



## **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

### **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

"Análisis, Diseño e Implementación de un Sistema de Información Geográfica aplicando el Modelo de Contaminación de Fuentes Agrícolas No Puntuales (AGNPSPM) y de un modelo Bayesiano que permita ponderar el impacto de la aplicación de pesticidas en sectores aledaños a una Cuenca Hidrográfica."

#### **TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención de los Títulos de:

**INGENIERO EN COMPUTACIÓN ESPECIALIZACIÓN SISTEMAS  
TECNOLÓGICOS**

**INGENIERO EN COMPUTACIÓN ESPECIALIZACIÓN SISTEMAS  
MULTIMEDIA**

Presentado por

María Verónica Escobar Avilés

Adonis Darío Figueroa Asanza

Carlos Gustavo Mendoza Garófalo

Guayaquil – Ecuador  
2009

# AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a Dios por darme la vida para cumplir una más de mis metas. A mis padres, que me apoyaron en todas mis decisiones desde mi elección de la carrera hasta ahora en mi culminación. Y por último pero no menos importantes a los compañeros que al pasar los años nos convertimos en buenos amigos.

María Verónica Escobar Avilés

En agradecimiento a mis padres por su apoyo incondicional a lo largo de mi formación profesional que constituye el legado más grande que pudiera recibir. A mis primos Henry y Yenny por su apoyo y consejos que me han permitido alcanzar una de mis más grandes metas. A mis compañeros de tesis por su ayuda y aliento ya que gracias al trabajo en conjunto hemos culminado con éxito uno de nuestros objetivos como profesionales. Finalmente a mi familia, amigos y compañeros que han creído siempre en mí.

Adonis Darío Figueroa Asanza

Agradezco primero a Dios, quien me ha dado la fuerza y constancia para lograr mis objetivos, a mis padres, mi abuela y mis hermanos, por haberme apoyado siempre y haber sido mi soporte durante toda mi educación. A mis compañeros tesisistas, por toda la constancia que dedicaron para lograr la realización de este proyecto.

Carlos Gustavo Mendoza Garófalo

Un agradecimiento especial a nuestro director de tesis: Ing. Marcelo Loor, quien depositó su confianza en cada uno de nosotros. Con admiración y respeto.

Verónica, Adonis y Carlos

# DEDICATORIA

Dedico mi vida universitaria a mi familia quienes me apoyaron desde mi decisión de la carrera hasta este momento de mi graduación y a las personas que confiaron en mí.

María Verónica Escobar Avilés

Dedico toda mi carrera universitaria a mis padres quienes han aportado de diversas formas en mi diario crecer profesional. A mi familia por enseñarme la perseverancia y empeño necesarios en cada tarea del diario vivir.

Adonis Darío Figueroa Asanza

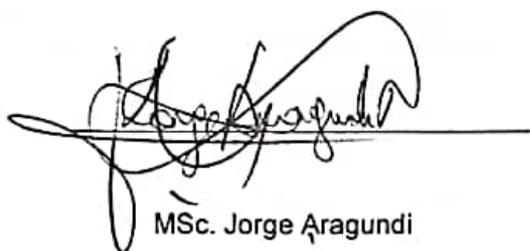
A mi familia, quienes hicieron posible que pudiera culminar esta etapa de mi vida.

Carlos Gustavo Mendoza Garófalo

A Kokoa y todos nuestros maestros por sus enseñanzas y aprendizajes en especial a la Ing. Marisol Villacrés por su tiempo y esfuerzo dedicados para con nosotros.

Verónica, Adonis y Carlos

# TRIBUNAL GRADUACION



MSc. Jorge Aragundi

SUBDECANO DE LA FACULTAD



MBA. Marcelo Loor

MBA. Marcelo Loor

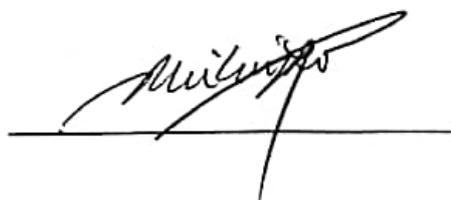
DIRECTOR DE TESIS



MBA. Ana Tapia

MBA. Ana Tapia

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



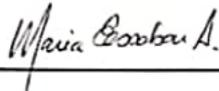
PhD. Katherine Chiliza

PhD. Katherine Chiliza

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

# DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".



María Verónica Escobar Avilés



Adonis Darío Figueroa Asanza



Carlos Gustavo Mendoza Garófalo

# RESUMEN

Los agricultores y dueños de haciendas se preocupan por el buen cuidado de sus cultivos, debido a esto, regularmente aplican pesticidas sobre sus plantaciones para así evitar cualquier enfermedad que los ataque y los deteriore.

Algunas de estas plantaciones se encuentran aledañas a alguna cuenca hidrográfica y se utiliza esta agua para su irrigación. El problema se presenta al irrigar estas plantaciones, ya que parte de los pesticidas aplicados se mezclan con el agua y esta agua va a parar a los ríos de la cuenca baja.

Esta agua contaminada es a su vez utilizada por las poblaciones rurales que carecen de otra fuente para cubrir sus necesidades diarias.

Esto puede afectar posteriormente, puesto que la concentración de dichos químicos es nociva no sólo para las cuencas hidrográficas sino también para el medio ambiente.

El enfoque general de este proyecto es el de facilitar el análisis de los escenarios que se generarían al aplicar pesticidas sobre fincas o cultivos aledaños a una cuenca hidrográfica, para lo que pretendemos elaborar un sistema de información geográfica aplicado sobre un modelo bayesiano[1][2] determinado por un experto en cuencas hidrográficas, para así realizar el análisis de los distintos escenarios basados en la evidencia[3][4].

Como resultado de este sistema, una municipalidad -entidad encargada de la regulación del uso del suelo- podrá otorgar o denegar permisos de fumigación a los dueños de hacienda teniendo una justificación basada en los posibles escenarios que podría provocar la aplicación de cualquier pesticida, reduciéndose la concentración de pesticida en el agua, conservando así el cuidado de los recursos naturales de estos sectores.

# INDICE GENERAL

GLOSARIO DE TERMINOS.....	84
---------------------------	----

# INDICE GENERAL

<b>INDICE GENERAL .....</b>	<b>I</b>
<b>ABREVIATURAS .....</b>	<b>III</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>IV</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION .....</b>	<b>3</b>
1.1 Antecedentes .....	3
1.2 Objetivo General .....	3
1.3 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Alcance .....	4
1.5 Justificación: Importancia de la utilización del sistema .....	4
<b>CAPITULO 2</b>	
<b>2. ANALISIS DEL SISTEMA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Requerimientos Funcionales.....	7
2.2 Requerimientos No Funcionales .....	8
2.3 Usuarios del Sistema .....	9
2.4 Evaluación de sistemas existentes que cumplan con los requerimientos.....	9
<b>CAPITULO 3</b>	
<b>3. DISEÑO DEL SISTEMA.....</b>	<b>12</b>
3.1 Arquitectura .....	12
3.2 Diseño Conceptual .....	13
3.3 Diseño Conceptual de PostgreSQL.....	13
3.3.1. Diseño Conceptual de MySql.....	14

3.4	Diseño Lógico .....	14
3.4.1.	Especificación de Actores .....	14
3.4.2.	Casos de Uso .....	15
3.4.3.	Escenarios .....	24
3.4.4.	Diagramas UML.....	47
3.4.5.	Modelo Lógico de la Base de Datos .....	52
3.4.6.	Modelo Lógico de la base de datos MySql .....	53
3.5	Interfaz con el sistema SADECH .....	55
<b>CAPITULO 4</b>		
4.1	Hardware y Software utilizados para la implementación.....	57
4.1.1.	Hardware utilizado para la implementación .....	57
4.1.2.	Software utilizado para la implementación.....	57
4.2	Integración con el sistema SADECH .....	58
4.3	Plan de Pruebas.....	59
4.4	Evaluación de Resultados.....	70
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>73</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>77</b>
<b>ANEXOS VARIOS .....</b>		<b>79</b>
<b>GLOSARIO DE TERMINOS .....</b>		<b>83</b>

# ABREVIATURAS

**SADECH** Sistema de Administración de Datos y Ejecutor AGNPS para Cuencas  
Hidrográficas

**COPECH** Control de Pesticidas de Cuencas Hidrográficas

**AGNPS** Agricultural Non-Point Pollution Source

**KUBUNTU** Sistema Operativo libre GNU/Linux basado en Debian que usa el ambiente  
de escritorio KDE

**KDE** K Desktop Environment

**GNU** GNU is not Unix

# INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura del Sistema .....	12
Figura 2. Diseño Conceptual de PostgreSQL.....	13
Figura 3. Diseño Conceptual de MySql .....	14
Figura 4. Escenario 3.1.....	28
Figura 5. Escenario 4.1.....	30
Figura 6. Escenario 5.1.....	31
Figura 7. Escenario 7.1.....	34
Figura 8. Escenario 8.1.....	36
Figura 9. Escenario 10.1.....	38
Figura 10. Escenario 15.1.....	41
Figura 11. Escenario 16.1 .....	42
Figura 12. Escenario 17.1.....	44
Figura 13. Escenario 18.1.....	46
Figura 14. Diagrama de Casos de Uso de Versión .....	48
Figura 15. Diagrama de Casos de Uso de Mapa .....	49
Figura 16. Diagrama de Casos de Uso de Red Bayesiana.....	50
Figura 17. Diagrama de Clases.....	52
Figura 18. Modelo Lógico PostgreSQL .....	53
Figura 19. Tabla incident.....	54
Figura 20. Tabla state .....	54
Figura 21. Tabla version.....	54
Figura 22. Tabla user .....	54
Figura 23. Tabla maps .....	54
Figura 24. Tabla node .....	54

<b>Figura 25. Tabla comb_1 .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 26. Tabla comb_2.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 27. Tabla comb_3.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 28. Tabla comb_4.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 29. Tabla comb_5.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 30. Tabla comb_6.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 31. Tabla comb_7.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 32. Interfaz con SADECH .....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 33. Mapa en ArcView .....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 34. Mapa en SSDCOPECH .....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 35. Inferencia en Elvira.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 36. Inferencia en SSDCOPECH.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 37. Mapa Geográfico de la Cuenca del Río Chaguana .....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 38. Red Bayesiana de Prueba .....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 39. Tabla de Propiedades de Nodo: Sección Estados .....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 40. Propiedades del Nodo: Sección Tabla Condicional Compuesta.....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 41. Red Bayesiana de prueba una vez aplicada la inferencia .....</b>	<b>83</b>

# INTRODUCCION

El manejo de información geográfica es uno de los avances tecnológicos fundamentales para los profesionales de diversos ámbitos, debido a que facilitan ampliamente la optimización de tareas de organización y evaluación de los recursos naturales, es así que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) surgen en el contexto general de la “sociedad de la información”, en la que resulta necesaria la disponibilidad rápida de información para resolver problemas y además de planificar procedimientos adecuados que le permitan al usuario manejar la información con una eficiencia para aumentar su productividad y disminuir los costos que utilizan estos servicios.

El enfoque general de este proyecto es el de facilitar el análisis de los escenarios que se generarían al aplicar pesticidas sobre fincas o cultivos aledaños a una cuenca hidrográfica, para lo que pretendemos elaborar un SIG aplicado sobre un modelo bayesiano[1][2] determinado por un experto en cuencas hidrográficas, para así realizar el análisis de los distintos escenarios basados en la evidencia[3][4].

Como resultado de este sistema, la municipalidad podrá otorgar o denegar permisos de fumigación a los dueños de hacienda, teniendo una justificación basada en los posibles escenarios que podría provocar la aplicación de cualquier pesticida, reduciéndose así la concentración de pesticida en el agua, conservando así el cuidado de los recursos naturales de estos sectores.

# CAPITULO 1

# **1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION**

## **1.1 Antecedentes**

Los agricultores y dueños de haciendas se preocupan por el buen cuidado de sus cultivos, debido a esto, regularmente aplican pesticidas sobre sus plantaciones para así evitar cualquier enfermedad que los ataque y los deteriore.

Algunas de estas plantaciones se encuentran aledañas a alguna cuenca hidrográfica y se utiliza esta agua para su irrigación. El problema se presenta al irrigar estas plantaciones, ya que parte de los pesticidas aplicados se mezclan con el agua y esta agua va a parar a los ríos de la cuenca baja.

El agua contaminada es a su vez utilizada por las poblaciones rurales que carecen de otra fuente para cubrir sus necesidades diarias.

Esto puede afectar posteriormente, puesto que la concentración de dichos químicos es nociva no sólo para las cuencas hidrográficas sino también para el medio ambiente.

## **1.2 Objetivo General**

Facilitar el análisis de escenarios que involucran la aplicación de pesticidas en sectores aledaños a una cuenca hidrográfica.

## **1.3 Objetivos Específicos**

- Proveer una Interfaz Gráfica para la edición, graficación y visualización (análogo a grafos) de Redes Bayesianas.
- Desarrollar un módulo para selección de celdas o regiones a través de un Mapa Geo-

Referencial.

- Desarrollar un módulo para la interacción entre la información geográfica y los modelos Bayesianos y el modelo AGNPS.
- Proveer una interfaz gráfica para la visualización geográfica de escenarios.

#### **1.4 Alcance**

Este proyecto de tesis inicialmente será aplicado al caso de estudio de la cuenca hidrográfica del río Chaguana, ubicada en la provincia de El Oro. El sistema de información geográfica aplicado sobre el modelo bayesiano será implantado como un prototipo funcional basado en el estudio de la Msc. Indira Nolivos, en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar.

#### **1.5 Justificación: Importancia de la utilización del sistema**

A las autoridades de los sectores aledaños a una cuenca hidrográfica encargados de otorgar los permisos para fumigación y aplicación de químicos, hoy en día les toma mucho tiempo analizar la repercusión que tendría la aplicación de un pesticida sobre algún canal o canales de salida de agua.

Hasta ahora les resulta muy complicado a las autoridades pertinentes conocer si la aplicación que realizarán los encargados de los cultivos será la más óptima y segura para el entorno.

El SIG que forma parte de este proyecto de tesis agilizaría el proceso de aceptación o

negación de los permisos de fumigación, lo cual favorece de una u otra forma con la protección del medio ambiente al minimizar la contaminación del agua donde desembocan los canales.

Los datos de entrada que se utilizarán para el análisis de resultados serán ingresados por el experto u obtenidos de un sistema que se desarrollará en paralelo, titulado “Análisis, Diseño e Implementación de un sistema que permita el análisis comparativo de concentraciones de pesticidas solubles y nutrientes que inciden en la calidad del agua en una cuenca Hidrográfica”.

## **CAPITULO 2**

## 2. ANALISIS DEL SISTEMA

### 2.1 Requerimientos Funcionales

El usuario experto<sup>1</sup> podrá crear una versión base de una Red Bayesiana.

El usuario podrá crear, modificar y eliminar versiones para permitir el ingreso y modificación de datos de acuerdo a los escenarios necesarios.

El sistema permitirá la visualización de diversos mapas geoespaciales cada uno con sus respectivas regiones.

El usuario podrá seleccionar a través de polígonos, las diversas regiones para el posterior análisis de la información relacionada a dichas regiones.

El sistema proveerá de un módulo para la selección de las distintas capas (mapas) a visualizar.

El usuario tendrá la opción de visualizar la información relacionada a cada región seleccionada.

El sistema permitirá la visualización de una red Bayesiana en forma de grafos.

El usuario podrá visualizar versiones anteriores de la Red Bayesiana.

El usuario podrá crear, modificar y eliminar un elemento (Nodo) de la red bayesiana solo si tiene perfil de administrador.

Cada versión creada por el usuario tendrá las operaciones de Inferencia y Evidencia para simular cada escenario.

El usuario deberá ingresar todos los datos de entrada para realizar las operaciones en el módulo de propiedades de cada nodo.

En el módulo de Propiedades, el usuario deberá ingresar variables de estados con sus respectivos valores marginales y enlace de nodos si es necesario.

---

<sup>1</sup> Se encuentra definido en la sección 2.3

El usuario deberá configurar la tabla compuesta conjunta cada vez que se crea una nueva versión.

## **2.2 Requerimientos No Funcionales**

### Requerimiento de Producto:

El sistema COPECH debe ser implementado usando software libre.

### Espacio de almacenamiento:

La aplicación no requerirá demasiado espacio (se estima que con 20 MB será suficiente).

### Fiabilidad:

El sistema debe ser fiable, puesto que un error de la aplicación implica valores y resultados erróneos, lo que puede perjudicar a la aplicación incorrecta de pesticidas en una zona determinada.

### Seguridad:

El sistema permitirá el acceso a través de un módulo de ingreso por usuarios.

Sólo los usuarios expertos podrán a través de su nombre de usuario y contraseña, crear y recalculan la red bayesiana imprescindible para los cálculos probabilísticos de la aplicación de pesticidas.

Escalabilidad: En el desarrollo del producto se debe tener en cuenta la escalabilidad del producto, de tal forma que sea aplicable a nuevas cuencas hidrográficas.

Desarrollo: En el proceso de desarrollo se tendrá en cuenta el tiempo de creación del sistema (en nuestro caso, hasta la entrega del proyecto) y los recursos disponibles.

Sensación del Producto: El sistema debe tener una interfaz sencilla e intuitiva para el usuario final, a la vez debe proporcionar al experto una guía sobre el procedimiento a seguir en el sistema.

Dependencias: El sistema obtendrá sus datos de entrada a través de un experto o a través del sistema SADECH (Sistema de Administración de Datos y Ejecutor AGNPS para Cuencas Hidrográficas).

### **2.3 Usuarios del Sistema**

**Semi-Experto**, persona que puede dar valores para inferir en la red bayesiana y ver los resultados en dicha red.

**Experto**, persona que posee las características de un Semi-Experto y además con conocimientos de los factores que influyen en la red bayesiana.

### **2.4 Evaluación de sistemas existentes que cumplan con los requerimientos**

Al momento de realizar la evaluación de sistemas existentes que cumplan con los requerimientos, no encontramos un sistema que integre el trabajo de información geo-espacial con cálculos probabilísticos aplicados a cuencas hidrográficas para el control de pesticidas. Sin embargo, encontramos algunos que reúnen algunas de

las funcionalidades requeridas:

- El sistema de Información Geográfica Quantum GIS permite manejar formatos matriciales y vectoriales, así como bases de datos.
- Elvira[5] es un programa usado para la investigación de nuevos métodos y algoritmos de razonamiento probabilístico y para la implementación de sistemas expertos bayesianos.
- El sistema Eculocal<sup>2</sup> permite la generación, procesamiento y difusión de información útil para la planificación del desarrollo local y la formulación de proyectos productivos o sociales.

---

<sup>2</sup> [http://www.ecualocal.espol.edu.ec/index.php?option=com\\_frontpage&Itemid=1](http://www.ecualocal.espol.edu.ec/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1)

## **CAPITULO 3**

## 3. DISEÑO DEL SISTEMA

### 3.1 Arquitectura

#### Figura 1. Arquitectura del Sistema

La arquitectura básica del sistema es una estructura cliente-servidor de 2 niveles. A continuación se explica la funcionalidad de estas capas:

- **Capa Cliente:** Tiene interfaces de presentación que están implementadas como páginas HTML que corren en un navegador Web. Se encarga de presentar y recoger datos del usuario relativos a los escenarios que se desee plantear sobre la cuenca hidrográfica.
- **Capa Servidor:** Básicamente interactúa directamente con la capa cliente. Esta capa contendrá dos bases de datos: una base de datos espacial y una base de datos escalar.

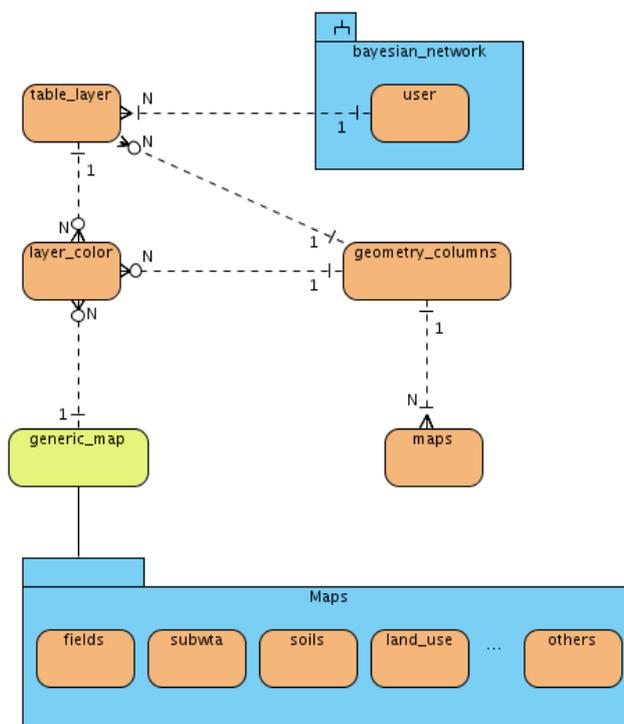
### 3.2 Diseño Conceptual

Para la elaboración de este sistema, contamos con 2 motores de bases de datos, debido a las facilidades que brinda cada uno para las necesidades que se generan al implementar el sistema.

Utilizamos MySQL por la facilidad que este brinda para la elaboración de procedimientos.

Utilizamos PostgreSQL para facilitar el manejo de datos geoespaciales con su librería Postgis[6].

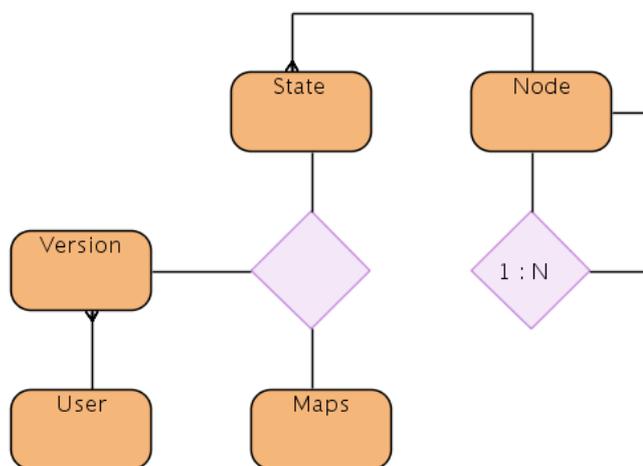
### 3.3 Diseño Conceptual de PostgreSQL



**Figura 2. Diseño Conceptual de PostgreSQL**

En el gráfico observado se presenta la visión de la información aplicada en los mapas vectoriales como primer paso del diseño de la base de datos.

#### 3.3.1. Diseño Conceptual de MySql



**Figura 3. Diseño Conceptual de MySQL**

En el gráfico observado se muestra el modelo conceptual desnormalizado de la base de datos usada para el manejo de información de la red bayesiana.

### 3.4 Diseño Lógico

#### 3.4.1. Especificación de Actores

**Nombre:** Experto

**Descripción:** Persona autorizada con conocimientos de cuencas hidrográficas y capacitada para crear redes bayesianas.

**Nota:** Es el actor Primario

**Nombre:** Semi-Experto

**Descripción:** Persona autorizada para evaluar escenarios de regiones en la cuenca hidrográfica

**Nota:** Esta persona será el empleado municipal encargado

### 3.4.2. Casos de Uso

A continuación se presentan los casos de uso más relevantes del sistema los cuales son imprescindibles para el desarrollo del sistema y su posterior usabilidad para con los usuarios del mismo.

**Nombre:** Ingresar al sistema.

**Descripción:** El usuario experto y semi-experto intenta acceder al sistema ingresando su usuario y contraseña.

**Nota:** Las opciones se habilitarán de acuerdo a la función de rol de cada usuario.

**Valor Medible:** El acceso es otorgado a no.

**Escenarios:**

1.1 Acceso autorizado al usuario experto.

1.2 Acceso autorizado al usuario semi-experto.

1.3 Acceso no autorizado al usuario experto.

1.4 Acceso no autorizado al usuario semi-experto.

**Nombre:** Cargar versión 0.

**Descripción:** El usuario experto carga versión 0.

**Nota:** El usuario experto puede observar la versión 0 porque dentro de ella se encuentra la red bayesiana base.

**Valor Medible:** Se carga o no la versión 0.

**Escenarios:**

2.1 La versión 0 fue cargada con éxito.

2.2 La versión 0 no fue cargada.

**Nombre:** Crear nodo.

**Descripción:** El usuario experto crea nodo.

**Nota:** El usuario experto crea el nodo con un nombre y título en la que se utiliza como identificador en el grafo.

**Valor Medible:** Se crea o no el nodo.

**Escenarios:**

3.1 El nodo es creado con éxito

3.2 El nodo no fue creado

**Nombre:** Crear estado(s) del Nodo.

**Descripción:** El usuario experto crea estado(s) con sus respectivos valores probabilísticos.

**Nota:** El usuario experto ingresa valores por defecto a cada estado y/o puede relacionar con alguna región de la cuenca hidrográfica.

**Valor Medible:** Se crea o no estado(s) del Nodo.

**Escenarios:**

4.1 El estado del Nodo fue creado exitosamente.

4.2 El estado del Nodo no fue creado.

**Nombre:** Establecer relación entre nodos.

**Descripción:** El usuario experto crea una relación entre nodos.

**Nota:** El usuario experto relaciona un nodo a otro estableciendo la dependencia de uno de los nodos.

**Valor Medible:** Se crea o no la relación entre nodos.

**Escenarios:**

5.1 Se estableció correctamente la relación entre los nodos.

5.2 No se estableció correctamente la relación entre los nodos por errores internos.

**Nombre:** Eliminar nodo.

**Descripción:** El usuario experto elimina nodo.

**Nota:** El usuario experto elimina el nodo y sus relaciones con los demás nodos.

**Valor Medible:** Se elimina o no el nodo.

**Escenarios:**

6.1 El nodo fue eliminado correctamente.

6.2 El nodo no se pudo eliminar.

**Nombre:** Crear versión.

**Descripción:** El usuario experto o semi-experto crea una versión con un escenario específico.

**Nota:** El usuario al crear una versión de escenario también crea una plantilla de la red bayesiana para obtener datos evidenciados e inferidos como resultados.

Al crear una nueva versión se crea una copia de la versión 0.

**Valor Medible:** Se crea o no la versión.

**Escenarios:**

7.1 La versión fue creada con éxito.

7.2 La versión no fue creada por error al intentar crear una versión existente.

**Nombre:** Cargar versión.

**Descripción:** El usuario de cualquier perfil escoge una versión de la lista de versiones creadas.

**Nota:** Solo podrá cargar versiones creadas por el mismo usuario.

**Valor Medible:** Carga o no la versión.

**Escenarios:**

8.1 Cargó la versión exitosamente.

8.2 Falló la cargada de la versión.

**Nombre:** Eliminar versión.

**Descripción:** El usuario de cualquier perfil elige una versión anteriormente creada y procede a eliminarla.

**Nota:** Solo podrá eliminar versiones creadas por el mismo usuario.

**Valor Medible:** Se elimina o no la versión.

**Escenarios:**

9.1 La versión se eliminó con éxito.

9.2 La versión no se puede eliminar (versión 0).

**Nombre:** Elegir capa.

**Descripción:** El usuario de cualquier perfil elige la(s) capa(s) del mapa a partir de una lista al aparecer una ventana.

**Valor Medible:** Se muestra(n) o no la(s) capa(s).

**Escenarios:**

10.1 La(s) capa(s) se muestra(n) con éxito.

10.2 La(s) capa(s) no se muestra(n).

**Nombre:** Ocultar capa.

**Descripción:** El usuario de cualquier perfil deselecciona la(s) capa(s) del mapa a ocultar que se encuentran visibles en la sección de leyenda.

**Valor Medible:** Se oculta(n) o no la(s) capa(s).

**Escenarios:**

11.1 La(s) capa(s) se oculta(n) con éxito.

11.2 La(s) capa(s) no se oculta(n).

**Nombre:** Realizar selección poligonal de regiones.

**Descripción:** El usuario de cualquier perfil puede realizar diversas selecciones poligonales o puntuales dentro del área del mapa haciendo clic en el ícono de Selección. En el caso de selecciones poligonales, se realizarán dando un clic en cada punto que se desee y automáticamente una línea unirá dichos puntos, al final se deberá cerrar el polígono. Para la selección puntual, se deberá hacer doble clic en la región que se desea seleccionar.

**Valor Medible:** Se realiza o no la selección.

**Escenarios:**

12.1 La selección se realizó con éxito.

**Nombre:** Mostrar menú de opciones en el mapa.

**Descripción:** El usuario de cualquier perfil puede aplicar diversas acciones dentro del área del mapa.

**Nota:** El menú sólo se mostrará si existen regiones seleccionadas.

**Valor Medible:** Se muestra o no el menú.

**Escenarios:**

13.1 El menú se mostró con éxito.

**Nombre:** Mostrar información de regiones.

**Descripción:** El usuario de cualquier perfil podrá ver la información acerca de las regiones seleccionadas en cuanto a:

- Id de región
- Tipo de administración de suelo
- Area
- Perímetro

**Valor Medible:** Se muestra la información o no.

**Escenarios:**

14.1 La información se muestra con éxito.

**Nombre:** Visualizar Red Bayesiana.

**Descripción:** El usuario de cualquier perfil puede visualizar la red en base a las regiones seleccionadas, enviándose esta información al cargar la red.

**Valor Medible:** Se visualiza o no la red.

**Escenarios:**

15.1 La red se mostró con éxito.

**Nombre:** Ingresar tabla condicional en Nodo.

**Descripción:** El usuario debe ingresar los datos de la tabla condicional para poder calcular la Inferencia del nodo.

**Nota:** Los datos también son ingresados en la versión 0 por el usuario experto.

**Valor Medible:** Se ingresa o no la tabla condicional.

**Escenarios:**

16.1 Se ingresó con éxito la tabla condicional del Nodo.

16.2 No se pudo ingresar la tabla condicional del Nodo.

**Nombre:** Aplicar Inferencia en la red Bayesiana.

**Descripción:** El usuario aplica la inferencia para observar los valores

probabilísticos que impacta en las variables.

**Nota:** Debe el usuario de asegurarse que todas las tablas condicionales fueron ingresadas.

**Valor Medible:** Aplica o no la inferencia en la Red Bayesiana.

**Escenarios:**

17.1 La inferencia en la red fueron calculados con éxito.

17.2 Un nodo no realizó la inferencia correctamente porque no ingresó la tabla condicional.

17.3 No se pudo realizar la inferencia en la red bayesiana.

**Nombre:** Aplicar Evidencia a un nodo.

**Descripción:** El usuario aplica evidencia a un nodo para observar los valores probabilísticos que impacta en las variables.

**Valor Medible:** Aplica o no la evidencia en el nodo.

**Escenarios:**

18.1 La evidencia de un nodo calcula con éxito los valores probabilísticos de los nodos aledaños.

18.2 No se pudo realizar la evidencia de un nodo.

### **3.4.3. Escenarios**

Para la especificación de los escenarios se utilizaron DIOs para aquellos que consideramos más importantes, de tal forma que permitan visualizar las acciones que se realizan para los eventos establecidos.

#### **Escenarios del Caso de Uso: 1. Ingresar al sistema**

##### **Escenario 1.1 Acceso autorizado al usuario experto**

###### **Suposiciones:**

- El usuario experto ingresa su usuario y contraseña
- El usuario experto se encuentra en la base de datos

###### **Resultados:**

- Se guardan las variables de sesión correspondiente
- El sistema concede el acceso al usuario experto direccionándolo hacia la sección de versión en la cual está incluida la versión 0(base).

##### **Escenario 1.2 Acceso autorizado al usuario semi-experto**

###### **Suposiciones:**

- El usuario semi-experto ingresa su usuario y contraseña

- El usuario semi-experto se encuentra en la base de datos

**Resultados:**

- Se guardan las variables de sesión correspondiente
- El sistema concede el acceso al usuario semi-experto direccionándolo hacia la sección de versión.

**Escenario 1.3 Acceso no autorizado al usuario experto**

**Suposiciones:**

- El usuario experto ingresa su usuario y contraseña
- El usuario experto no se encuentra en la base de datos
- El usuario experto ingresa su usuario y no su contraseña o ingresa su contraseña y no el usuario.

**Resultados:**

- El sistema no concede el acceso al usuario experto.

**Escenario 1.4 Acceso no autorizado al usuario semi-experto**

**Suposiciones:**

- El usuario semi-experto ingresa su usuario y contraseña
- El usuario semi-experto no se encuentra en la base de datos
- El usuario semi-experto ingresa su usuario y no su contraseña o ingresa su contraseña y no el usuario.

**Resultados:**

- El sistema no concede el acceso al usuario semi-experto.

**Escenarios del Caso de Uso: 2. Cargar versión 0**

**Escenario 2.1 La versión 0 fue cargada con éxito**

**Suposiciones:**

- El usuario experto tiene acceso a esta versión.

**Resultados:**

- El usuario experto tiene acceso a la sección administración de la red bayesiana.
- El usuario experto se le otorga las herramientas para crear la red bayesiana.

## Escenario 2.2 La versión 0 no fue cargada

### Suposiciones:

- El usuario semi-experto no tiene acceso a esta versión.

### Resultados:

- El usuario semi-experto no tiene acceso a la sección administración de la red bayesiana.

## Escenarios del Caso de Uso: 3. Crear nodo

### Escenario 3.1 El nodo es creado con éxito

#### Crear Nodo

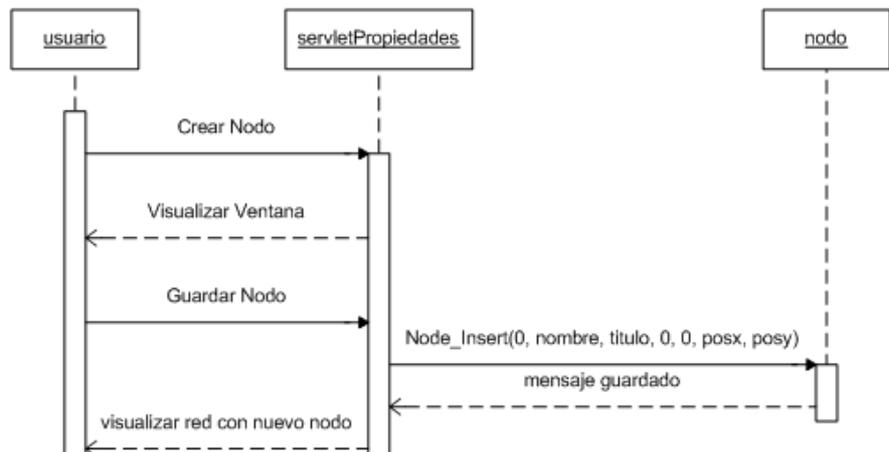


Figura 4. Escenario 3.1

El usuario elige la opción crear Nodo que se encuentra en el menú

desplegable dando clic derecho sobre el área de trabajo. Visualiza un cuadro de diálogo en el que se requiere ingresar nombre y título del nodo.

**Suposiciones:**

- El usuario experto crea el nodo dando nombre y título.

**Resultados:**

- El nuevo nodo se guarda en la base de datos.
- El usuario experto visualiza el nuevo nodo en la sección de administración de la red bayesiana.

**Escenario 3.2 El nodo no fue creado**

**Suposiciones:**

- El semi-experto no puede crear un nodo
- El experto no ingresó el nombre del nodo.

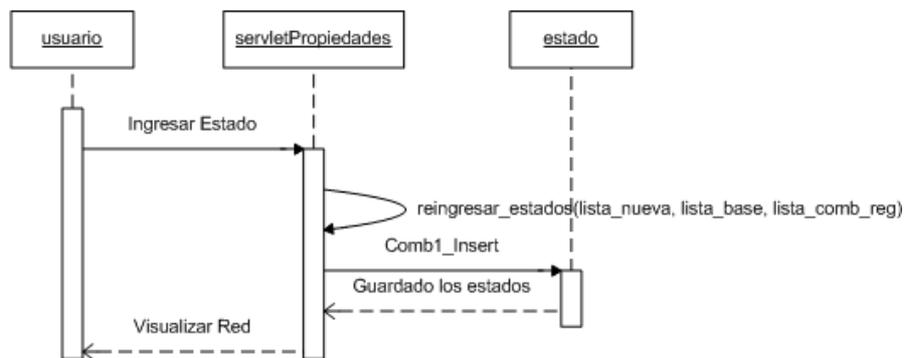
**Resultados:**

- El nuevo nodo no se guarda en la base de datos.

## Escenarios del Caso de Uso: 4. Crear estado(s) del Nodo

### Escenario 4.1 El estado del Nodo fue creado exitosamente

#### Crear Estado



**Figura 5. Escenario 4.1**

El usuario da clic derecho sobre el área de trabajo y se despliega un menú eligiendo la opción “Propiedades”. Dentro de la ventana Propiedades elige la pestaña Estados, en la cual el usuario podrá crear los estados que sean necesarios.

#### Suposiciones:

- El usuario experto crea n estados para el nodo con sus respectivos nombres y valores probabilísticos.
- El usuario experto crea estados relacionados con alguna región de la cuenca hidrográfica.

**Resultados:**

- Los estados son guardados en la base de datos con sus respectivos valores.

**Escenario 4.2 El estado del Nodo no fue creado**

**Suposiciones:**

- El usuario experto no ingresa el nombre del estado.

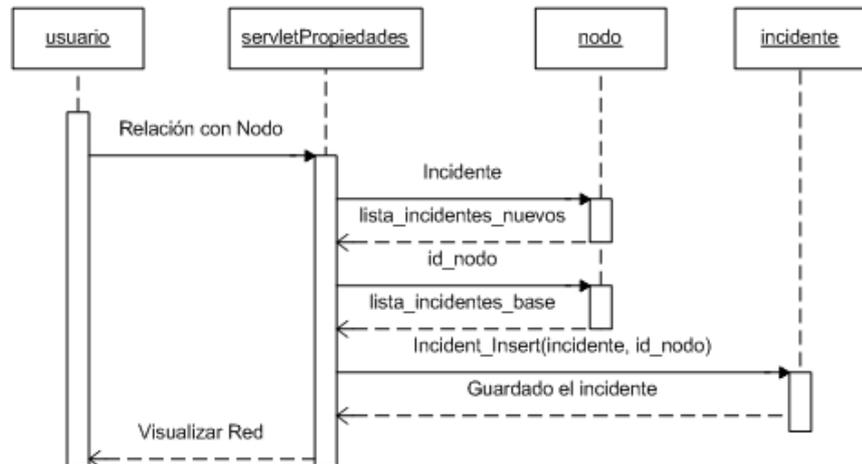
**Resultados:**

- Los estados no son guardados en la base de datos con sus respectivos valores.

**Escenarios del Caso de Uso: 5. Establecer relación con otro nodo.**

**Escenario 5.1 Se estableció correctamente la relación entre los nodos**

## Crear Relación



**Figura 6. Escenario 5.1**

En la ventana Propiedades, mencionada en un escenario anterior, el usuario ahora elige la pestaña “Establecer Incidencia”. Dentro de esta pestaña puede elegir los nodos asociados al mismo.

### Suposiciones:

- Se establece la relación cuando se encuentra más de un nodo en la red bayesiana.

### Resultados:

- La relación se guarda en la base de datos.
- Se visualiza la red bayesiana con los nodos relacionados.

**Escenario 5.2 No se estableció correctamente la relación entre los nodos por errores internos**

**Suposiciones:**

- Sólo se encuentra un nodo en la red bayesiana.

**Resultados:**

- No se guarda la relación.

**Escenarios del Caso de Uso: 6. Eliminar nodo**

**Escenario 6.1 El nodo fue eliminado correctamente**

**Suposiciones:**

- Se encuentra por lo menos un nodo en la red bayesiana.

**Resultados:**

- Se visualiza la red bayesiana sin el nodo eliminado.
- El nodo se elimina de la base de datos

**Escenario 6.2 El nodo no se pudo eliminar**

**Suposiciones:**

- No se ha encontrado nodo alguno en la sección de la red.

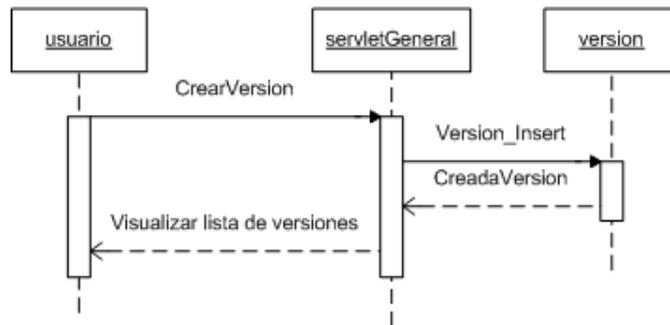
**Resultados:**

- No se puede eliminar nodo.

**Escenarios del Caso de Uso: 7. Crear versión**

**Escenario 7.1 La versión fue creada con éxito**

**Crear versión**



**Figura 7. Escenario 7.1**

El usuario observa el número de la versión a crear, y escogen la versión con la que quiere crear y da clic en aceptar.

**Suposiciones:**

- El número de la versión no se encuentra en la base

- Se ha ingresado una descripción para la nueva versión.

**Resultados:**

- Se crea una copia de la versión base asignado a la nueva versión.
- La nueva versión se muestra en la lista de versiones.

**Escenario 7.2 La versión no fue creada por error al intentar crear una versión existente**

**Suposiciones:**

- El número de la versión ya existe en la base.

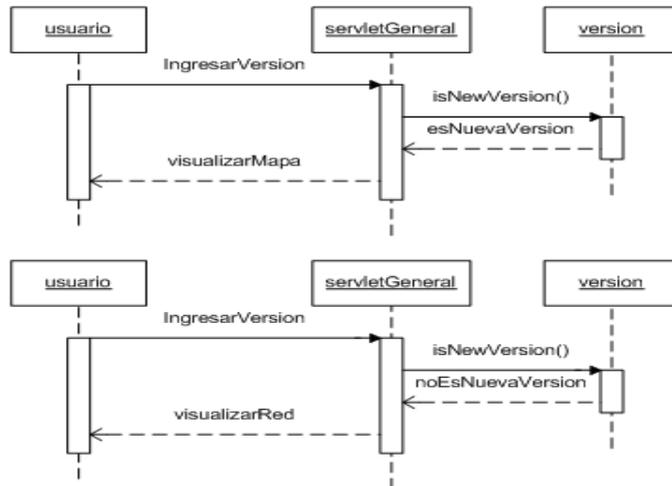
**Resultados:**

- No puede crearse la nueva versión.

**Escenarios del Caso de Uso: 8. Cargar versión**

**Escenario 8.1 Cargó la versión exitosamente**

### Cargar Versión



**Figura 8. Escenario 8.1**

Al usuario se le concede una lista de versiones creada por él, se elige una versión y da aceptar.

#### **Suposiciones:**

- El número de la versión se encuentra en la lista de versiones.

#### **Resultados:**

- Si la versión fue recientemente creada se visualiza el mapa de la cuenca hidrográfica.
- Si la versión ha sido evaluada previamente se visualiza la red bayesiana.

## **Escenario 8.2 Falló la cargada de la versión**

### **Suposiciones:**

- El número de la versión no se encuentra en la lista de versiones.

### **Resultados:**

- No podrá acceder a la versión.

## **Escenarios del Caso de Uso: 9. Eliminar versión**

### **Escenario 9.1 La versión se eliminó con éxito**

#### **Suposiciones:**

- La versión eliminada no es la versión 0(base).

#### **Resultados:**

- La versión eliminada no se encuentra en la lista de versiones.
- La versión eliminada fue borrada de la base de datos.

### **Escenario 9.2 La versión no se puede eliminar**

#### **Suposiciones:**

- La versión a eliminar es la versión 0(base).
- No existe versión alguna.

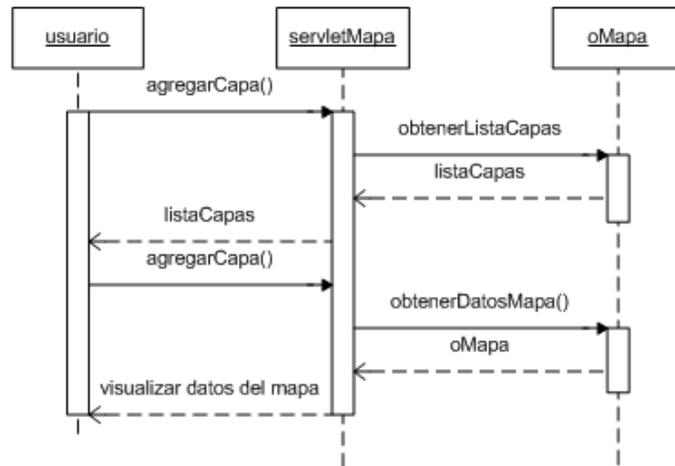
**Resultados:**

- La versión no se elimina.

**Escenarios del Caso de Uso: 10. Elegir capa**

**Escenario 10.1 La(s) capa(s) se muestra(n) con éxito**

**Elegir Capa**



**Figura 9. Escenario 10.1**

El usuario da clic en agregar capa, selecciona las capas que necesita para la visualización de información en una lista de capas.

**Suposiciones:**

- El usuario escogió n capas o ninguna capa.

**Resultados:**

- Si se eligió alguna capa se muestra el mapa con las capa seleccionada.
- Si no se eligió ninguna se muestra el mapa general.

**Escenarios del Caso de Uso: 11. Ocultar capa****Escenario 11.1 La(s) capa(s) se oculta(n) con éxito****Suposiciones:**

- Se encuentran n capas seleccionadas.
- Se deseleccionó una capa en la sección de leyenda.

**Resultados:**

- Se visualiza el mapa con el resto de capas seleccionadas.

**Escenarios del Caso de Uso: 12. Realizar selección poligonal de regiones**

### **Escenario 12.1 La selección se realizó con éxito**

#### **Suposiciones:**

- El usuario seleccionó una o varias regiones.

#### **Resultados:**

- Se muestra sobre el mapa líneas y puntos formando uno o varios polígonos.

### **Escenarios del Caso de Uso: 13. Mostrar menú de opciones en el mapa**

#### **Escenario 13.1 El menú se mostró con éxito**

#### **Suposiciones:**

- Se ha realizado selección poligonal de regiones.

#### **Resultados:**

- Se muestra un menú de opciones para diversas funciones con el mapa.

### **Escenarios del Caso de Uso: 14. Mostrar información de regiones**

### Escenario 14.1 La información se muestra con éxito

#### Suposiciones:

- Se ha realizado selección poligonal de regiones.

#### Resultados:

- Se muestra una ventana con la información de las regiones seleccionadas.

### Escenarios del Caso de Uso: 15. Visualizar Red Bayesiana

#### Escenario 15.1 La red se mostró con éxito

##### Visualizar Red Bayesiana

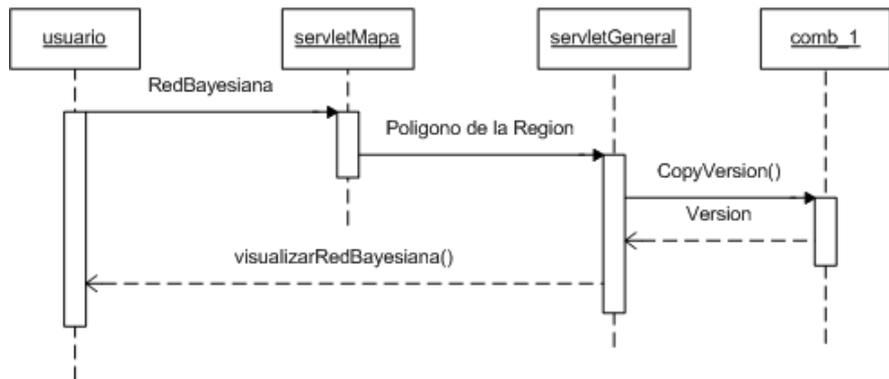


Figura 10. Escenario 15.1

Cuando el usuario selecciona la región da clic derecho sobre ella y elige la

opción Red Bayesiana.

**Suposiciones:**

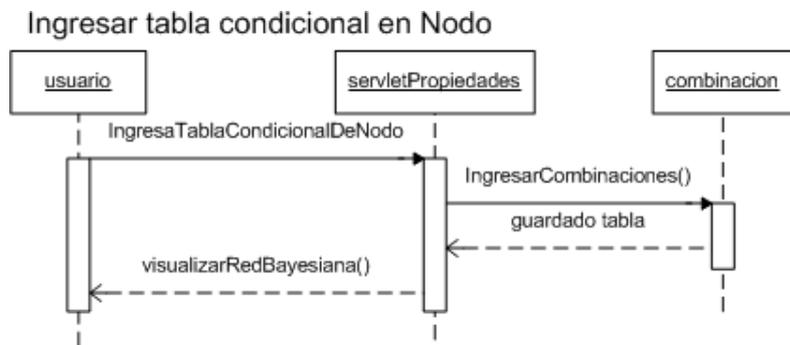
- Se ha realizado selección poligonal de regiones

**Resultados:**

- Se muestra la red bayesiana con datos previos del experto en las regiones seleccionadas.

**Escenarios del Caso de Uso: 16. Ingresar tabla condicional en Nodo**

**Escenario 16.1 Se ingresó con éxito la tabla condicional del Nodo**



**Figura 11. Escenario 16.1**

El usuario en la ventana Propiedades ingresa la tabla condicional compuesta que se encuentra en la pestaña Tabla Condicional Compuesta.

**Suposiciones:**

- Los valores ingresados son consistentes.

**Resultados:**

- Los valores son guardados en la base de datos.

**Escenario 16.2 No se pudo ingresar la tabla condicional del Nodo**

**Suposiciones:**

- Los valores ingresados no son consistentes.

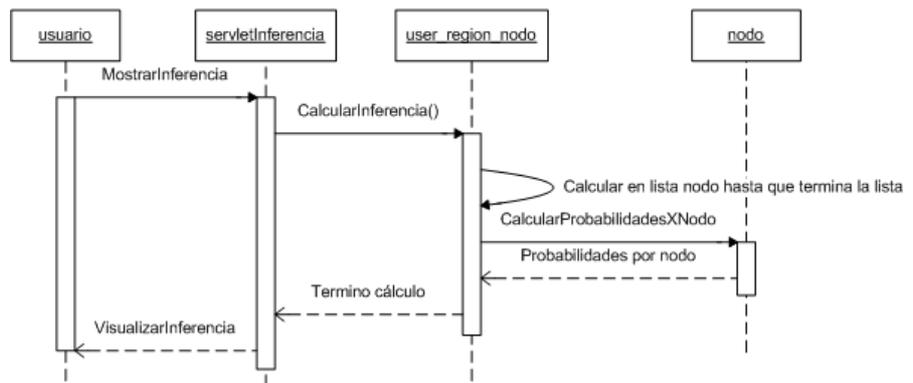
**Resultados:**

- Los valores no son guardados en la base de datos.

## Escenarios del Caso de Uso: 17. Aplicar Inferencia en la red Bayesiana

### Escenario 17.1 La inferencia en la red fueron calculados con éxito

#### Aplicar Inferencia



**Figura 12. Escenario 17.1**

El usuario en el área de la red bayesiana da clic en “aplicar inferencia” y se muestra la red bayesiana con su resultado.

#### Suposiciones:

- La inferencia se calculó por cada uno de los nodos.

#### Resultados:

- Se muestra la red de Inferencia para los nodos inferidos.
- Los nuevos valores son guardados en la base para la versión evaluada.

### **Escenario 17.2 Un nodo no realizó la inferencia correctamente**

#### **Suposiciones:**

- No fueron ingresados las tablas condicionales compuestas.
- Los nodos padres no tienen valores probabilísticos.

#### **Resultados:**

- Se muestra la red de Inferencia de nodos con algunas probabilidades de 0%.

### **Escenario 17.3 No se pudo realizar la inferencia en la red bayesiana**

#### **Suposiciones:**

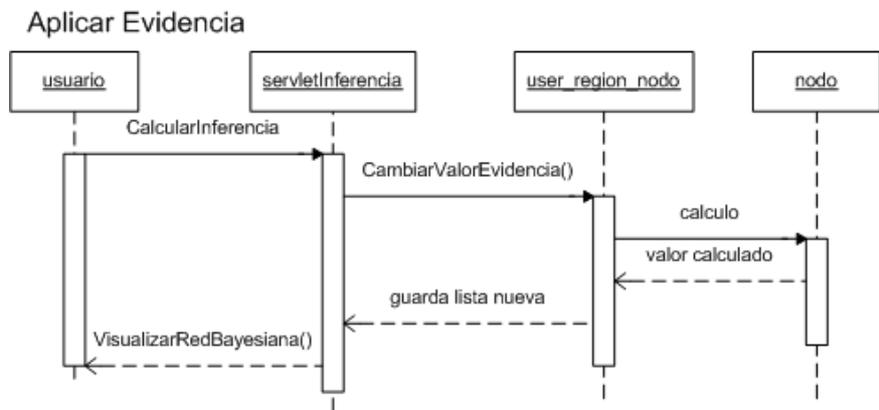
- Se encuentra en la versión 0.

#### **Resultados:**

- En la versión 0 no se muestra la función de aplicar Inferencia.

## Escenarios del Caso de Uso: 18. Aplicar Evidencia a un nodo

**Escenario 18.1** La evidencia de un nodo calcula con éxito los valores probabilísticos de los nodos aledaños



**Figura 13. Escenario 18.1**

El usuario da clic sobre el nodo inferido y elige a que estado quiere aplicar evidencia, da clic en aceptar y se muestra la red bayesiana con nuevos resultados.

### **Suposiciones:**

- La red bayesiana ha sido inferida.
- Se ha escogido un nodo para aplicarle la evidencia.

### **Resultados:**

- Se muestra la red inferida con la evidencia aplicada.
- Los nuevos valores son guardados en la base para la versión evaluada.

### **Escenario 18.1 No se pudo realizar la evidencia de un nodo**

#### **Suposiciones:**

- La red bayesiana no ha sido inferida.
- Se no ha escogido un nodo para aplicarle la evidencia.

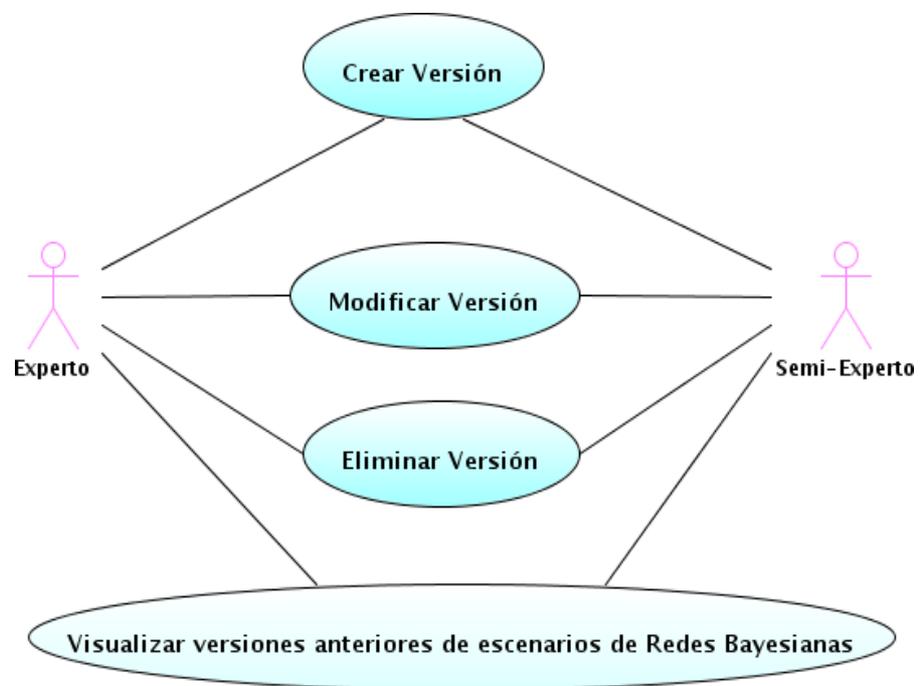
#### **Resultados:**

- No se muestra la red inferida con la evidencia aplicada.
- Los nuevos valores no son guardado en la base para la versión evaluada

### 3.4.4. Diagramas UML

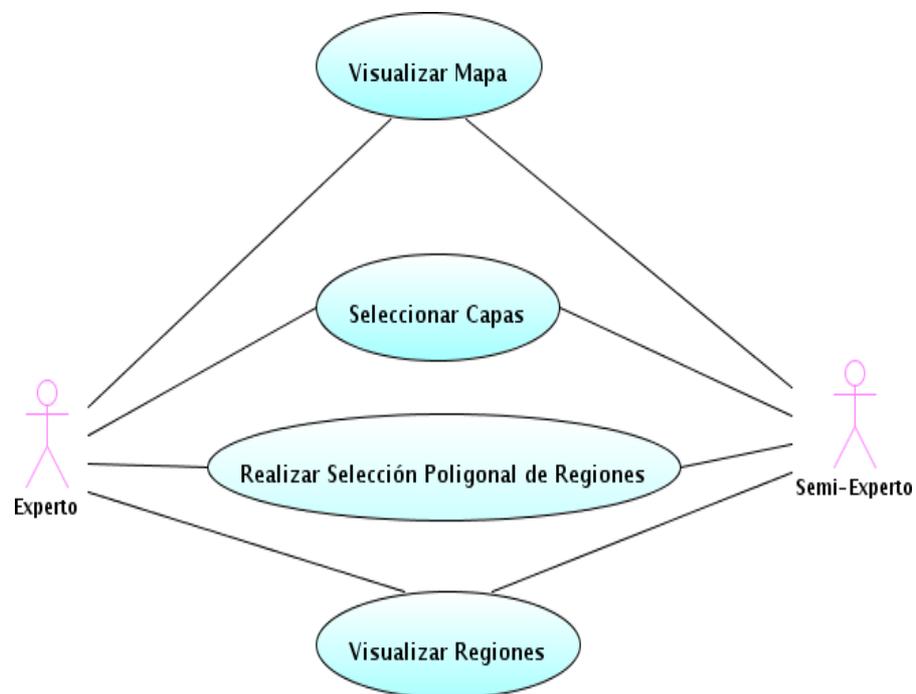
#### 3.4.4.1. Diagramas de Casos de Uso

Los diagramas de Casos de Uso permiten observar de manera gráfica la interacción que tiene cada uno de los actores (Experto y Semi-Experto) con los distintos casos de uso para cada sección.



**Figura 14. Diagrama de Casos de Uso de Versión**

El diagrama de Casos de Uso de Versión permite observar la interacción de ambos actores con el sistema para Crear, Modificar y Eliminar una Versión, así como la visualización de versiones anteriores de escenarios de Redes Bayesianas. En este caso ambos actores disponen de todas las opciones.



**Figura 15. Diagrama de Casos de Uso de Mapa**

El diagrama mostrado permite observar la interacción entre los actores y los casos de uso para visualizar el mapa, realizar la selección de capas para el mapa, realizar una selección poligonal de regiones asociadas a cada capa en el mapa, y visualizar las distintas regiones así como su información. Para este caso ambos actores pueden realizar todas las acciones.

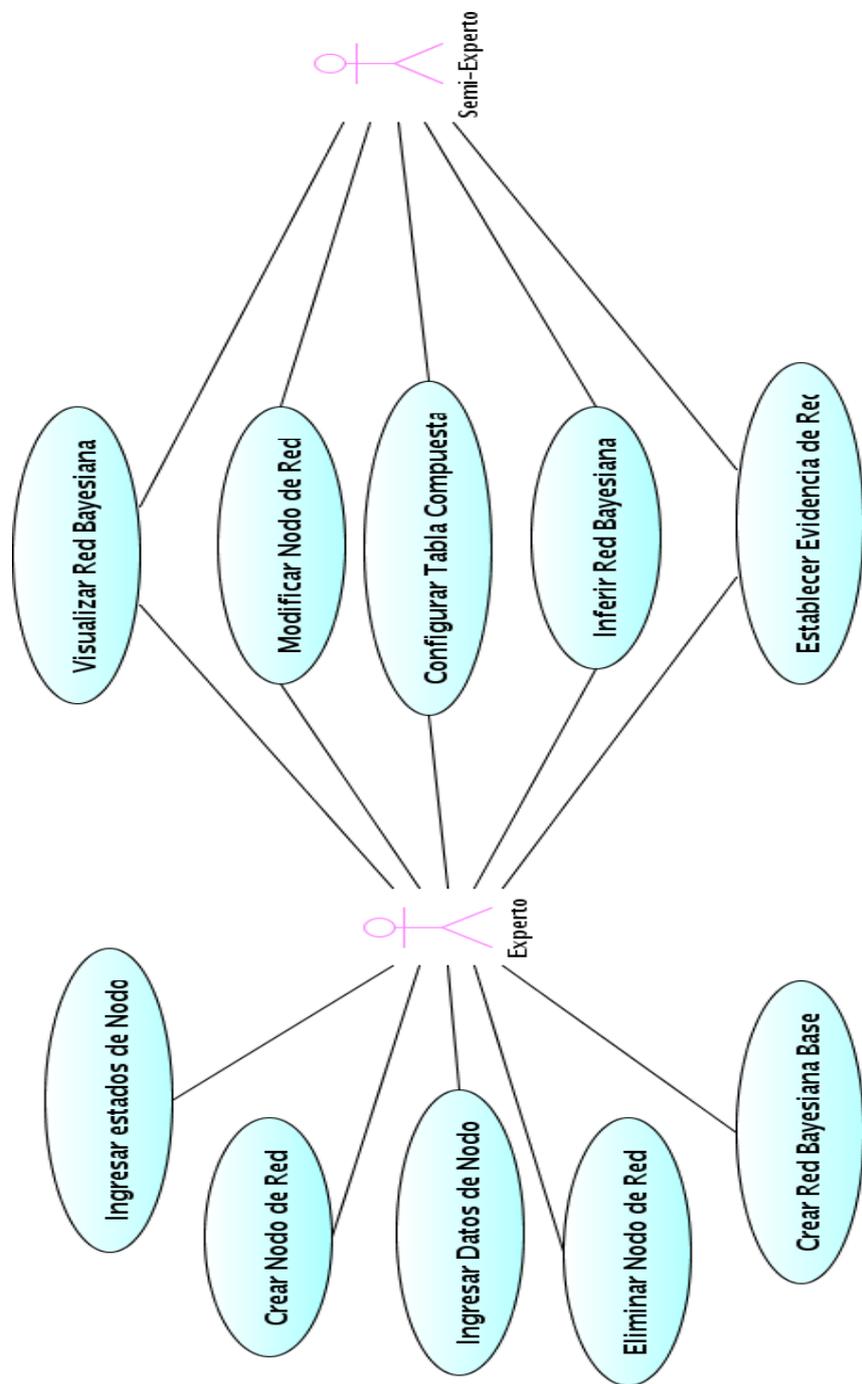
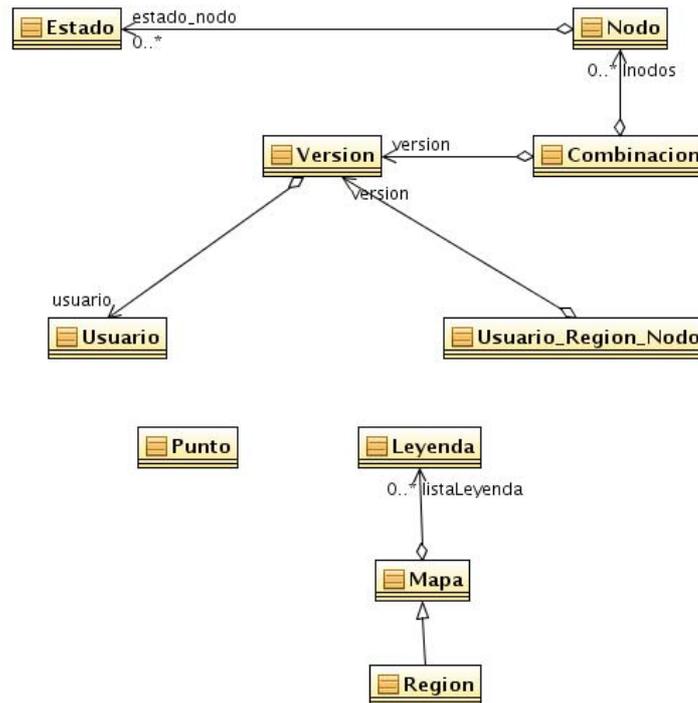


Figura 16. Diagrama de Casos de Uso de Red Bayesiana

En este diagrama se puede observar la interacción que tienen ambos actores para con los distintos casos de uso de la Red Bayesiana. Tal como se observa en el diagrama ambos actores pueden visualizar la Red Bayesiana, modificar un nodo de la red, configurar la tabla compuesta, inferir en la red y establecer la evidencia de la red. Para el caso del actor Experto, dispone de opciones restringidas al uso exclusivo de este actor, tales como el ingresar los estados de un nodo, crear un nodo en la red, ingresar los datos de un nodo, eliminar un nodo y crear una red base para su posterior uso.

### 3.4.4.2. Diagrama de Clases

El correspondiente Diagrama de Clases está definido por:



**Figura 17. Diagrama de Clases**

Algunas de las clases pertenecen exclusivamente para el funcionamiento de la Red Bayesiana y otras de la información geográfica.

Clases de la Red Bayesiana: Nodo, Estado, Combinación y versión.

Clases Información Geográfica: Punto, Leyenda, Mapa y Region.

La clase que interactúa entre la Información Geográfica y la Red Bayesiana es Usuario\_Region\_Nodo.

### 3.4.5. Modelo Lógico de la Base de Datos

#### 3.4.5.1. Modelo Lógico de la base de datos PostgreSQL

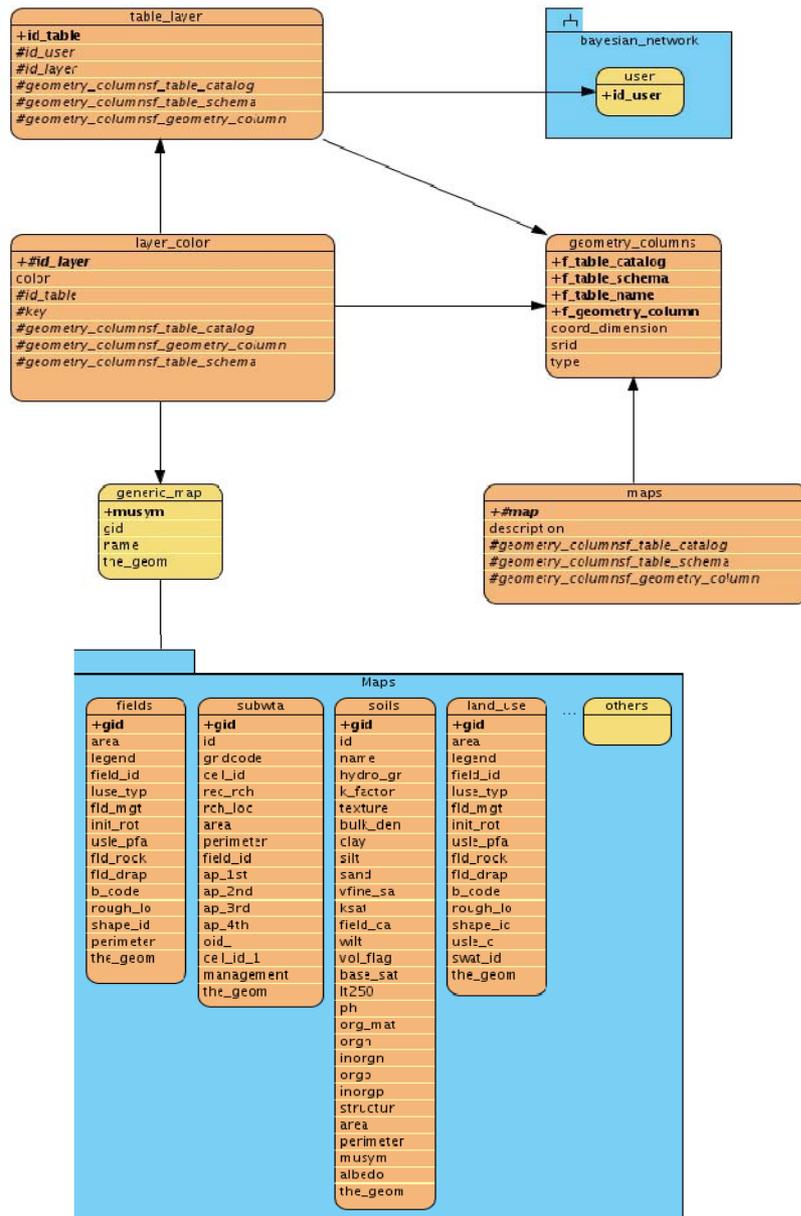


Figura 18. Modelo Lógico PostgreSQL

El diagrama del modelo lógico presentado permite expresar el diseño de las tablas asociadas a cada entidad en la base de datos de PostgreSQL usado para la manipulación de mapas.

### 3.4.6. Modelo Lógico de la base de datos MySql

Los diagramas mostrados a continuación representan el modelo lógico de la base de datos de MySql. Se listan las tablas normalizadas de la base con el identificador indicando si este es una clave primaria (pk) o clave foránea (fk):

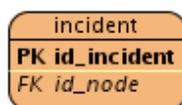


Figura 19. Tabla incident

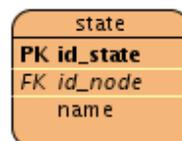


Figura 20. Tabla state

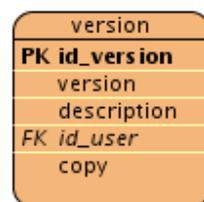


Figura 21. Tabla versio

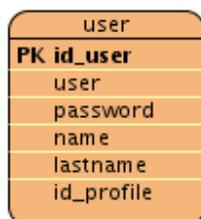


Figura 22. Tabla user

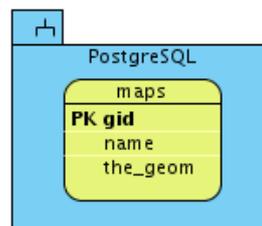


Figura 23. Tabla maps

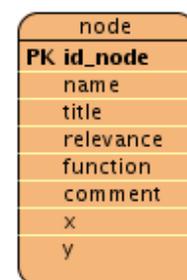


Figura 24. Tabla node

comb_1	
<b>PK id_comb1</b>	
FK id_node	
FK id_user	
id_region	
FK id_version	
<b>PF id_state</b>	
probability	

Figura 25. Tabla comb\_1

comb_2	
<b>PK id_comb2</b>	
FK id_node	
FK id_user	
id_region	
FK id_version	
FK id_state_1	
FK id_state_2	
probability	

Figura 26. Tabla comb\_2

comb_3	
<b>PK id_comb3</b>	
FK id_node	
FK id_user	
id_region	
FK id_version	
FK id_state_1	
FK id_state_2	
FK id_state_3	
probability	

Figura 27. Tabla comb\_3

comb_4	
<b>PK id_comb4</b>	
FK id_node	
FK id_user	
id_region	
FK id_version	
FK id_state_1	
FK id_state_2	
FK id_state_3	
FK id_state_4	
probability	

Figura 28. Tabla comb\_4

comb_5	
<b>PK id_comb5</b>	
FK id_node	
FK id_user	
id_region	
FK id_version	
FK id_state_1	
FK id_state_2	
FK id_state_3	
FK id_state_4	
FK id_state_5	
probability	

Figura 29. Tabla comb\_5

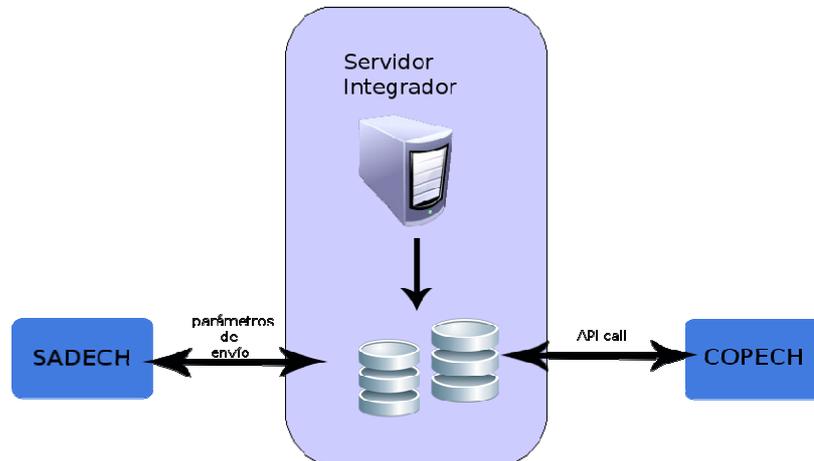
comb_6	
<b>PK id_comb6</b>	
FK id_node	
FK id_user	
id_region	
FK id_version	
FK id_state_1	
FK id_state_2	
FK id_state_3	
FK id_state_4	
FK id_state_5	
FK id_state_6	
probability	

Figura 30. Tabla comb\_6

comb_7	
<b>PK id_comb7</b>	
FK id_node	
FK id_user	
id_region	
FK id_version	
FK id_state_1	
FK id_state_2	
FK id_state_3	
FK id_state_4	
FK id_state_5	
FK id_state_6	
FK id_state_7	
probability	

Figura 31. Tabla comb\_7

### 3.5 Interfaz con el sistema SADECH



**Figura 32. Interfaz con SADECH**

El sistema SADECH (Sistema de Administración de Datos y Ejecutor AGNPS para Cuencas Hidrográficas) realiza el envío de datos, a la vez el sistema COPECH (Control de Pesticidas en Cuencas Hidrográficas) recibe estos datos para ser procesados y utilizados en la creación de la Red Bayesiana. Los datos de envío son definidos por el experto, así como el procesamiento de los datos por parte del sistema COPECH.

# **CAPITULO 4**

## **4. IMPLEMENTACION Y PRUEBAS**

### **4.1 Hardware y Software utilizados para la implementación**

#### **4.1.1. Hardware utilizado para la implementación**

Para la implementación (desarrollo) del sistema se ha hecho uso de 3 computadoras con las siguientes características:

- Procesador: Core 2 Duo
- Memoria: 2 Gb
- Disco Duro: 200 Gb
- Conexión a Internet

Para la puesta en producción del sistema es necesario un computador con las siguientes características:

- Procesador: Pentium IV
- Memoria: 1Gb
- Disco Duro: 40 Gb
- Conexión a Internet

#### **4.1.2. Software utilizado para la implementación**

Software utilizado para la implementación del sistema:

- Sistema Operativo: Kubuntu 8.10
- Base de datos: MySql, PostgreSQL

- IDE de desarrollo: Netbeans 6.\*

El uso del sistema operativo Kubuntu, corresponde a una sencilla instalación de Mapserver[7][8] en Linux, puesto que existen problemas con otras distribuciones de Linux donde muchas veces es necesario recompilar todos los paquetes en consola. En cuanto a las bases de datos, se empezó usando MySQL para el manejo de datos escalares, pero fue necesario el uso de PostgreSQL para el manejo de datos matriciales. El IDE usado fue Netbeans debido a la familiaridad con este entorno de desarrollo.

Software requerido para la puesta en producción del sistema:

- Sistema Operativo: Linux o Windows
- Base de datos: MySQL, PostgreSQL

## **4.2 Integración con el sistema SADECH**

El Sistema COPECH podría ser integrado con el Sistema SADECH de acuerdo al diagrama de la “Sección 3.5 Figura 20. Interfaz con SADECH”, con lo cual se establece una integración a nivel de base de datos, donde el sistema SADECH provee los datos que el sistema COPECH usará para crear la Red Bayesiana.

El procesamiento de los datos proveídos por SADECH deben ser establecidos por el experto para que una futura implementación se realice y de esta forma se automatice el proceso.

### 4.3 Plan de Pruebas

Se han realizado 9 casos de prueba esenciales para verificar el correcto funcionamiento de los módulos más importantes del sistema:

#### Caso de Prueba 1: Crear Versión

**Método:** Version\_Insert

**Datos de Prueba:**

Atributo	Valor
descripción	Versión prueba
versión base	Indira Nolivos

**Resultado:**

Se realiza la copia de la versión base a una nueva versión, el nombre de la nueva versión es el valor de descripción. El usuario puede visualizar el número de la nueva versión.

**Datos de Prueba:**

Atributo	Valor
descripción	Versión prueba
versión base	null

**Resultado:**

Error: Seleccione una versión.

**Datos de Prueba:**

Atributo	Valor
descripción	null
versión base	Indira Nolivos

**Resultado:**

Se realiza la copia de la versión sin la descripción del escenario

**Caso de Prueba 2: Crear Nodo**

**Método:** Node\_Insert

**Datos de Prueba:**

Atributo	Valor
nombre	nodo prueba
título	título nodo
x	50
y	100

**Resultado:**

Se crea un nuevo nodo con el nombre y título especificados por el usuario en la posición x, y dados.

**Datos de Prueba:**

Atributo	Valor
nombre	null
título	título nodo
x	50
y	100

**Resultado:**

Error: Ingrese el nombre del nodo.

**Datos de Prueba:**

Atributo	Valor
nombre	nodo prueba
título	null
x	50
y	100

**Resultado:**

Se crea un nuevo nodo con el nombre especificado por el usuario en la posición x, y dados. El título no es obligatorio.

**Datos de Prueba:**

Atributo	Valor
nombre	nodo prueba
título	título nodo
x	null
y	null

**Resultado:**

Error: Ingrese la posición x,y del nodo.

**Caso de Prueba 3: Añadir Estado**

**Método:** State\_Insert

**Datos de Prueba:**

Atributo	Valor
nombre	estado prueba
valor	0.5

**Resultado:**

Se crea un nuevo estado con el nombre y valor especificados por el usuario.

**Datos de Prueba:**

Atributo	Valor
nombre	estado prueba
valor	1.5

**Resultado:**

Error: La suma de los valores no puede ser mayor que 1.0.

**Caso de Prueba 4: Añadir Región**

**Método:** Comb\_1\_Insert

**Datos de Prueba:**

Atributo	Valor
capa	subwta
region #	BANCOL

**Resultado:**

Se crea una nueva región para el nodo actual.

**Nota:** La capa y la región a ingresar son seleccionadas de un combo box por lo cual no existen datos vacíos que puedan ser enviados.

**Caso de Prueba 5: Relación entre Nodos****Método:** Aceptar\_Nodo**Datos de Prueba:**

Atributo	Valor
nombre	nodo prueba

**Resultado:**

Se crea la relación entre el nodo seleccionado y el nodo actual.

**Nota:** El nombre del nodo a relacionar es seleccionado de una lista por lo cual no existen datos vacíos que puedan ser enviados.

**Caso de Prueba 6: Valores por Incidente****Método:** Incident\_Insert**Datos de Prueba:**

Atributo	Valor
estado 1 nodo actual estado a nodo relacionado	0.3
estado 2 nodo actual estado a nodo relacionado	0.7
estado 1 nodo actual estado b nodo relacionado	0.4
estado 2 nodo actual estado b nodo relacionado	0.6

**Resultado:**

Se ingresa los valores de la tabla simple del nodo incidente con el nodo actual.

**Datos de Prueba:**

Atributo	Valor
estado 1 nodo actual estado a nodo relacionado	null
estado 2 nodo actual estado a nodo relacionado	0.7
estado 1 nodo actual estado b nodo relacionado	null
estado 2 nodo actual estado b nodo relacionado	null

**Resultado:**

Se ingresa los valores de la tabla simple del nodo incidente con el nodo actual.

Los valores no ingresados son asumidos como 0 (cero).

**Datos de Prueba:**

Atributo	Valor
estado 1 nodo actual estado a nodo relacionado	null
estado 2 nodo actual estado a nodo relacionado	null
estado 1 nodo actual estado b nodo relacionado	null
estado 2 nodo actual estado b nodo relacionado	null

**Resultado:**

Se ingresa los valores de la tabla simple del nodo incidente con el nodo actual.

Los valores no ingresados son asumidos como 0 (cero).

**Caso de Prueba 7:** Ingresar valores en la tabla condicional compuesta de un nodo

**Método:** modificar\_probabilidad\_x\_id

**Nota:** La función para ingresar la tabla condicional varía dependiendo de las combinaciones posibles que tiene el nodo actual con los nodos padres.

**Datos de Prueba:**

El nodo actual tiene 2 nodos padres.

Tanto el nodo actual como los nodos padres tienen 2 estados c/u,

Atributo	Valor
estado 1 nodo actual estado a1 nodo padre1 estado b1 nodo padre2	0.3
estado 2 nodo actual estado a1 nodo padre1 estado b1 nodo padre2	0.7
estado 1 nodo actual estado a1 nodo padre1 estado b2 nodo padre2	0.4
estado 2 nodo actual estado a1 nodo padre1 estado b2 nodo padre2	0.6
estado 1 nodo actual estado a2 nodo padre1 estado b1 nodo padre2	0.1
estado 2 nodo actual estado a2 nodo padre1 estado b1 nodo padre2	0.9
estado 1 nodo actual estado a2 nodo padre1 estado b2 nodo padre2	0.6
estado 2 nodo actual estado a2 nodo padre1 estado b2 nodo padre2	0.4

**Resultado:**

Guarda los valores de los nodos padres con el nodo actual en la tabla condicional compuesta

**Datos de Prueba:****Ejemplo:**

El nodo actual tiene 2 nodos padres.

Tanto el nodo actual como los nodos padres tienen 2 estados c/u.

Atributo	Valor
estado 1 nodo actual estado a1 nodo padre1 estado b1 nodo padre2	0.3
estado 2 nodo actual estado a1 nodo padre1 estado b1 nodo padre2	0.7
estado 1 nodo actual estado a1 nodo padre1 estado b2 nodo padre2	null
estado 2 nodo actual estado a1 nodo padre1 estado b2 nodo padre2	0.6
estado 1 nodo actual estado a2 nodo padre1 estado b1 nodo padre2	null
estado 2 nodo actual estado a2 nodo padre1 estado b1 nodo padre2	0.9
estado 1 nodo actual estado a2 nodo padre1 estado b2 nodo padre2	0.6
estado 2 nodo actual estado a2 nodo padre1 estado b2 nodo padre2	null

**Resultado:**

Guarda los valores de la tabla condicional compuesta de los nodos padres con el nodo actual. Las probabilidades que tiene null se reemplazan con ceros.

**Datos de Prueba:****Ejemplo:**

El nodo actual tiene 2 nodos padres.

Tanto el nodo actual como los nodos padres tiene 2 estados c/u.

Atributo	Valor
estado 1 nodo actual estado a1 nodo padre1 estado b1 nodo padre2	null
estado 2 nodo actual estado a1 nodo padre1 estado b1 nodo padre2	null
estado 1 nodo actual estado a1 nodo padre1 estado b2 nodo padre2	null
estado 2 nodo actual estado a1 nodo padre1 estado b2 nodo padre2	null
estado 1 nodo actual estado a2 nodo padre1 estado b1 nodo padre2	null
estado 2 nodo actual estado a2 nodo padre1 estado b1 nodo padre2	null
estado 1 nodo actual estado a2 nodo padre1 estado b2 nodo padre2	null
estado 2 nodo actual estado a2 nodo padre1 estado b2 nodo padre2	null

**Resultado:**

Guarda los valores de la tabla condicional compuesta de los nodos padres

con el nodo actual. Las probabilidades que tiene null se reemplazan con ceros.

### **Caso de Prueba 8: Aplicar Inferencia a la Red Bayesiana**

**Método:** CalculoDeInferencia

**Datos de Prueba:**

- Los estados de los nodos marginales con sus probabilidades correctamente ingresados.
- Las tablas condicionales compuestas o simples ingresadas correctamente.

**Resultado:**

Se demuestra gráficamente en la red cada nodo con sus respectivos estados con valores probabilísticos válidos.

**Datos de Prueba:**

- Los estados de los nodos marginales con sus probabilidades correctamente ingresados.
- Algunos nodos no tienen llenas sus tablas condicionales compuestas ni simples.

**Resultado:**

Se demuestra gráficamente en la red algunos nodos con sus valores probabilísticos ceros.

**Datos de Prueba:**

- Algunos estados de los nodos marginales con sus probabilidades no fueron llenados.
- Las tablas condicionales compuestas o simples ingresadas correctamente.

**Resultado:**

Se demuestra gráficamente en la red algunos nodos con sus valores probabilísticos ceros.

**Caso de Prueba 9: Aplicar Evidencia en un nodo**

**Método:** CambiarValorEvidencia

**Datos de Prueba:**

- Escoge el estado de un nodo donde existe la evidencia.

**Resultado:**

Se demuestra gráficamente que el estado del nodo que se aplicó la evidencia cambia su probabilidad a 100% y otro(s) estados a 0%. La aplicación de la evidencia afecta a los nodos aledaños a este cambiando sus valores probabilísticos.

#### **4.4 Evaluación de Resultados**

Utilizando la metodología planteada inicialmente, ligado a la evaluación de herramientas libres, obtuvimos como resultado lo siguiente:

- El desarrollo de prototipos iniciales del módulo de mapas geográficos se pudo obtener en un tiempo reducido a partir del uso de la herramienta Mapserver, la cual está disponible de forma libre y provee las características necesarias para cumplir los requerimientos funcionales de este módulo del sistema. Como base de datos se escogió Postgis como extensión de PostgreSQL, debido a las funcionalidades que proveía para la interpretación de datos geográficos. A continuación mostramos una comparación visual del programa que se usaba antes para la visualización de mapas geográficos y la interfaz creada para el sistema:

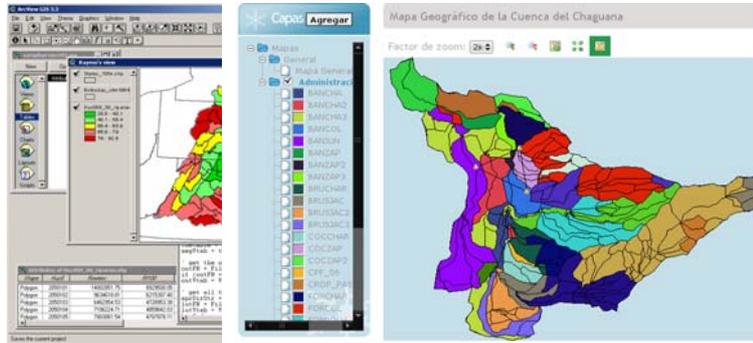
**Resultado:**

Se demuestra gráficamente que el estado del nodo que se aplicó la evidencia cambia su probabilidad a 100% y otro(s) estados a 0%. La aplicación de la evidencia afecta a los nodos aledaños a este cambiando sus valores probabilísticos.

**4.4 Evaluación de Resultados**

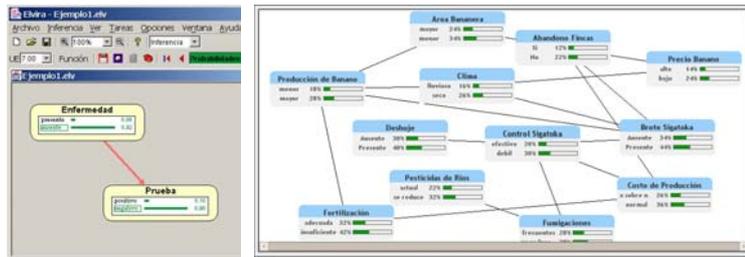
Utilizando la metodología planteada inicialmente, ligado a la evaluación de herramientas libres, obtuvimos como resultado lo siguiente:

- El desarrollo de prototipos iniciales del módulo de mapas geográficos se pudo obtener en un tiempo reducido a partir del uso de la herramienta Mapserver, la cual está disponible de forma libre y provee las características necesarias para cumplir los requerimientos funcionales de este módulo del sistema. Como base de datos se escogió Postgis como extensión de PostgreSQL, debido a las funcionalidades que proveía para la interpretación de datos geográficos. A continuación mostramos una comparación visual del programa que se usaba antes para la visualización de mapas geográficos y la interfaz creada para el sistema:



**Figura 33. Mapa en ArcView**      **Figura 34. Mapa en SSDCOPECH**

- El desarrollo de prototipos para el manejo de redes bayesianas se hizo a partir del proyecto ELVIRA, del que se tomaron ciertas funcionalidades como base para el desarrollo posterior del módulo de Inferencia y aplicación de Evidencia. A continuación mostramos una comparación visual del programa que se usaba antes para la visualización de la inferencia y la interfaz creada para el sistema:



**Figura 35. Inferencia en Elvira**      **Figura 36. Inferencia en SSDCOPECH**

A partir del desarrollo de los prototipos, se tuvo una idea más clara de la visión del experto y pudimos adoptar la metodología RUP, para lo cual se desarrollaron los

diversos casos de uso, DIOs y demás artefactos requeridos en la metodología.

Con lo anterior, se pudo definir la interacción entre el módulo geográfico y el módulo de análisis probabilístico, lo cual permitió al experto tener una visión integral de la aplicación del sistema de información geográfica y del modelo bayesiano para ponderar el impacto de la aplicación de pesticidas en sectores aledaños a una cuenca hidrográfica.

Con la visión integral del sistema, el análisis de escenarios que involucran la aplicación de pesticidas en sectores aledaños a una cuenca hidrográfica pudo ser solventado por el sistema desarrollado en este proyecto.

**CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

Basado en las herramientas de software libre utilizadas en este proyecto podemos concluir lo siguiente:

1. El uso de herramientas con tecnología WEB 2.0 junto con Mapserver permitió mejorar la interacción entre un usuario con un SIG de forma remota, facilitando de gran manera la selección de regiones para su posterior obtención y manejo de los datos geográficos digitales.
2. El uso de la extensión Postgis para la base de datos de PostgreSQL facilitó la interpretación de datos geospaciales para la obtención de información de las diversas regiones entre capas, haciendo que sea óptima la selección de celdas y/o regiones a través de un mapa geo-referencial.

A partir de los resultados obtenidos podemos concluir lo siguiente:

3. La interfaz realizada para la visualización de los grafos (Red Bayesiana) permitió al usuario experto obtener mejor entendimiento sobre los resultados inferidos, facilitando la toma de las decisiones al establecer un control ambiental sobre la aplicación de pesticidas en cuencas hidrográficas.

4. La visualización de mapas geoespaciales facilitó al experto la interpretación de los datos para el posterior análisis de los escenarios relacionados con la red.

## RECOMENDACIONES

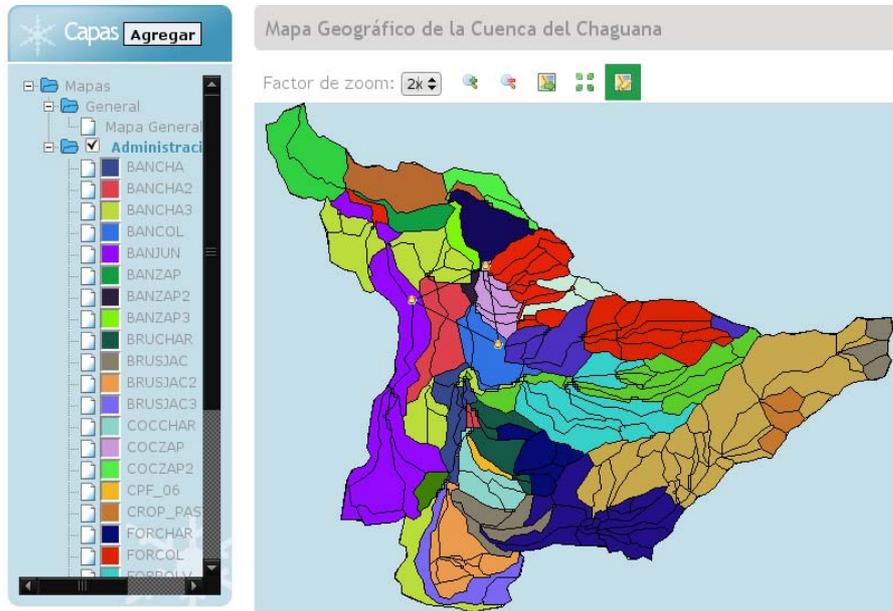
1. Se recomienda al usuario que al crear una versión agregue una descripción para que en futuro si desea revisar esa versión sabrá que se hizo en la misma.
2. En el caso de que exista una modificación geográfica en alguna región, se recomienda actualizar la información de la región para que los demás usuarios vean reflejado en sus respectivas sesiones los cambios.
3. Para el buen funcionamiento del sistema se recomienda que se elija a una persona experta en cuencas hidrográficas y químicos como los pesticidas, dado que esa persona conoce sobre las variables que intervienen en el estudio y así realizar una red bayesiana con resultados aceptables.
4. Se recomienda usar Postgis y Mapserver para el manejo de datos geoespaciales, ya que estos facilitan el manejo e interpretación de los datos y son de fácil instalación.
5. Se recomienda para futuras versiones elaborar un módulo de mantenimiento de datos, para poder utilizar nuevos mapas y poderlos asociar con la información respectiva.

6. Se recomienda usar Kubuntu o alguno de sus derivados para la instalación de Mapserver, ya que en este sistema operativo se facilita su instalación.

# **BIBLIOGRAFIA**

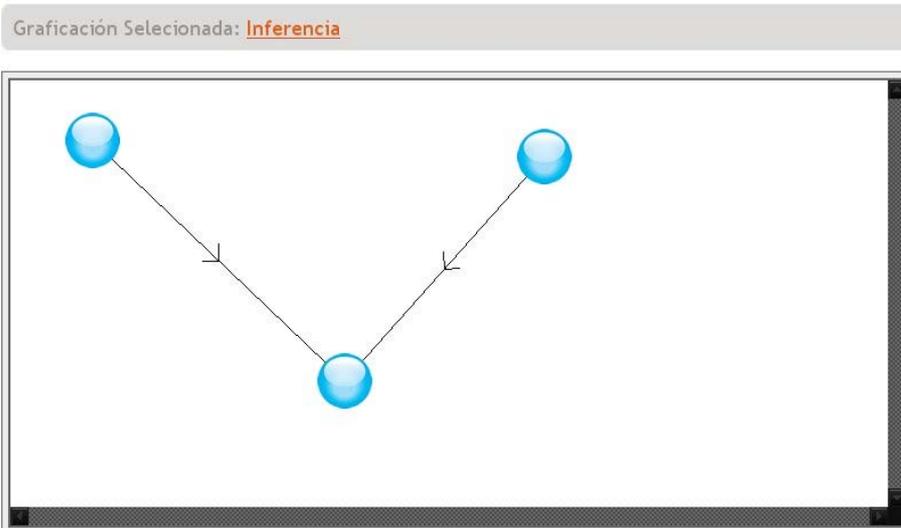
1. *Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas* - <http://www.edukativos.com/apuntes/archives/405>
2. Neapolitan, Richard. *Learning Bayesian Networks*. Prentice Hall. Marzo 2003
3. Varis, O. *A belief network approach to optimization and parameter estimation: application to resource and environmental management*. Junio de 1997
4. Stassopoulou A. *Application of a Bayesian network in a GIS based decision making system*. 1998
5. *Proyecto ELVIRA* - <http://www.ia.uned.es/~elvira/>
6. Manual de Postgis - <http://postgis.refractory.net/documentation/postgis-spanish.pdf>
7. Mobile Graphics. *Simple Recipes for the UMN Mapserver*. <http://www.mobilegeographics.com/mapserver/>
8. *Mapserver Documentation* - <http://www.mapserver.org/documentation.html>

# **ANEXOS VARIOS**



**Figura 37. Mapa Geográfico de la Cuenca del Río Chaguana**

Indira Notivos (Administrador)



**Figura 38. Red Bayesiana de Prueba**

Propiedades del Nodo

Estados		Regiones
Nombre	Valor	
c1	0.26	
c2	0.74	

Figura 39. Tabla de Propiedades de Nodo: Sección Estados

Propiedades del Nodo

Tipo de Relación:  Probabilística  Determinística

A	b1	b1	b2	b2
B	a1	a2	a1	a2
c1	0.2	0.3	0.4	0.5
c2	0.8	0.7	0.6	0.5

Figura 40. Propiedades del Nodo: Sección Tabla Condicional Compuesta

## Indira Notivos (Administrador)

Inferencia Red Bayesiana

[Ver Versiones](#)

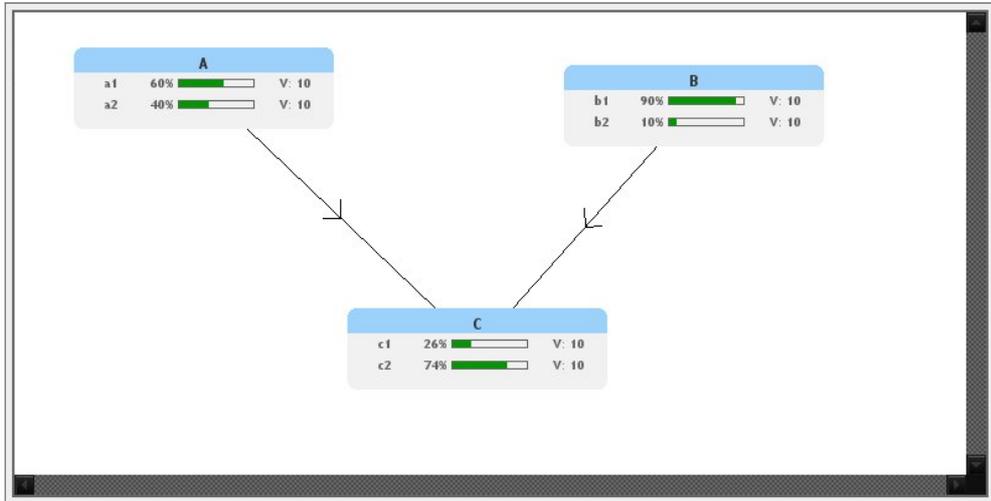


Figura 41. Red Bayesiana de prueba una vez aplicada la inferencia

# GLOSARIO DE TERMINOS

**Chaguana.** Cuenca hidrográfica situada en la Provincia de El Oro, conformada por dos ríos Zapote y Chaguana.

**Celda.** División realizada a una cuenca hidrográfica, para realizar un estudio del área, entre más pequeña sea la división con más exactitud se obtendrán resultados.

**Pesticida.** Son sustancias que matan o impiden el crecimiento a ciertos organismos competidores del hombre y sus intereses, sobre todo en cultivos agrícolas.

**Cultivos.** Conjunto de vegetación manejada técnica e integralmente con el propósito de utilizarla en la alimentación o en la industria. Comenzó con la domesticación de las plantas en el inicio de la agricultura.

**Cuenca hidrográfica.** Área geográfica limitada en la parte superior por las divisorias de agua y en la inferior por el cauce receptor, sobre la cual las fuentes hidrográficas y el agua lluvia que cae se dirigen o convergen en busca de un río o lago central que actúa como colector principal.

**Geo-espacial.** Término utilizado para describir la combinación de software espacial con los métodos de análisis de datos geográficos o terrestres.

**Región.** Área de terreno considerable que por sus características de biodiversidad, clima. Ubicación geográfica la hacen especial, única o fácilmente distinguible de las demás.

**MySql.** Es un sistema de gestión de base de datos relacional, multihilo y multiusuario.

**PostgreSQL-PostGis.** Es un módulo que añade soporte de objetos geográficos a la base de

datos objeto-relacional [PostgreSQL](#), convirtiéndola en una [base de datos espacial](#) para su utilización en [Sistema de Información Geográfica](#).

**Netbeans.** Se refiere a una [plataforma](#) para el desarrollo de aplicaciones de escritorio usando [Java](#) y a un [entorno de desarrollo integrado](#) (IDE) desarrollado usando la Plataforma NetBeans.

**Java.** Es un [lenguaje de programación orientado a objetos](#) desarrollado por [Sun Microsystems](#).

**Fuentes puntuales.** Descargan contaminantes en localizaciones específicas a través de tuberías y alcantarillas. Ejemplo: Fábricas, plantas de tratamiento de aguas negras, minas, pozos petroleros, etc.

**Fuentes no puntuales.** Son grandes áreas de terreno que descargan contaminantes al agua sobre una región extensa. Ejemplo: Vertimiento de sustancias químicas, tierras de cultivo, lotes para pastar ganado, construcciones, tanques sépticos.

**Mapserver.** Entorno de desarrollo en código abierto para la creación de aplicaciones SIG en Internet/Intranet con el fin de visualizar, consultar y analizar información geográfica a través de la red mediante la tecnología Internet Map Server.