

VIII Seminario

La Sostenibilidad un Punto de Encuentro

Estrategias para una Ciudad Sostenible

La empresa, una mirada desde el
enfoque de sostenibilidad.



Marta Luz Arango Uribe.
Carlos Javier Barrera Causil.
Vladimir Pallares Arboleda.

Grupo de Investigación Davinci
Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas
Instituto Tecnológico Metropolitano

Agosto de 2017



Agenda

- Introducción
 - Objetivo
 - Definiciones básicas
 - Metodología
 - Resultados
 - Conclusiones y trabajos futuros
 - Referencias
-

Introducción

El modelo de empresa sostenible, es una **herramienta conceptual** útil para **entender** cómo una **empresa crea valor económico, ambiental, social**.

Este **concepto** se apoya en **modelos científicos** de **índole estadístico** tales como las redes bayesianas, que presentan una versión simplificada de la realidad empresarial.

En este trabajo, se usa la técnica estadística de **Red Bayesiana (RB)**, para representar de manera **probabilista** el modelo de empresa sostenible

Importancia

Crear **rentabilidad económica**, **progreso social**, **conservación** del medio *ambiente*.

Mejorar las **condiciones socio económicas** de los recuperadores informales

Mejorar la **eficiencia del sistema** de aseo para **aumentar la tasa de reciclaje** (aprovechamiento de materiales)

Prolongar la **vida útil** del sitio de **disposición final**, contribuyendo a la **disminución de impactos ambientales**.

Problema

- Bajo nivel de organización.
- Deficientes condiciones sociales y laborales (Secretaria de Medio Ambiente; Municipio de Medellín, 2015).
- Medios de trabajo rudimentarios.
- Intermediarios, que fijan el precio y formas de pago (Poschen, 2014b).
- El desarrollo de empresa como fuente generadora de empleo; solo buscaba, beneficios económicos para empresas y empresarios (Yepes, 2005a).



Generación en 2013: **589.428** toneladas de **RSU**
Producción per cápita: **0,57 Kg/hab/día**
Residuos dispuestos: **94%**
Residuos aprovechados: **15%**
(Medellín Cómo Vamos, 2014)(Zapata, 2015).

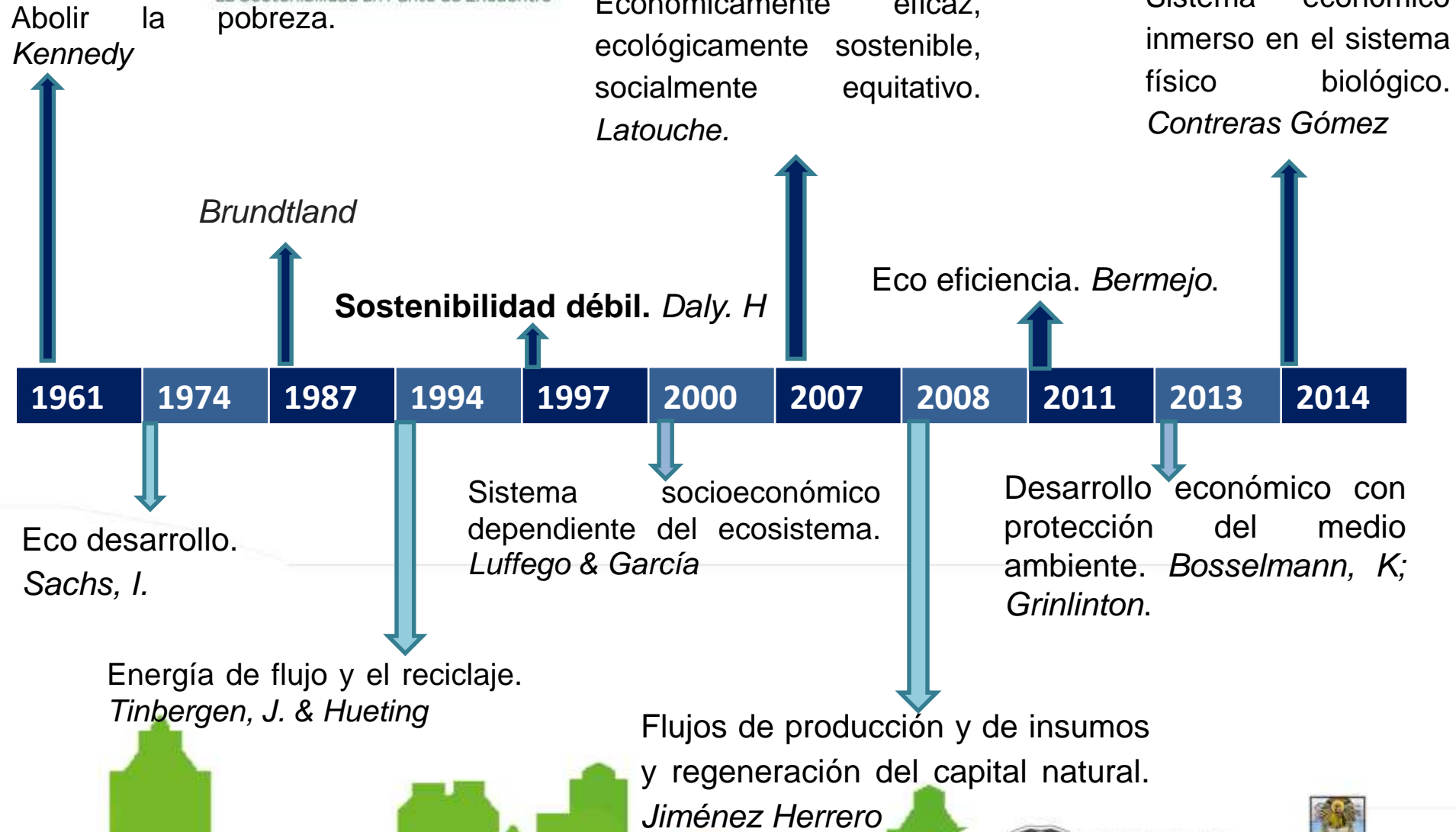
Crecimiento demográfico, aumento en los ingresos, estilo de vida y falta de conciencia ambiental (Aubad & Valdés, 2014)

La Comuna 12-La América:
habitantes **96603** en 2015; Índice de
calidad de vida de vida: **89.58%**
(Alcaldía de Medellín, 2005; 2015)

Reflejándose en el **mapa de rutas de recolección de material de reciclaje**,
(Joya Camacho, 2014)

VIII Seminario

La Sostenibilidad un Punto de Encuentro



Enfoque de DS como gestión

Equidad social	Eficiencia económica	Conservación Ambiental
Beneficios para la sociedad local	Viabilidad de las actividades económicas en las regiones	Preservación de la biodiversidad
Empleo	Viabilidad de las empresas	Utilización racional de recursos
Renta	Satisfacción de la demanda	
Calidad de vida		Conservación de los recursos naturales
Participación pública		
Respeto a valores socioculturales		

Fuente: con base en (Hall, 2008)(Velázquez, 2007) (English Tourist Board, 1991)

DS desde Punto de vista empresarial



(Fowler & Hope, 2007)

(Club de Excelencia en Sostenibilidad, 2004)

Modelos de sostenibilidad

Aspecto conceptual	Modelo físico	Modelos de carácter cuantitativo de índole estadístico-económico
Relación del hombre frente a los límites de sus recursos naturales .	Limitado a la dimensión ambiental .	Modeliza un fenómeno a través de variables y la relación de dependencia (causa-efecto).
Emitir advertencias.	Reducir la incertidumbre	Facilitar la predicción de diagnósticos

Con base en (Todorov & Marinova, 2009a).(Litfin, 1994). (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)



Relación empresas - sociedad (Milberg, Paladino, & Vassolo, 2001).

proceso estratégico (World bank, 2006).

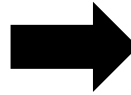
Con base al concepto de la **causalidad** (OECD, 1993) (Guttman, Zorro, Cuervo, & Ramirez, 2004)



The Dow Jones Sustainability World Index (DJSI)

Criterios, para empresas que *quieren adoptar* las **mejores prácticas sostenibles** (RobecoSAM Corporate, 2016a)

La filosofía de la medición de la sostenibilidad, se **fundamenta** en la **creencia** de que ésta debe tener un **impacto positivo** en el **rendimiento** de la empresa (Barkawi, 2004).



Ponderación de factores que componen el DJSI	
Económica	30,6%
Social	9,2%
Ambiental	20,4%
Criterios Industria / Análisis stakeholders	39,8%
Total	100

Fuente: con base en (RobecoSAM Corporate, 2016c); (RobecoSAM Corporate, 2015, 2016b); (Rosales Hernández, 2014) (Fowler & Hope, 2007)

Arquetipo

Para este trabajo, es **la creación de valor a partir de residuos sólidos** (Bocken et al., 2014).

Propuesta de valor: flujos de residuos en valiosos insumos para otras cadenas productivas.

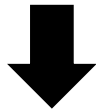
Captura de valor: Los costos económicos y ambientales se reducen mediante la reutilización de residuos.

Creación y entrega de valor: alianzas empresariales, para capturar y transferir los flujos de residuos para su aprovechamiento

Modelización estadística de la empresa sostenible

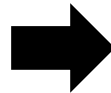
Una **alternativa** para el desarrollo de modelos empresariales con probabilidad de ser sostenibles, es la **utilización de modelos estadísticos**; cuya característica es la **de reproducir los fenómenos empresariales** de manera más **cercana posible** a la realidad.

A. Análisis descriptivo (meta-análisis)



B. Modelo de regresión lineal múltiple (MRLM) (Kizys & Ángel A, 2004).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \dots + \beta_k \cdot X_k + \varepsilon$$



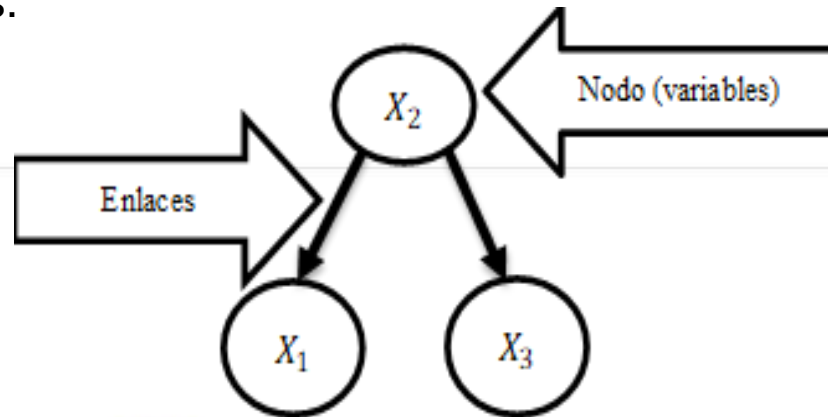
C. Modelos gráficos

Usados para trabajar, con **independencias condicionales** entre las **variables de un problema de investigación** dado (Whittaker, 1990).

Red Bayesiana (RB)

Es una representación gráfica de dependencias para *razonamiento probabilístico*, en la cual los **nodos** representan variables aleatorias y los enlaces representan relaciones de dependencia directa entre las variables (García, Puga, Cano Guillén, Gea, & de la Fuente Sánchez, 2006).

Razonamiento Probabilístico consiste en propagar los efectos de la *probabilidad a priori* (estado ideal) a través de la red para conocer la *probabilidad a posteriori* (resultado) de las variables.



Metodología

- Revisión de literatura, meta-análisis.
- Diseño de la encuesta, trabajo de campo.
- Construcción del modelo lineal exploratorio.
- Aplicación de red bayesiana.

Resultados meta-análisis asociados al aspecto económico

Aspecto económico	Rentabilidad	Costos	Marketing	Gestión organizacional
Importancia en el DS	16.14%	13.61%	13.61%	10.76%

Aspecto económico	Regulación económica	Ingresos	Otros
Importancia en el DS	6.96%	5.70%	33.22%

Fuente: con base en (Nidumolu, 2009); (World bank, 2014); (World Bank, 2015); (Bocken et al., 2014); (Joya Camacho, 2014); (Terraza & Sturzenegger, 2010); (Knut Haanaes, David Michael, Jeremy Jurgens, 2013); (K. U. Shah, 2015); (Harangozó & Zilahy, 2015); (United Nations, 2007); (Ramírez, 2012); (Suthar & Singh, 2015); (Schuschny & Soto, 2009); (Eccles & Serafeim, 2013); (WBCSD, 2013); (ICChem, 2002); (Zaman, 2014); (Schwarz et al., 2002); (Aubad & Valdés, 2014); (Chavarro & Soacha, 2007); (Giurco et al., 2015); (Gallop, 2003); (Fujii et al., 2012); (Fujii et al., 2012); (Gouvernement du Québec, 2016); (Alfeld, 2014); (Alcaldía de Medellín, 2010); (Alcaldía de Medellín, 2005); (Fowler & Hope, 2007); (Gouvernement du Québec, 2014); (Feitó Cespón et al., 2015); (Rauter et al., 2015); (Lin et al., 2016); (Joslyn Institute for Sustainable Communities Sustainability, 2015); (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, 2013); (Székely, 2005); (Blázquez & Peretti, 2012); (Burger et al., 2009); (Larson et al., 2000); (DesJardins, 2005); (García Vilchez et al., 2009); (Larson et al., 2013); (Gebauer & Saul, 2014)

Resultados meta-análisis asociados al aspecto ambiental

Aspecto Ambientales	Gestión ambiental	Emisiones Gases efecto invernadero	Reciclaje	Consumo materiales
Importancia en el DS	31.40%	19.77%	15.12%	6.98%

Aspecto Ambientales	Biodiversidad	Generación de residuos sólidos	Paisaje	Otros
Importancia en el DS	3.10%	10.08%	3.10%	10.45%

Fuente: con base en (Nidumolu, 2009); (World bank, 2014); (World Bank, 2015); (Bocken et al., 2014); (Joya Camacho, 2014); (Terraza & Sturzenegger, 2010); (Knut Haanaes, David Michael, Jeremy Jurgens, 2013); (K. U. Shah, 2015); (Harangozó & Zilahy, 2015); (United Nations, 2007); (Ramírez, 2012); (Suthar & Singh, 2015); (Schuschny & Soto, 2009); (Eccles & Serafeim, 2013); (WBCSD, 2013); (IChem, 2002); (Zaman, 2014); (Schwarz et al., 2002); (Aubad & Valdés, 2014); (Chavarro & Soacha, 2007); (Giurco et al., 2015); (Gallop, 2003); (Fujii et al., 2012); (Fujii et al., 2012); (Gouvernement du Québec, 2016); (Alfeld, 2014); (Alcaldia de Medellín, 2010); (Alcaldia de Medellín, 2005); (Fowler & Hope, 2007); (Gouvernement du Québec, 2014); (Feitó Cespón et al., 2015); (Rauter et al., 2015); (Lin et al., 2016); (Joslyn Institute for Sustainable Communities Sustainability, 2015); (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, 2013); (Székely, 2005); (Blázquez & Peretti, 2012); (Burger et al., 2009); (Larson et al., 2000); (DesJardins, 2005); (García Vilchez et al., 2009); (Larson et al., 2013); (Gebauer & Saul, 2014)

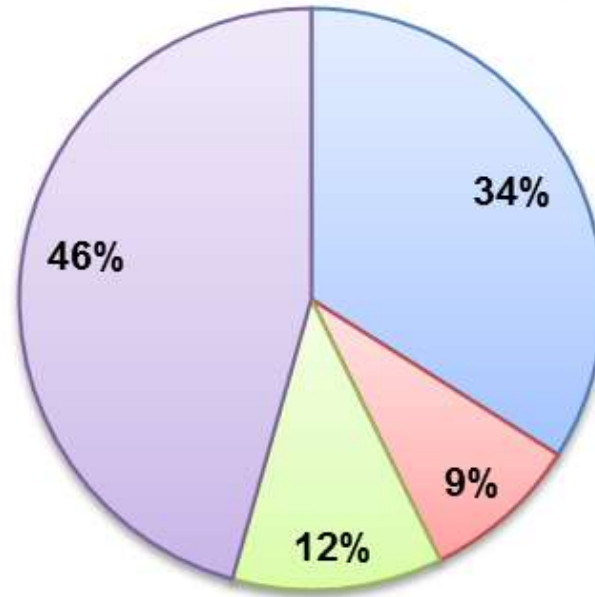
Resultados meta-análisis asociados al aspecto social

Aspecto Sociales	Demográficas	Seguridad salud en trabajo	Calidad de vida	Stakeholder
Importancia en el DS	24,24%	8.33%	7.58%	6,06%

Aspecto Sociales	Clientes	Responsabilidad Social empresarial	Recuperación espacio publico	Otros
Importancia en el DS	5.33%	5.33%	4,55%	38.58%

Fuente: con base en (Nidumolu, 2009); (World bank, 2014); (World Bank, 2015); (Bocken et al., 2014); (Joya Camacho, 2014); (Terraza & Sturzenegger, 2010); (Knut Haanaes, David Michael, Jeremy Jurgens, 2013); (K. U. Shah, 2015); (Harangozó & Zilahy, 2015); (United Nations, 2007); (Ramírez, 2012); (Suthar & Singh, 2015); (Schuschny & Soto, 2009); (Eccles & Serafeim, 2013); (WBCSD, 2013); (IChem, 2002); (Zaman, 2014); (Schwarz et al., 2002); (Aubad & Valdés, 2014); (Chavarro & Soacha, 2007); (Giurco et al., 2015); (Gallop, 2003); (Fujii et al., 2012); (Fujii et al., 2012); (Gouvernement du Québec, 2016); (Alfeld, 2014); (Alcaldía de Medellín, 2010); (Alcaldía de Medellín, 2005); (Fowler & Hope, 2007); (Gouvernement du Québec, 2014); (Feitó Cespón et al., 2015); (Rauter et al., 2015); (Lin et al., 2016); (Joslyn Institute for Sustainable Communities Sustainability, 2015); (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, 2013); (Székely, 2005); (Blázquez & Peretti, 2012); (Burger et al., 2009); (Larson et al., 2000); (DesJardins, 2005); (García Vilchez et al., 2009); (Larson et al., 2013); (Gebauer & Saul, 2014)

Dimensiones del DS incluidas en las metodologías de formulación y evaluación de proyectos



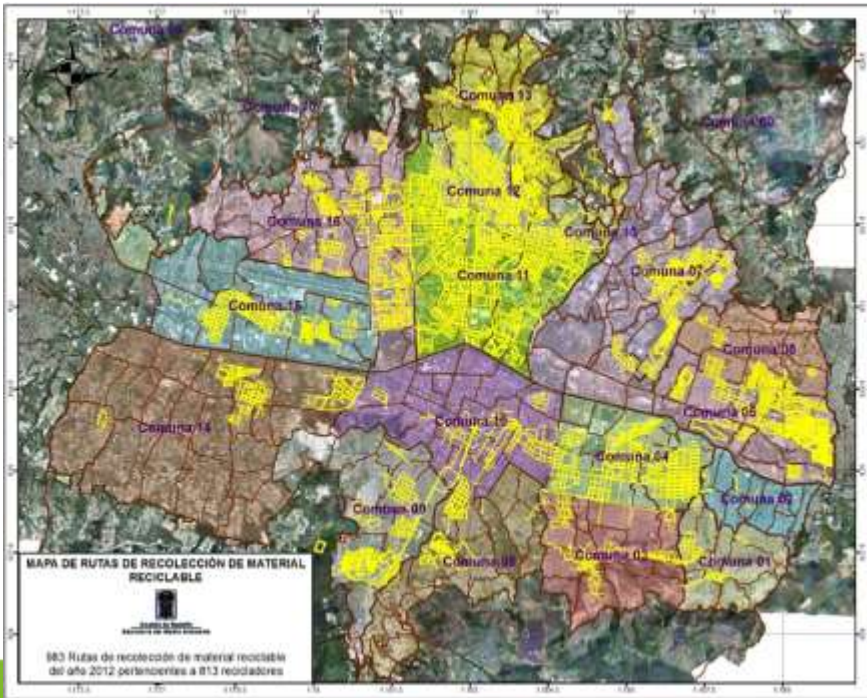
■ Económicos ■ Ambientales ■ Sociales ■ Otros

Fuente: con base en (Sapag Chain, 2001); (Sapag & Sapag, 2008); (Gutierrez, 2005); (Vivallo, 2007); (Pimentel, 2008); (Rodríguez, 2008); (Roura & Cepeda, 1999); (Hernández H, Hernández V, & Hernández S, 2005); (Universidad Nacional de Colombia, 2007); (Departamento Nacional de Planeación, 2015); (Mokate, Cuervo de Forero, & Vallejos, 2004); (Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos, 2015); (Giraldo Montoya, 2010); (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2015); (Subdirección Territorial y de Inversiones Públicas DNP, 2013)

Diseño de la encuesta

Condición del reciclador CENSO 2012	Cantidad
Formalizados	1787
Habitante de Calle	968
Informal	469
Ocasional	438
Total	3662

Fuente: con base a (Joya Camacho, 2014)



Fuente: (Joya Camacho, 2014)

Muestreo por área para 907 recuperadores informales.

$$\text{Recuperador informal en comuna}_i = \frac{\text{cuadriculas comuna}_i * \text{población censo}}{\text{total cuadriculas mapa}}$$

$$= \frac{9 * 907}{300} = 105$$

Tamaño de muestra

Ítem	Valor
Error (ϵ)	0,07
Proporción estimada (P)	0,5
Población (N)	105
Nivel de confianza ($z_{\alpha/2}$)	95%
n_0	118,5679
Tamaño de muestra (n)	65



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA



Alcaldía de Medellín
Cuenta con vos

Construcción Red bayesiana

Definición del objetivo de la red bayesiana

Identificación de nodos relevantes para cumplir con el propósito de la red bayesiana.

Asignación de estados de frecuencia a los nodos. se asignan estados tales como: **si, no, alto, moderado y bajo.**

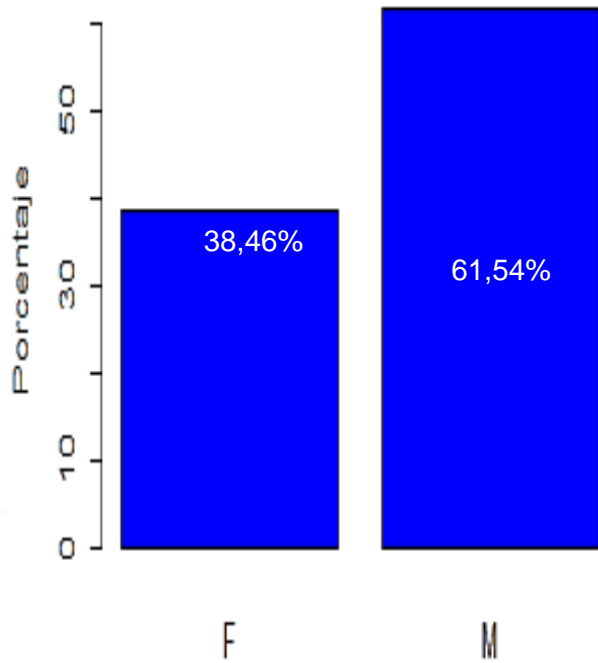
Definición de las probabilidades **a priori**

Obtención de las probabilidades a posteriori. Teorema de Bayes

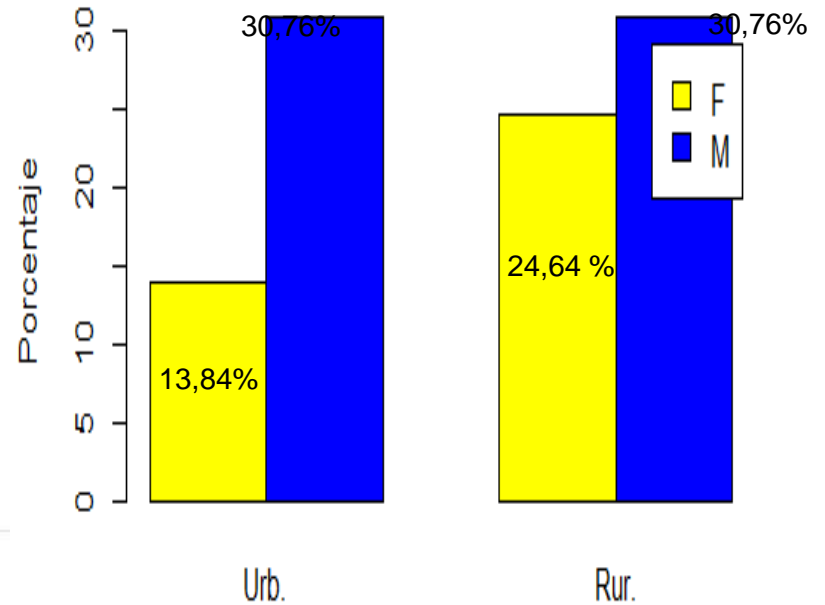
Validación de la red bayesiana obtenida: test *K-fold cross-validation*, software GeNIe (BayesFusion LLC, 2016)

$$P(X) = \prod_{i=1}^n P(X_i | \text{padres}(X_i)) \quad \leftarrow \quad P(X_i | X) = \frac{P(X | X_i) P(X_i)}{P(X)}$$

Resultados Género y procedencia



Género



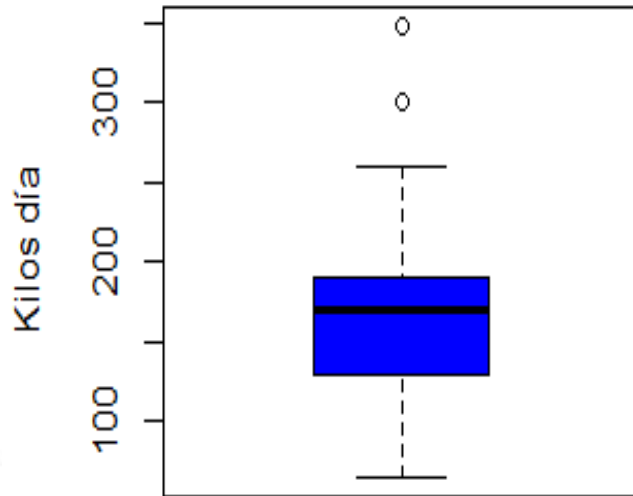
Procedencia

44,61%

55,38%

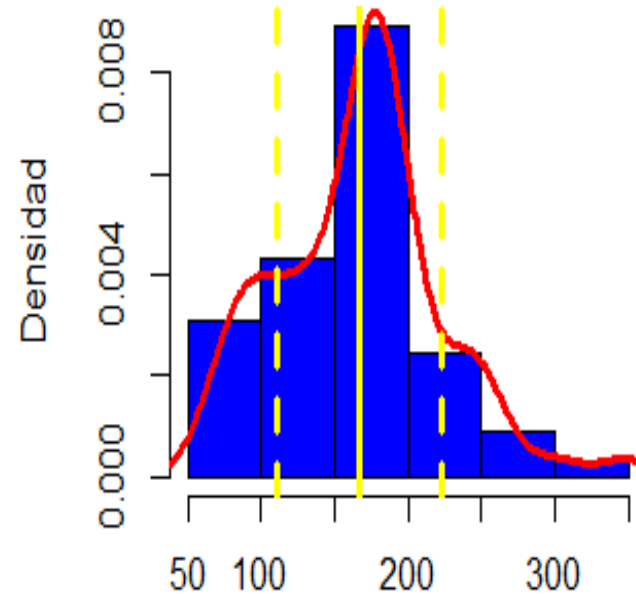
Kilogramos por día recuperados

Boxplot kilos



Variación $\pm 56,19$

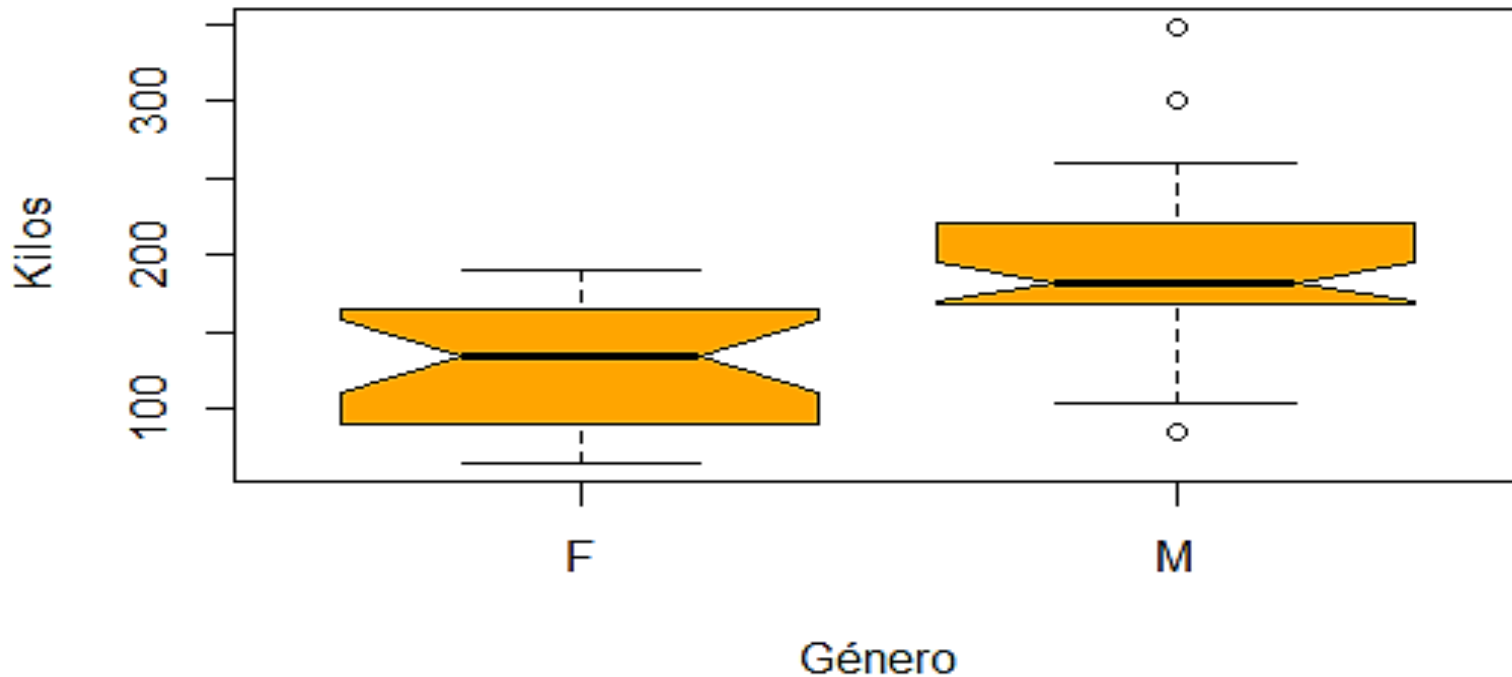
Histograma y curva de densidad



167,1 kilos día

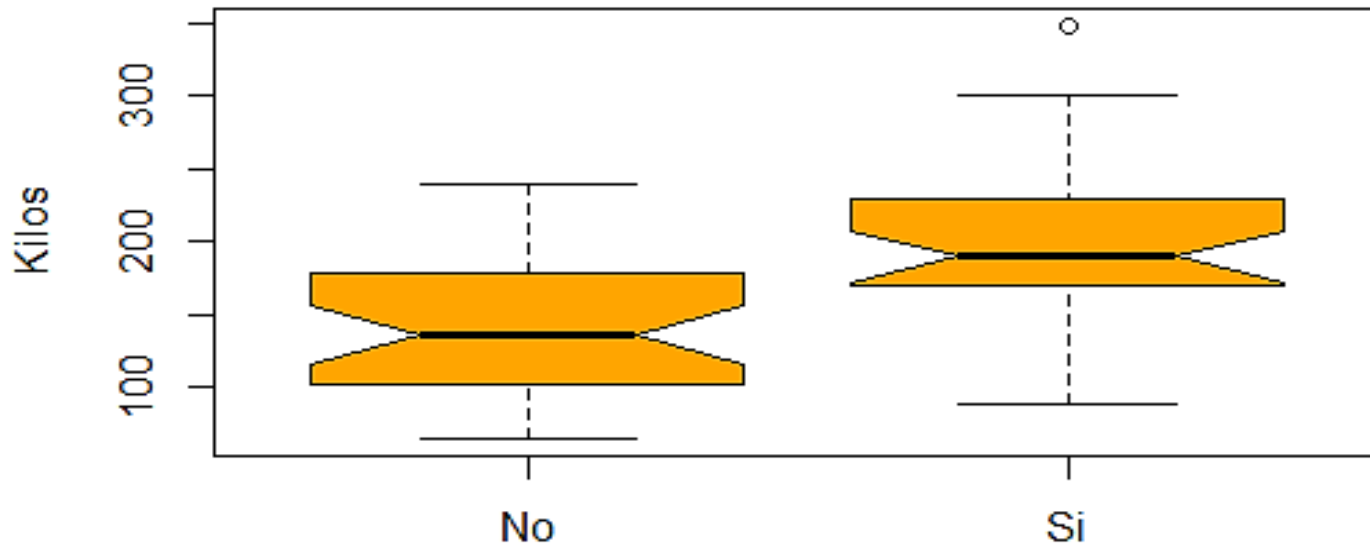
Prueba *t* de Student: Kilos recolectados género

Como $p\text{-value} = 4.041e-06$; se afirma que existe diferencia entre la cantidad promedio recolectada por los recuperadores de acuerdo a su género.



Prueba *t* de Student: Kilos recolectados respecto al medio de transporte

Como el $p\text{-value} = 2.257e-06$ se concluye que los recuperadores informales que emplean vehículo artesanal recogen más material reciclable



Vehículo artesanal -carro de rodillos o balineras-

RB: Identificación de nodos

Aspecto Económico	Aspecto Social	Aspecto Ambiental
Investigación de mercados	Demográficas	Consumo de materiales
Análisis de la industria	Clientes potenciales	Material recuperado
Condiciones económicas comuna 12	Recuperador informal	Emisión gases efecto invernadero
Análisis competidores	Aceptación comunidad	Cambio climático
Regulación empresas	Inclusión social	Estrategia de cambio climático
Gestión organizacional	Inclusión financiera	Generación residuos sólidos urbanos
Impuestos	Calidad de vida	Huella de carbono
Tarifa	Seguridad salud en el trabajo	Recolección residuos sólidos urbanos
Estrategias de marketing	Capacitación	Disposición residuos sólidos urbanos
Ingresos	Bienestar laboral	Conservación recursos
Costos	Desarrollo organizacional	Biodiversidad
Productividad	Responsabilidad social empresarial	Paisaje
Remuneración	Gestión stakeholder	Gestión ambiental
Evaluación Financiera	Recuperación espacio público	Estrategia de reciclaje
Rentabilidad	Aspecto Social	Aspecto ambiental
Aspecto Económico		

Las probabilidades marginales se construyen a partir de información obtenida de la opinión de expertos (meta análisis).

Esta indica la posibilidad al incluir un nodo sea relevante para la sostenibilidad del modelo.

Probabilidades marginales por nodo

Nodo	Estado	Probabilidad marginal	Nodo	Estado	Probabilidad marginal
Aspecto Económico	SI	0,98	Aspecto ambiental	SI	0,96
	NO	0,02		NO	0,04
Aspecto social	SI	0,96			
	NO	0,04			

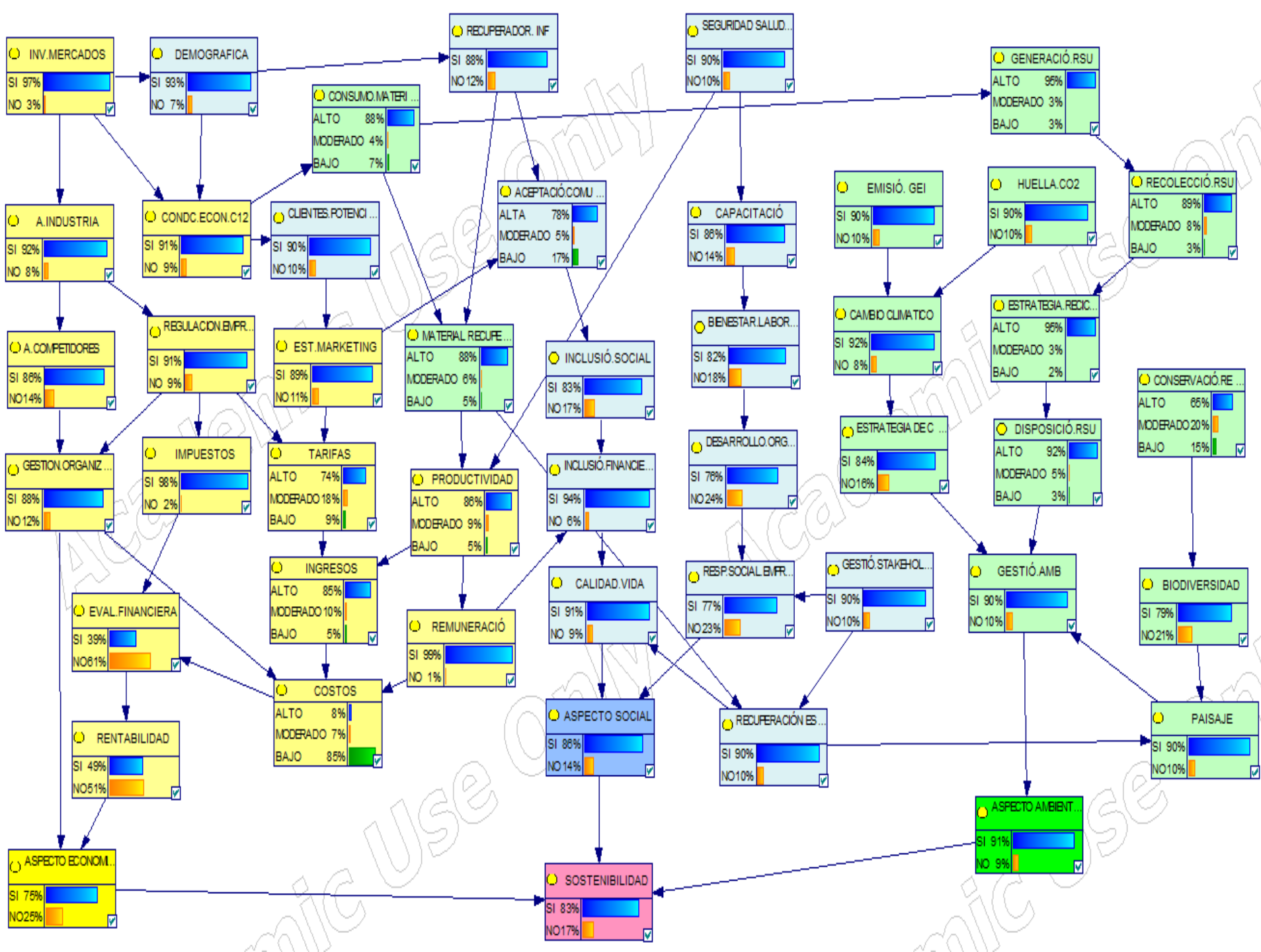
RB: Probabilidades a priori

Sostenibilidad del modelo de empresa:

contiene las posibilidades a priori (*estado ideal*) para los diferentes posibles estados.

Aspecto económico		SI			
Aspecto ambiental		SI		NO	
Aspecto Social		SI	NO	SI	NO
Sostenibilidad	SI	100%	70%	70%	40%
	NO	0%	30%	30%	60%

Aspecto económico		NO			
Aspecto ambiental		SI		NO	
Aspecto Social		SI	NO	SI	NO
Sostenibilidad	SI	60%	30%	30%	0%
	NO	40%	70%	70%	100%



RB: Validación

Nodo de clase	Accuracy		Sensibilidad del Modelo (SI)		Especificidad del modelo (NO)	
Sostenibilidad	0,9	(90/100)	0,8969	(87/97)	1	(3/3)
Social	0,87	(87/100)	0,8737	(83/95)	0,8	(4/5)
Ambiental	0,91	(91/100)	0,9565	(88/92)	0,375	(3/8)
Económico	0,83	(83/100)	0,8367	(82/98)	0,5	(1/2)

Conclusiones

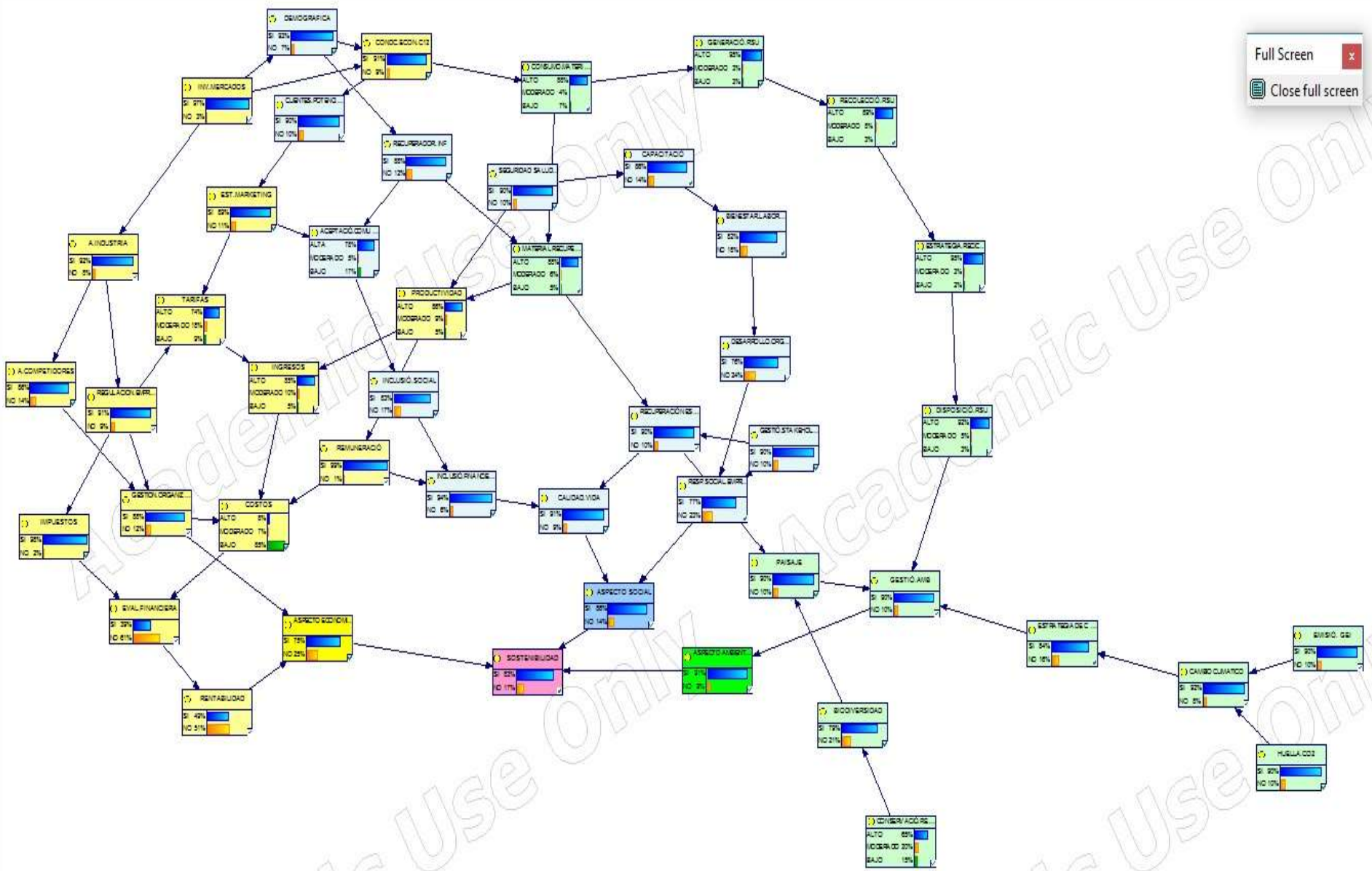
En esta investigación, resalta que el concepto de desarrollo sostenible aplicado al entorno empresarial, aduce a un **modelo de gestión organizacional tridimensional**, basado en el **crecimiento económico** a través de esquemas de producción que reemplace el **uso de materia prima virgen** por materiales con **base en reciclaje**.

Que esté en **equilibrio** con el **medio ambiente**, para generar satisfacción a la población en términos de justicia social, equidad, promoviendo desarrollo estratégico de un territorio.

- **La metodología de red Bayesiana** es una forma **innovadora** para la formulación del modelo de empresa sostenible, ya que **facilitó** su **diagramación**, su **propagación** y **validación**.
- El desarrollo de modelos de empresa sostenible empleando redes Bayesianas, se **constituye** en una **alternativa viable** para la configuración del mismo en **condiciones de información insuficiente**.
- **Las redes Bayesianas**, permiten la **actualización del modelo** dando una capacidad **dinámica** del mismo ajustándose a los diferentes **cambios ocasionados** en los aspectos del **desarrollo sostenible**.
- De acuerdo a los pesos iniciales, nuestro el modelo constituido por **47 nodos** en la red Bayesiana presenta una **probabilidad estimada del (83%)** de **ser sostenible**..

Referencias





¡Muchas Gracias!