APLICAÇÃO DE ANÁLISE EM COMPONENTES PRINCIPAIS À ANÁLISE DO CICLO DE VIDA PARA A AVALIAÇÃO AMBIENTAL EM SISTEMAS PRODUTIVOS NO MÉXICO

CASOS DE ESTUDO: Produção de Milho e Produção Suína

Ana Lorga, Miriam Paulino Flores, Rosario Villavicencio Gutiérrez; Roberto Campos e Ernesto Martinez-Castañeda

Produção de milho

- Principal alimento cultivado a nível nacional (México)
- Importância económica, social e cultural
- Grão básico
- Atividade geradora de impactos ambientais

Produção suína

- Produção a nivel mundial

•- Tendência de crescimento de produção e consumo
•- Causa directa e indirecta dos impactos ambientais

Objetivo Geral

Analisar os resultados obtidos a partir da avaliação ambiental de sistemas de produção no México usando modelos de análise de dados multivariados.

Objetivos específicos

- Avaliar o impacto ambiental de dois sistemas de produção no México.
- Analisar com o método de Análise em Componentes Principais os resultados obtidos a partir da avaliação ambiental.

Análise do Ciclo de Vida

ACV

1. Definição dos objetivos e o alcance

•- Unidade funcional

•- Limitações do sistema

2. Análise do inventário

- Obtenção de dados
- Análise dos dados

3. Avaliação do impacto

- Categorias do impacto ambiental

•- Software OPENLCA

4. Interpretação de resultados

- Impactos ambientais

-Processos

ISO 14040, 14044 (ISO, 2006a, 2006b)

Objetivos e âmbito

Avaliar e identificar as cargas ambientais associadas a:

Produção de milho

- Produção: grão, restolho e completo
- Avaliação de 6 cenários

Produção de suínos

- Quinta de ciclo completo
- Peso: 110, 100, 90 kg.
- Avaliação de nove cenários.

Análise do inventário

		Produção de milho	Produção porcina
Inventário	Entradas	Semente Fertilizantes Herbicidas Combustível	Alimento Água Transporte de consumos Eletricidade
	Saídas	Emissões para o solo Emissões atmosféricas Emissões para a água 1 tonelada de grão, restolho	Estrume Emissões para o solo Emissões atmosféricas Emissões para a água Porco 110, 100, 90 kg

Avaliação do impacto ambiental

- Método ReCiPe
- Software OpenLCA Versão 1.7

"Midpoint"

- Análise de problemas ambientais únicos
- Avalia 18 categorias de impacto diferentes.

"Endpoint"

- Análise de danos
- Avalia 17 categorias de impacto.

Variáveis de avaliação

Midpoint Categories	Abbv	Unity
Agricultural land occupation	ALO	m^2*a
Climate Change	CC	kg CO_2 eq
Fossil depletion	FD	kg oil eq
Freshwater ecotoxicity	FET	kg 1,4-DB eq
Freshwater eutrophication	FE	kg P eq
Human toxicity	HT	kg 1,4-DB eq
Ionising radiation	IR	kg U235 eq
Marine ecotoxicity	MET	kg 1,4-DB eq
Marine eutrophication	ME	kg N eq
Metal depletion	MD	kg Fe eq
Natural land transformation	NLT	m^2
Ozone depletion	OD	kg CFC-11 eq
Particulate matter formation	PMF	kg PM10 eq
Photochemical oxidant formation	POF	kg NMVOC
Terrestrial acidification	TA	kg SO_2 eq
Terrestrial ecotoxicity	TE	kg 1,4-DB eq
Urban land occupation	ULO	m^2*a
Water depletion	WD	m^3

Midpoint Categories	Endpoint Categories	Unity
Agricultural land occupation	Ecosystem	species.yr
Climate Change		
Freshwater ecotoxicity		
Freshwater eutrophication		
Marine ecotoxicity		
Natural land transformation		
Terrestrial acidification		
Terrestrial ecotoxicity		
Urban land occupation		
Climate Change	Human health	Daly
Human toxicity		
Ionising radiation		
Ozone depletion		
Particulate matter formation		
Photochemical oxidant formation		
Fossil depletion	Resources	$
Metal depletion		

Análise em Componentes Principais Categorial – CATPCA (IBM SPSS Statistics versão 25)

Técnica estatística que permite a redução de variáveis correlacionadas num conjunto menor de variáveis independentes, designadas por componentes, que são uma combinação linear das variáveis originais.

A aplicação em ACV permite a interpretação e análise estatística das relações no conjunto de dados.

Definição de escala e ponderação
- Numérico

Método de recodificação de variáveis
- Multiplicativo

Método de normalização
- Variável principal

Retenção de componentes
- Valor próprio superior a 1
- Consistência interna α de Cronbach
- Variancia explicada

Rotação
- Varimax

Dados e definição de variáveis

Produção de milho

- Seis cenários
- Duas manipulações agrícolas
  - Monocultivo
  - Agregado
- Três produtos
  - Grão
  - Restolho
  - Planta completa
- 4 variedades de milho
  - Lomas
  - Vermelho
  - Negro
  - Cenoura

Produção de porco

- Nove cenários
- Três pesos de porco (110, 100 e 90 kg)
- Três origens diferentes de consumos
- Sete fases do ciclo produtivo.
  - Reprodução
  - Amamentação
  - Pré-início
  - Iniciação
  - Crescimento
  - Desenvolvimento
  - Conclusão

Dados e explicitação das variáveis

Dados obtidos: Análise do Ciclo de Vida

	Analysis variables	
Observation areas	Evaluation Midpoint	Evaluation Endpoint
Ecosystem	1. Agricultural land occupation	1. Agricultural land occupation
	2. Climate Change	2. Climate Change
	3. Freshwater eutrophication	3. Freshwater eutrophication
	4. Freshwater ecotoxicity	4. Freshwater ecotoxicity
	5. Marine eutrophication	5. Marine eutrophication
	6. Marine ecotoxicity	6. Terrestrial acidification
	7. Terrestrial acidification	7. Terrestrial ecotoxicity
	8. Terrestrial ecotoxicity	8. Natural land transformation
	9. Natural land transformation	9. Urban land occupation
	10. Urban land occupation	
Salud Humana	1. Ozone depletion	1. Climate Change
	2. Ionising radiation	2. Human toxicity
	3. Human toxicity	3. Ionising radiation
	4. Particulate matter formation	4. Ozone depletion
	5. Photochemical oxidant formation	5. Particulate matter formation
		6. Photochemical oxidant formation
Resources	1. Metal depletion	1. Metal depletion
	2. Fossil depletion	2. Fossil depletion
	3. Water depletion	

Aplicação CATPCA

Avaliação individual por cenários

Comparação de cenários em cada sistema

Análise global, ponto médio e ponto final

Resultados

Retenção de Componentes caso de estudo da produção de Milho

MIDPOINT

	Ecosistema		Salud humana		Recursos
	C1	C2	C1	C2	C1
Valor propio	6.241	2.891	2.578	2.008	2.999
Varianza explicada	62.413	28.912	51.55	40.156	99.969
α de Cronbach	0.933	0.73	0.766	0.629	1.000

ENDPOINT

	Ecosistema		Salud humana		Recursos
	C1	C2	C1	C2	C1
Valor propio	5.735	2.479	3.544	2.009	1.999
Varianza explicada	63.725	27.545	59.073	33.476	99.973
α de Cronbach	0.93	0.682	0.862	0.605	1.000

Criterios de retenção de componentes

Valor próprio superior a 1

α de Cronbach:
Baixo 0.7
Moderado 0.8 a .9
Elevado >0.9

Variância: Superior a 70%

Pesos das componentes. Caso de estudo da produção de Milho

MIDPOINT

Ecosistema		
Variables	**C1**	**C2**
ALO	0.965	-0.02
CC	0.967	0.013
FET	0.854	-0.122
FE	0.042	0.998
MET	0.984	0.023
ME	0.954	0.029
NLT	0.320	-0.941
TA	0.954	0.029
TET	0.854	-0.122
ULO	0.148	0.988

Salud humana		
Variables	**C1**	**C2**
HT	0.828	0.106
IR	0.026	0.999
OD	0.030	0.999
PMF	0.972	-0.019
POF	0.972	-0.019

Recursos	
Variables	**C1**
FD	1.000
MD	1.000
WD	1.000

ENDPOINT

Ecosistema		
Variables	**C1**	**C2**
ALO	0.958	-0.011
CC	0.962	0.064
FET	0.876	-0.094
FE	0.026	0.999
MET	0.989	0.044
NLT	0.699	-0.683
TA	0.938	0.035
TET	0.876	-0.094
ULO	0.094	0.994

Salud humana		
Variables	**C1**	**C2**
CC	0.988	0.016
HT	0.801	0.109
IR	0.026	0.999
OD	0.029	0.999
PMF	0.981	-0.017
POF	0.981	-0.017

Recursos	
Variables	**C1**
FD	1.000
MD	1.000

Avaliação Midpoint

Gráfico Ecosistema

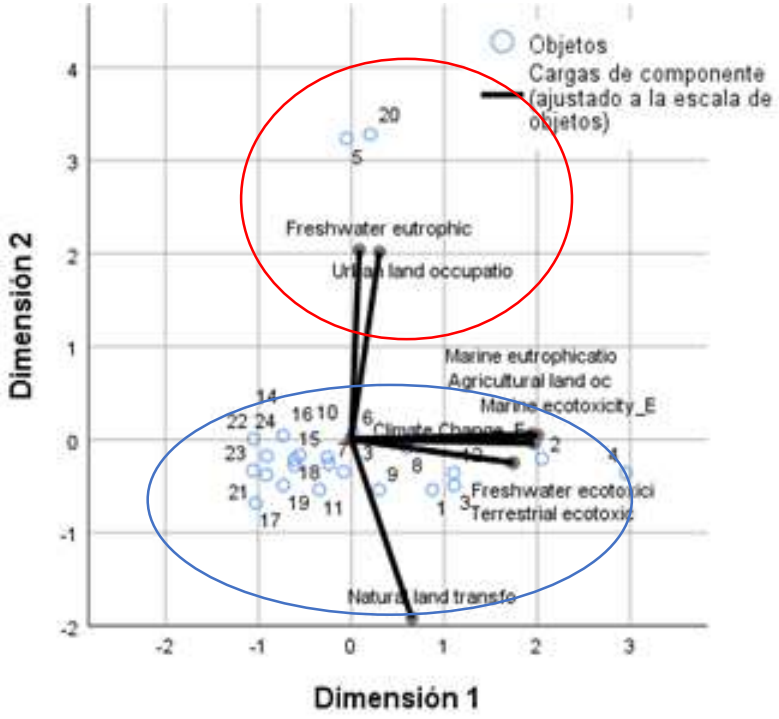


Gráfico Saúde Humana

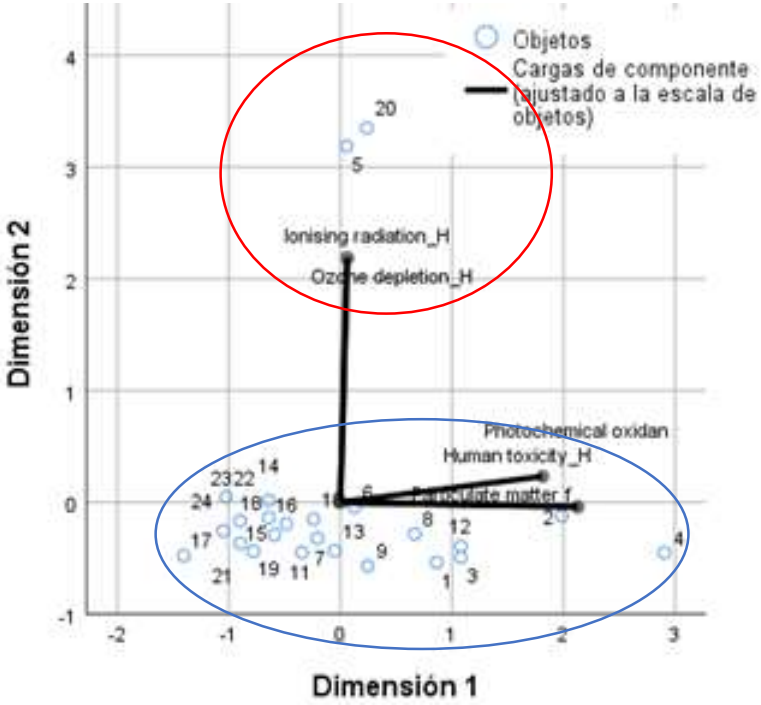
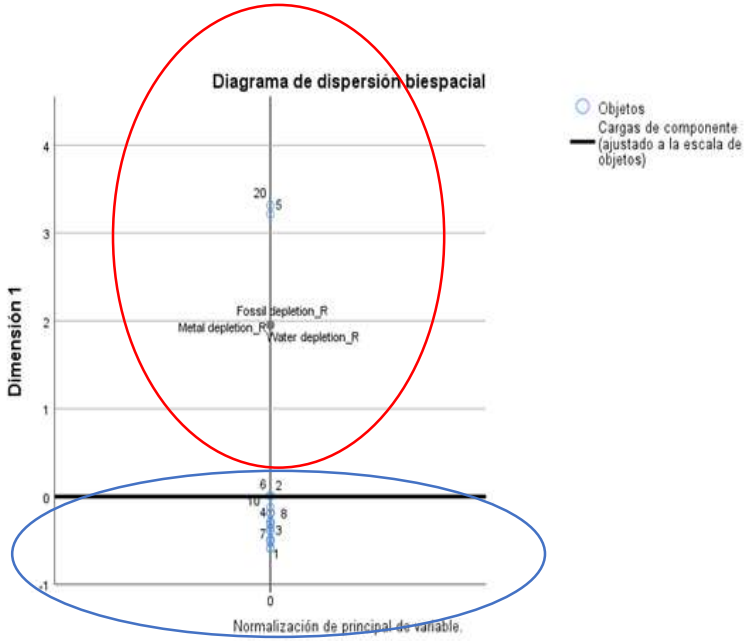


Gráfico Recursos



Avaliação Endpoint

Gráfico Ecosistema

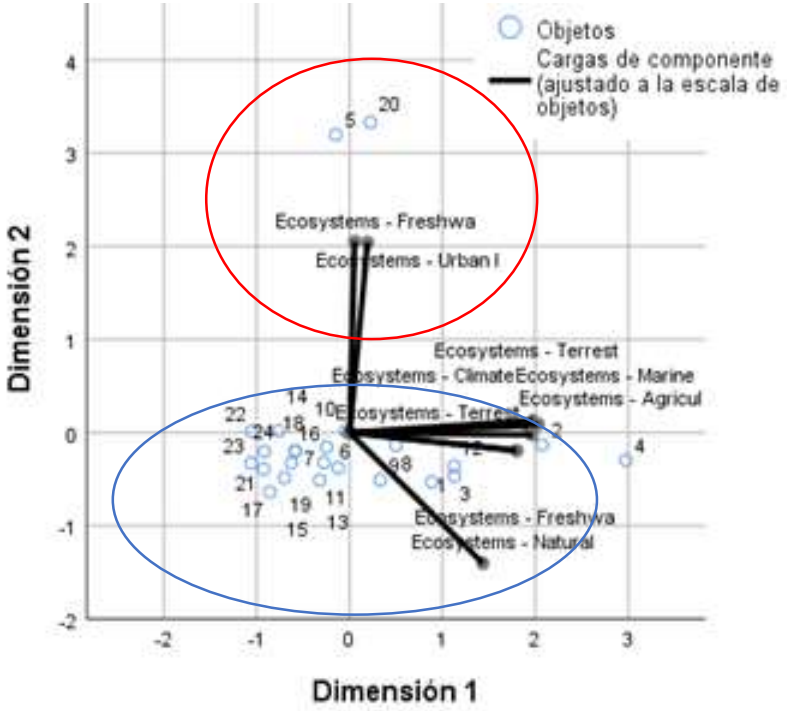


Gráfico Salud humana

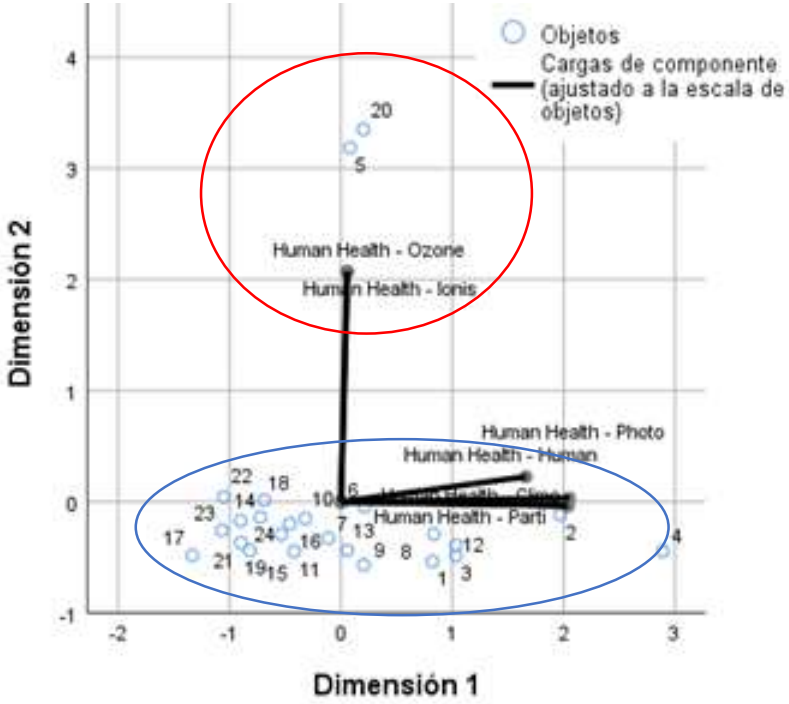
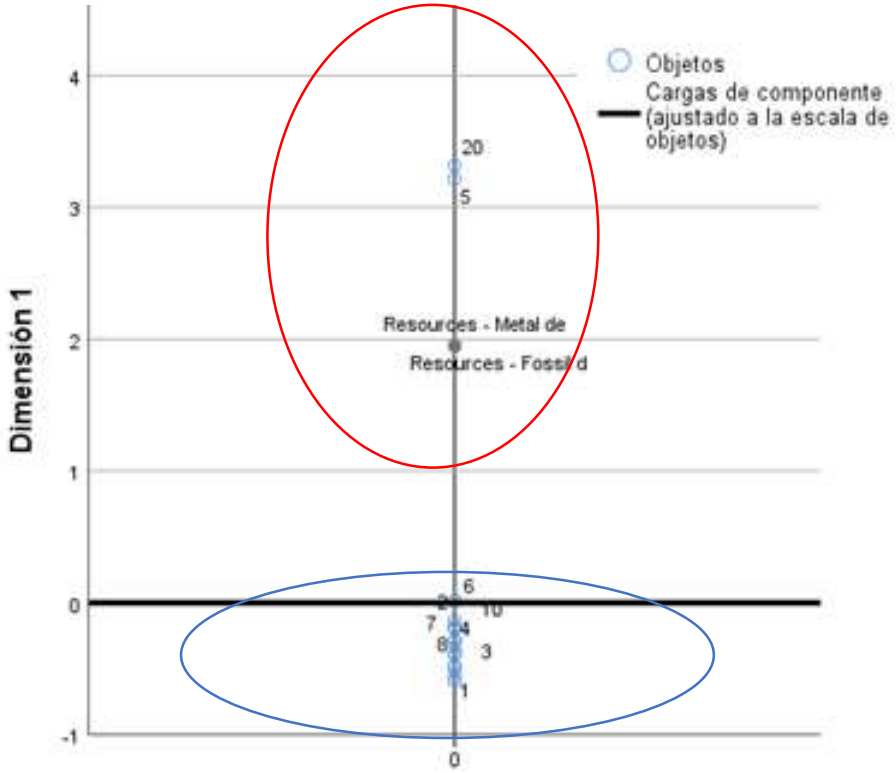


Gráfico Recursos



Retenção de Componentes caso de estudo da Produção Suína

MIDPOINT

	ECOSISTEMA	SALUD HUMANA		RECURSOS
	C1_E	C1_HH	C2_HH	C1_R
Valor propio	6.505	2.430	2.095	2.531
Varianza explicada	92.934	48.595	41.902	84.374
α de Cronbach	0.987	0.843	0.810	0.907

ENDPOINT

	ECOSISTEMA	SALUD HUMANA		RECURSOS
	C1_E	C1_HH	C2_HH	C1_R
Valor propio	5.513	2.966	2.465	1.999
Varianza explicada	91.883	49.431	41.087	99.941
α de Cronbach	0.982	0.898	0.874	0.999

Criterios de retenção de componentes

Valor próprio superior a 1 ☑

α de Cronbach:
Baixo 0.7
Moderado 0.8 a .9
Elevado >0.9 ☑

Variância: Superior a 70% ☑

Pesos das componentes. Caso de estudo da produção Suína

MIDPOINT

ECOSISTEMA	
Variables	**C1**
Ocupación de suelo agrícola	0.992
Cambio climático	0.900
Ecotoxicidad de agua dulce	0.974
Ecotoxicidad marina	0.970
Eutrofización marina	0.997
Acidificación terrestre	0.931
Ecotoxicidad terrestre	0.981

SALUD HUMANA		
Variables	**C1**	**C2**
Toxicidad humana	0.011	0.906
Radiación ionizante	0.989	0.091
Agotamiento de ozono	0.910	0.333
Formación de material particulado	0.518	0.769
Formación de oxidantes fotoquímicos	0.595	0.751

RECURSOS	
Variables	C1
Agotamiento fósil	0.968
Agotamiento de metales	0.970
Agotamiento de agua	0.808

ENDPOINT

ECOSISTEMA	
Variables	**C1**
Ocupación de suelo agrícola	0.991
Cambio climático	0.900
Ecotoxicidad de agua dulce	0.975
Ecotoxicidad marina	0.970
Acidificación terrestre	0.931
Ecotoxicidad terrestre	0.982

SALUD HUMANA		
Variables	**C1**	**C2**
Cambio climático	0.853	0.482
Toxicidad humana	0.870	0.000
Radiación ionizante	0.109	0.989
Agotamiento de ozono	0.448	0.832
Formación de material particulado	0.809	0.488
Formación de oxidantes fotoquímicos	0.783	0.568

RECURSOS	
Variables	C1
Agotamiento fósil	1.000
Agotamiento de metales	1.000

Avaliação Midpoint

Iniciação
Crescimento
Desenvolvimento
Conclusão

Gráfico Ecosistema

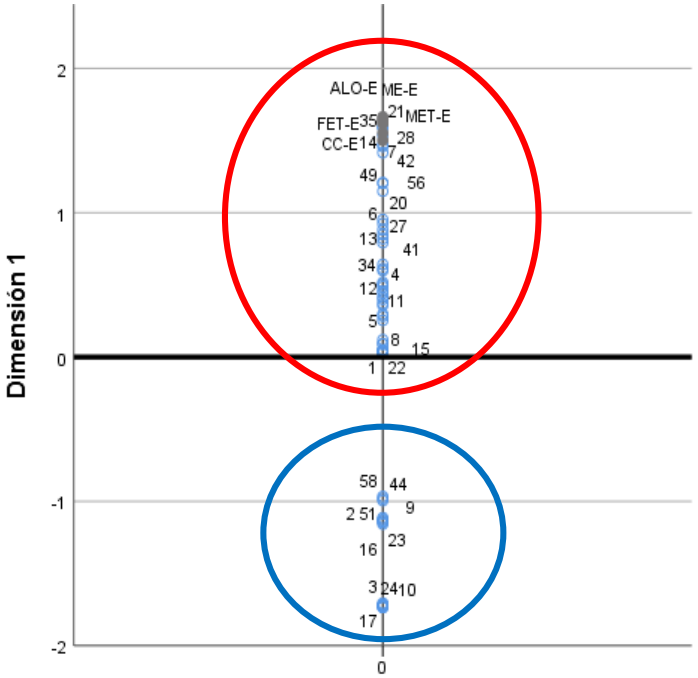


Gráfico Saúde humana

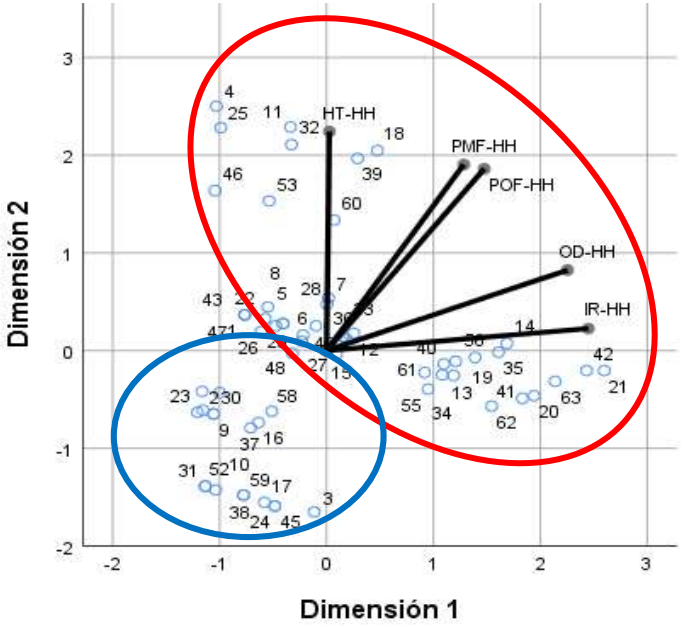
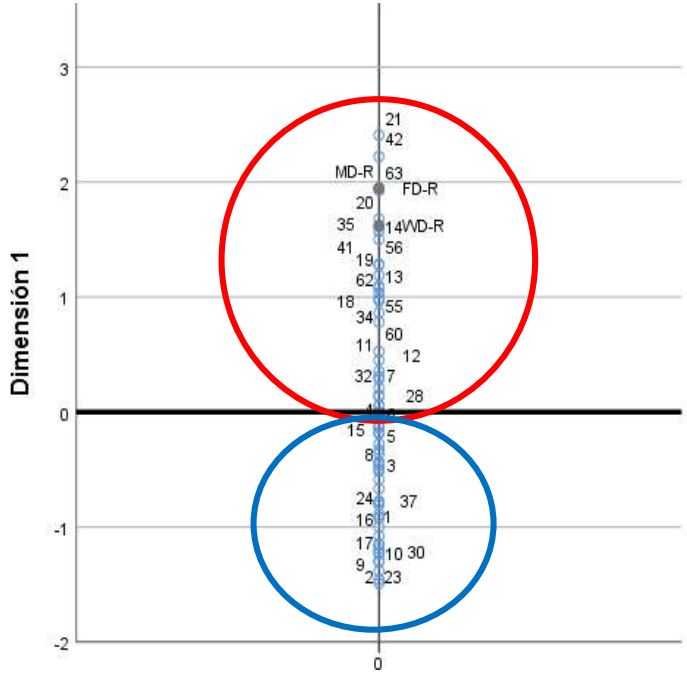


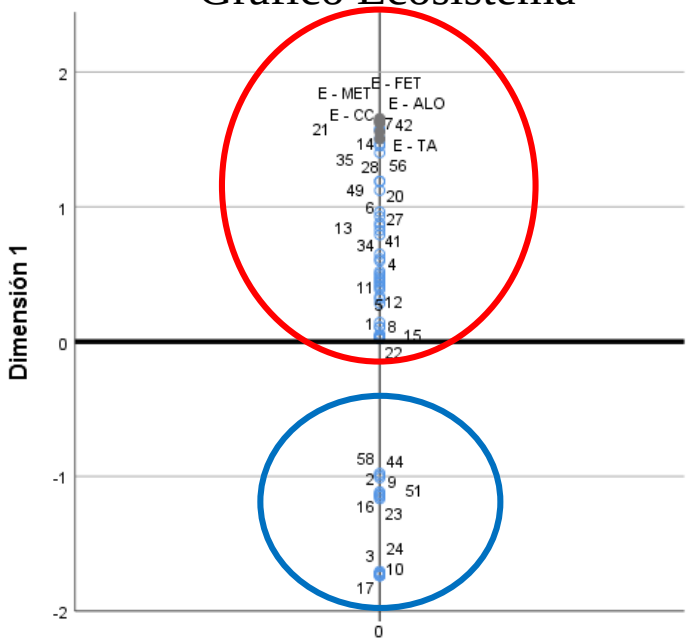
Gráfico Recursos



Reprodução
Amamentação
Pré-iniciação

Avaliação Endpoint

Gráfico Ecosistema



Inicio
Crescimento
Desenvolvimento
Conclusão

Gráfico Saúde Humana

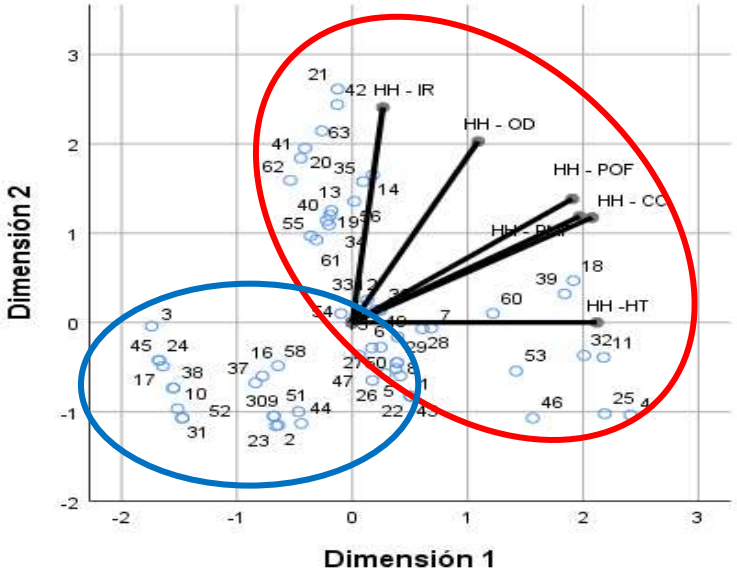
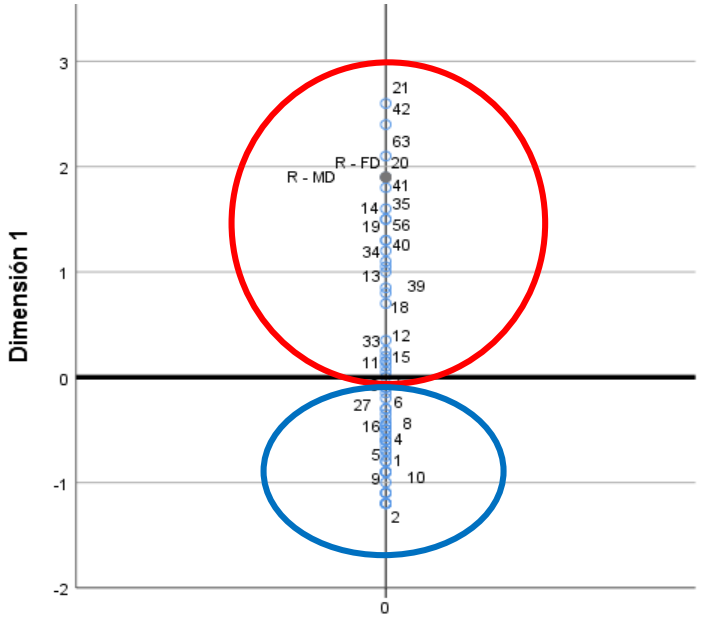


Gráfico Recursos



Reprodução
Amamentação
Pré-iniciação

Conclusões

A análise do ciclo de vida permitiu identificar as principais emissões geradas nos diferentes cenários de cada sistema avaliado.

A formulação de cenários permite identificar possíveis alternativas para reduzir emissões e melhorar processos.

A análise em componentes principais categorial permitiu a redução de dimensões para a interpretação dos resultados da avaliação ambiental. Fornece informações relevantes para integrar e complementar o relatório final da avaliação ambiental.

Agradecimentos

Centro de investigação e estudos sociais (CPES)

Centro de investigação em política, economia e sociedade (CIPES)

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

FCT

Universidad Autónoma del Estado de México

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).