
:0
```

Node: **acenter** Apply OK

Chance ▼ % Probability ▼ Reset Close

Modelos centro	Insecticida	si	no
No efecto	Si	93.935	6.065
No efecto	No	93.935	6.065
Insecticida	Si	70.744	29.256
Insecticida	No	86.681	13.319

Ecuaciones PROBABILÍSTICAS condicionales

- Escribir ecuación en las propiedades del nodo

```
p (X | Y1, Y2) =  
Y1==STATE1Y1? (X== STATE1X? funcion1:funcion2):  
Y1==STATE2Y1? (X== STATE1X? funcion3:funcion3*Y2):  
0
```

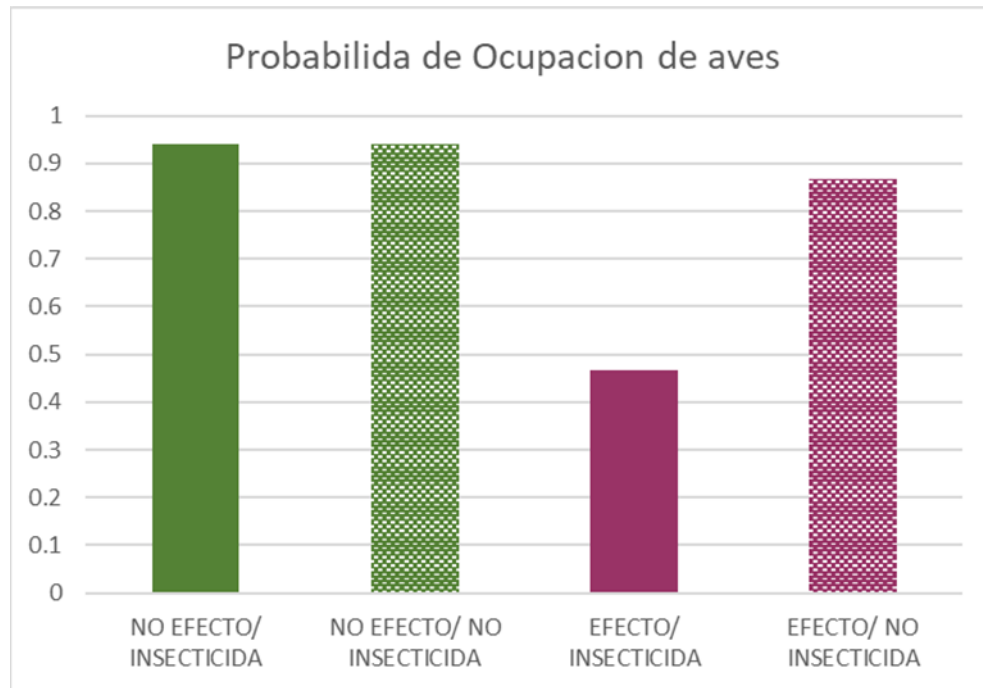
```
p (acenter | modelcent, ins2) =  
modelcent==No_efecto? (acenter==yes? 1/(1+exp(-2.74)): 1-(1/(1+exp(-2.74)))):  
modelcent==Insecticida? (acenter==yes? 1/(1+exp(-1.873+0.99*ins2)):1-(1/(1+exp(-  
1.873+0.99*ins2))))  
:0
```

Node: **acenter** Apply OK

Chance ▼ % Probability ▼ Reset Close

Modelos centro	Insecticida	si	no
No efecto	Si	93.935	6.065
No efecto	No	93.935	6.065
Insecticida	Si	70.744	29.256
Insecticida	No	86.681	13.319

Ecuaciones PROBABILÍSTICAS



Netica - [acenter Table (in Bayes net BBN_final_simple)]

File Edit Table Window Help

Node: **acenter** Apply OK

Chance % Probability Reset Close

Modelos centro	Insecticida	si	no
No efecto	Si	93.935	6.065
No efecto	No	93.935	6.065
Insecticida	Si	70.744	29.256
Insecticida	No	86.681	13.319

acenter (node of BBN_final_simple)

Name: acenter Title: Ocupacion Aves Centro

Nature Discrete

State: yes New

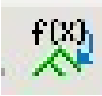
Number: Delete

Equation

```
p (acenter | modelcent, ins2) =
modelcent==No_efecto? (acenter==yes? 1/(1+exp(-2.74)):
modelcent==Insecticida? (acenter==yes? 1/(1+exp(-1.873+
:0
```

OK Apply Reset Close Table Help

Ecuaciones PROBABILÍSTICAS condicionales

- Escribir ecuación en las propiedades del nodo
- Cerrar
- **Click en Equation To Table** 
- Chequeo que la Tabla este completa

Netica - [avesborde Table (in Bayes net BBN_final_simple)]

File Edit Table Window Help

Node: **avesborde** [v] [Apply] [OK]

Chance [% Probability] [Reset] [Close]

Modelos borde	Arboles en borde	si	no
No efecto	ninguno	57.2	42.8
No efecto	tres	57.2	42.8
No efecto	diez	57.2	42.8
Arboles	ninguno	36.355	63.645
Arboles	tres	84.024	15.976
Arboles	diez	99.893	0.107

avesborde (node of BBN_final_simple)

Name: **avesborde** Title: **Ocupacion Aves borde**

Nature [v] Discrete [v]

State: [v] yes [New] [Delete] [OK]

Number: [] [Apply]

Equation [v]

p (avesborde | modelbor, Narbol) =
 modelbor==No_efecto? (avesborde==yes? 1/(1+exp(-0.29)): 1-(1/(1+exp(-0.29)))):
 modelbor==Arboles? (avesborde==yes? 1/(1+exp(0.56-0.74*Narbol)):1-(1/(1+exp(0.56-0.74*Narbol)))):
 0

[Reset] [Close] [Table] [Help]

p (avesborde | modelbor, Narbol) =
 modelbor==No_efecto? (avesborde==yes? 1/(1+exp(-0.29)): 1-(1/(1+exp(-0.29)))):
 modelbor==Arboles? (avesborde==yes? 1/(1+exp(0.56-0.74*Narbol)):1-(1/(1+exp(0.56-0.74*Narbol)))):
 0

COMPROMISOS


GOIJMAN, A. P. 2024

Función de utilidad

Utilidad esperada

IMPORTANTE!!

Sólo en redes de decisión va a haber un nodo utilidad (diagramas de influencia)

1. Agregar Nodo de Utilidad (Hexágono) 
2. Asegurarse que cada objetivo fundamental tenga asociados valores a cada nivel
3. Estandarizar valores de cada objetivo fundamental entre cero y uno (puede hacerse en la misma función de utilidad)

$$U(x_i) = \frac{[x_i - peor(x_i)]}{mejor(x_i) - peor(x_i)}$$

4. Agregar Ecuación de Utilidad

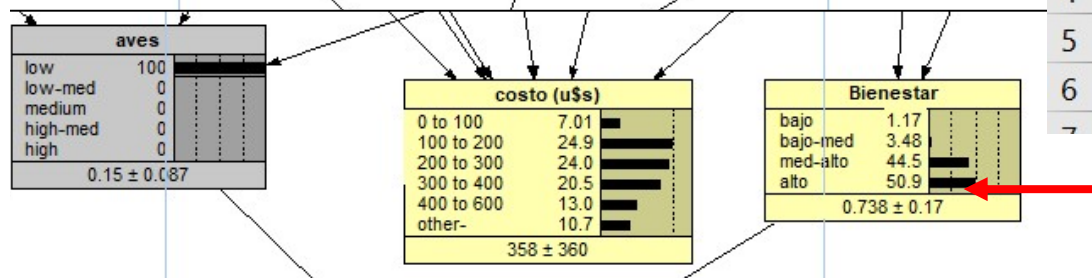
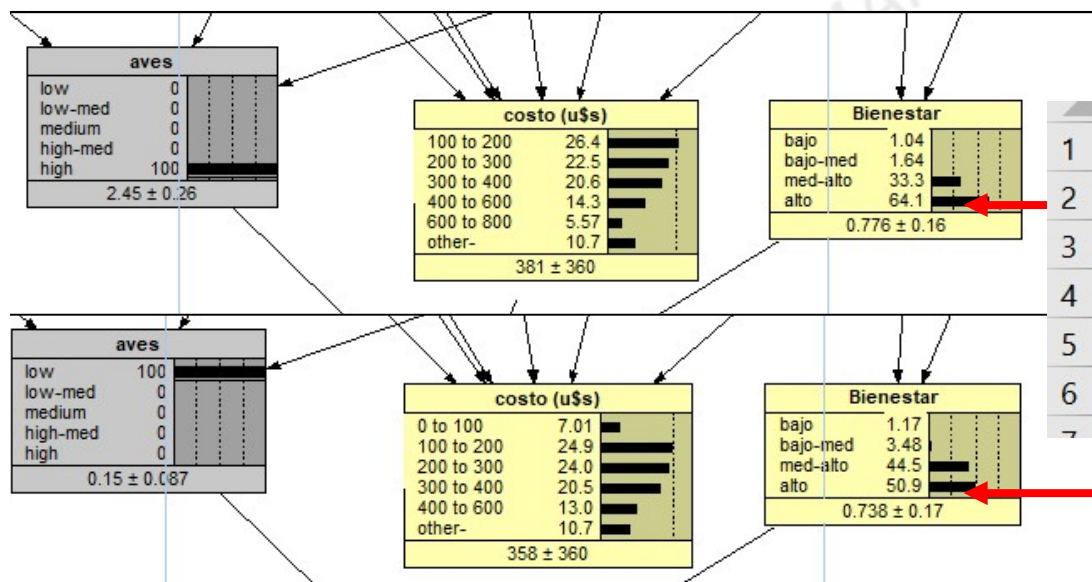
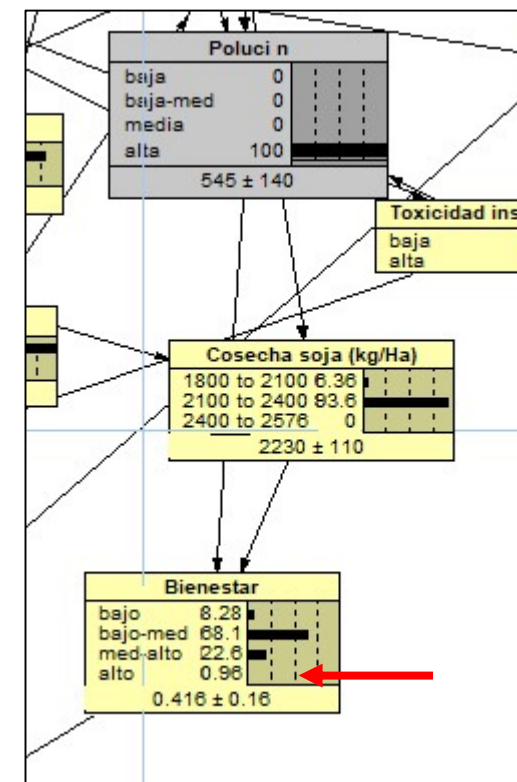
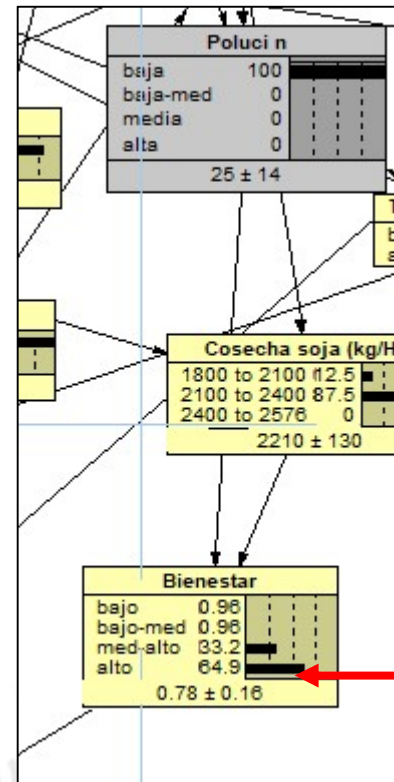
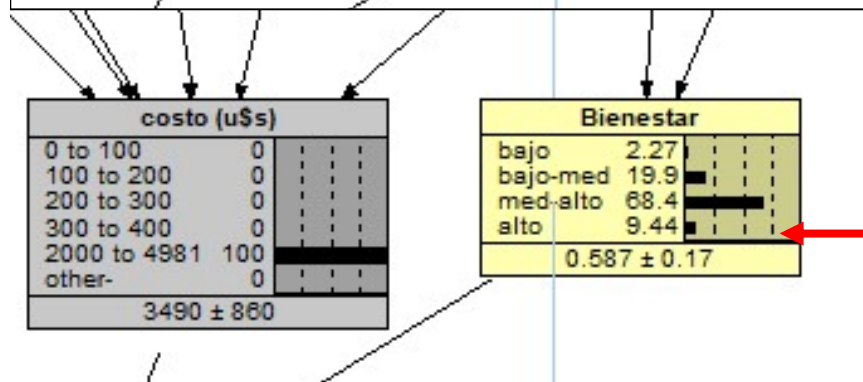
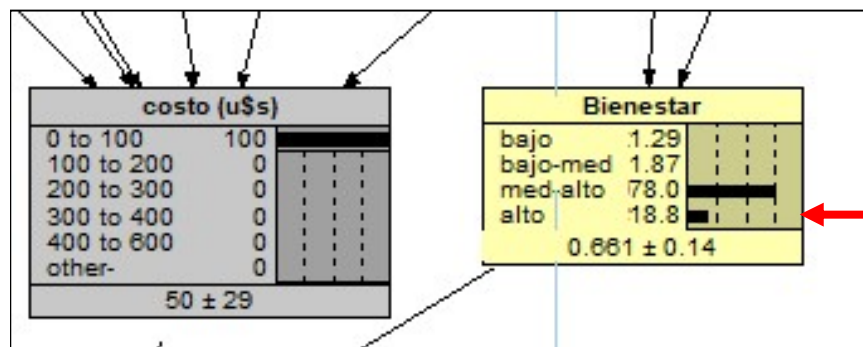
U (Bienestar, Costo, Aves) =

5. Equation to table

Se utiliza para calcular el valor esperado de la decisión

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

GOIJMAN, A. P. 2024

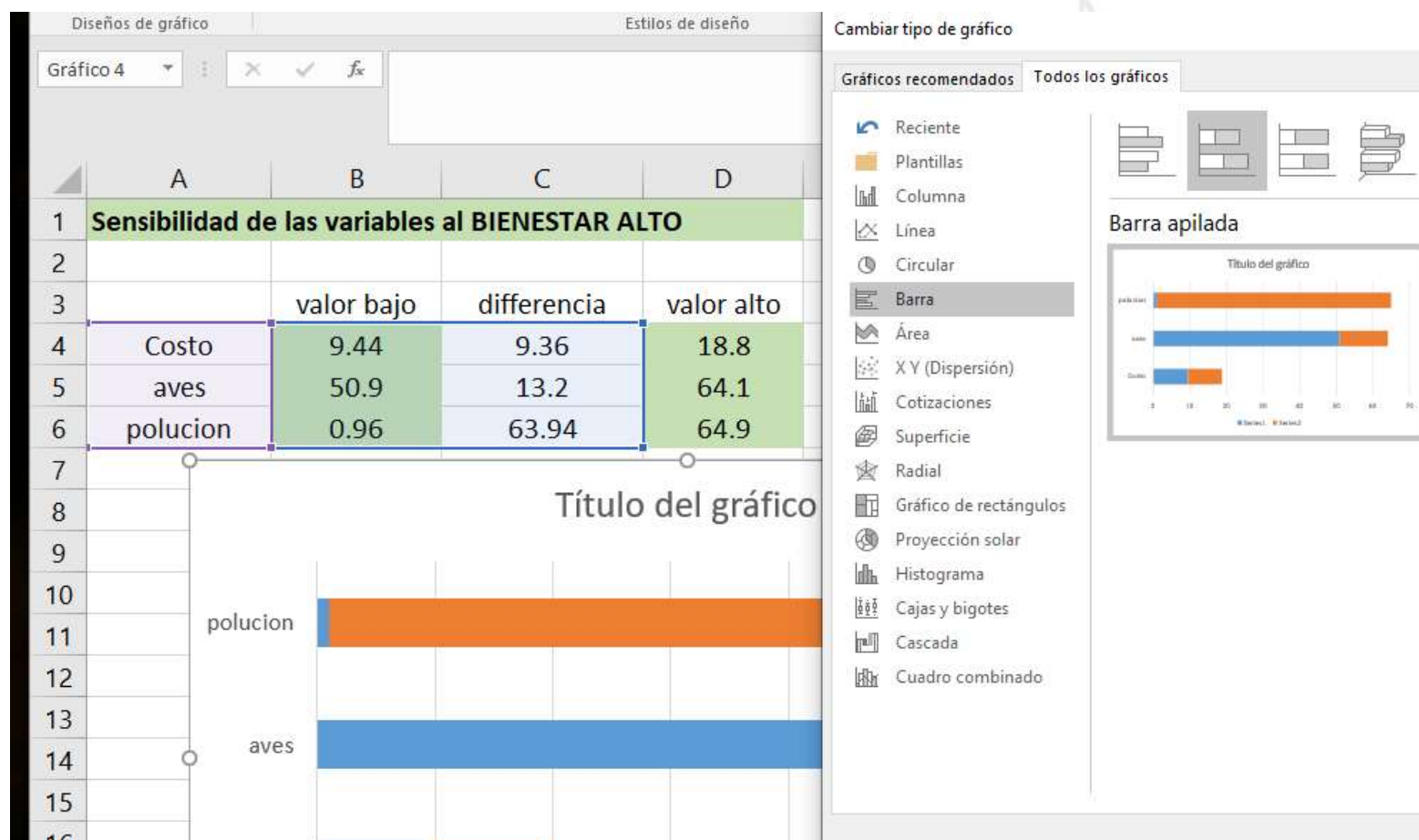


Sensibilidad de las variables al BIENESTAR ALTO			
	valor bajo	diferencia	valor alto
Costo	9.44	9.36	18.8
polucion	0.96	63.94	64.9
aves	50.9	13.2	64.1

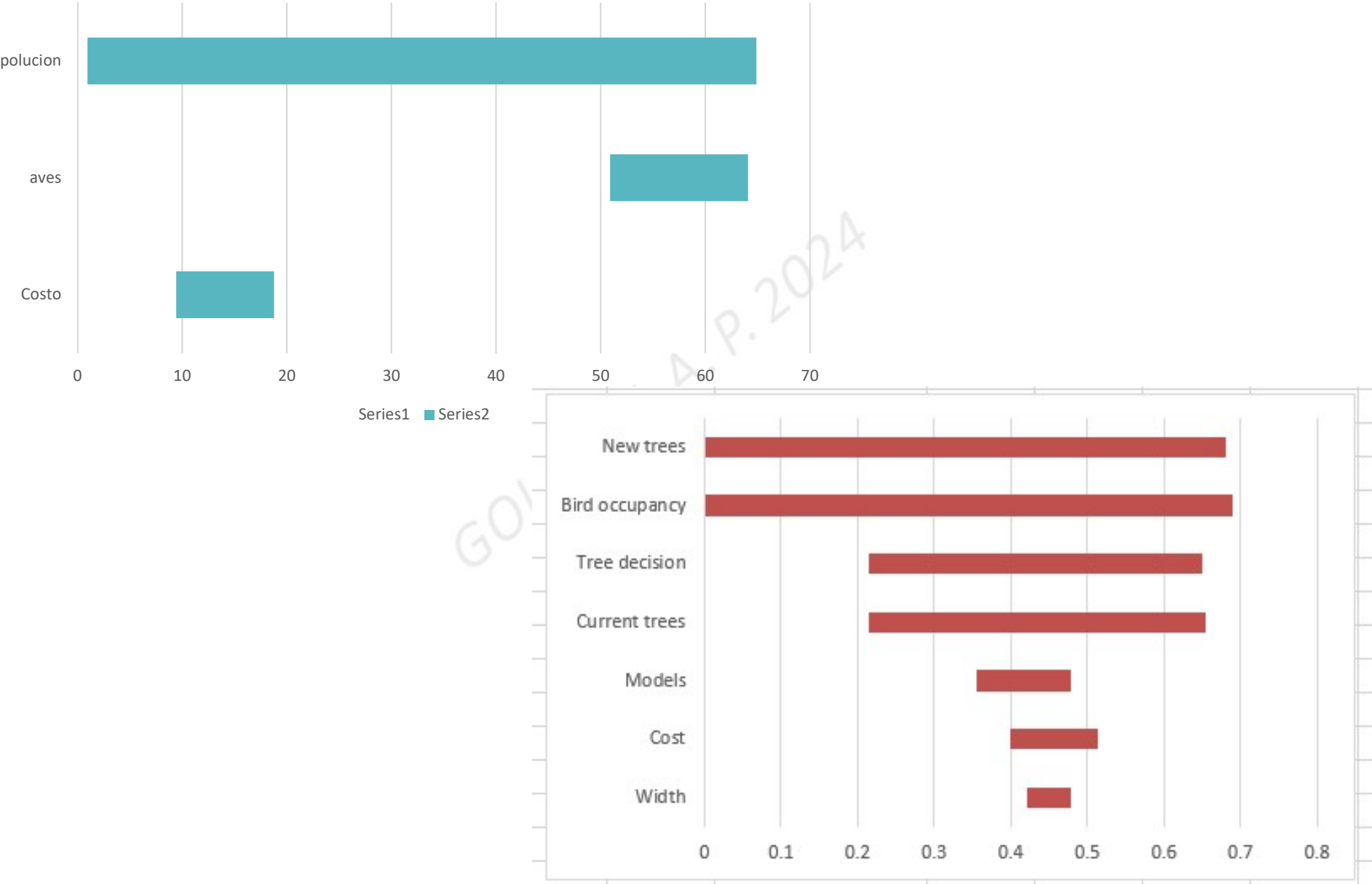
Ordenamos por la magnitud de la diferencia

Sensibilidad de las variables al BIENESTAR ALTO			
	valor bajo	diferencia	valor alto
Costo	9.44	9.36	18.8
aves	50.9	13.2	64.1
polucion	0.96	63.94	64.9

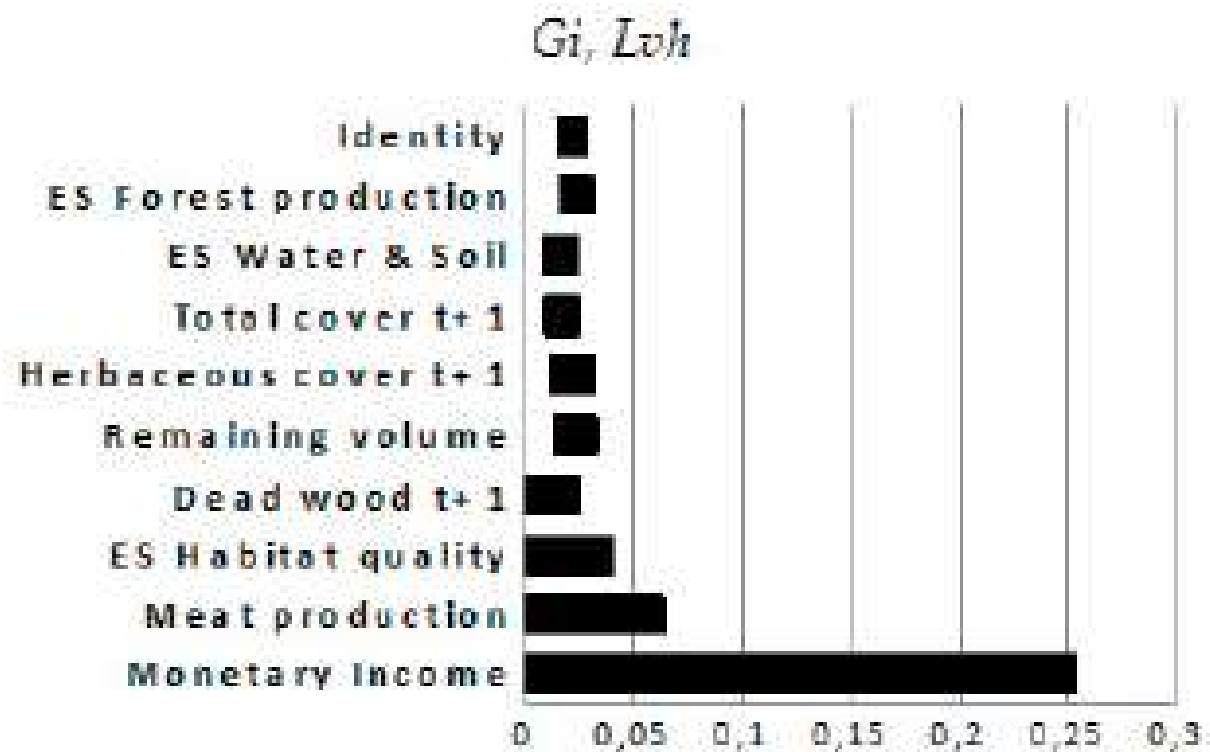
Grafico de barra apilada



Bienestar Alto



Lo mismo podemos hacer para las decisiones que sean de interés



- Netica (libre y de pago): <https://www.norsys.com/netica.html>
- Genie (libre): <https://www.bayesfusion.com/genie-modeler>
- Huggins (de pago): <https://www.hugin.com/>
- Aplicaciones con extrapolaciones espaciales
 - QGIS y Netica (Landuyt et al. 2015)
 - GIS y Genie (Gonzalez-Redin et al., 2016)

Welcome to Netica's Help System

This onscreen system is designed to offer the most up-to-date documentation on **Netica Application**, the world's most widely used **Bayesian network** development software, from [Norsys Software Corp.](http://www.norsys.com)

<https://www.norsys.com/WebHelp/NETICA.htm>

- Gonzalez-Redin, J., Luque, S., Poggio, L., Smith, R., & Gimona, A. (2016). Spatial Bayesian belief networks as a planning decision tool for mapping ecosystem services trade-offs on forested landscapes. *Environmental Research*, 144, 15–26.
- Landuyt, D., Van der Biest, K., Broekx, S., Staes, J., Meire, P., & Goethals, P. L. M. (2015). A GIS plug-in for Bayesian belief networks: Towards a transparent software framework to assess and visualise uncertainties in ecosystem service mapping. *Environmental Modelling and Software*, 71, 30–38.
- KJAERULFF, Uffe B.; MADSEN, Anders L. Bayesian networks and influence diagrams. Springer Science+ Business Media, 2008, vol. 200, p. 114.
- AGUILERA, Pedro Aguilera, et al. Bayesian networks in environmental modelling. *Environmental Modelling & Software*, 2011, vol. 26, no 12, p. 1376-1388.

- Poner ejemplo de los nodos imposibles.... Y otros del libro

GOIJMAN, A. P. 2024