

# Ingeniería Industrial Sostenible

María Catalina Ramírez

Profesora Asociada, Departamento de Ingeniería Industrial.

Directora Ingenieros sin Fronteras Colombia

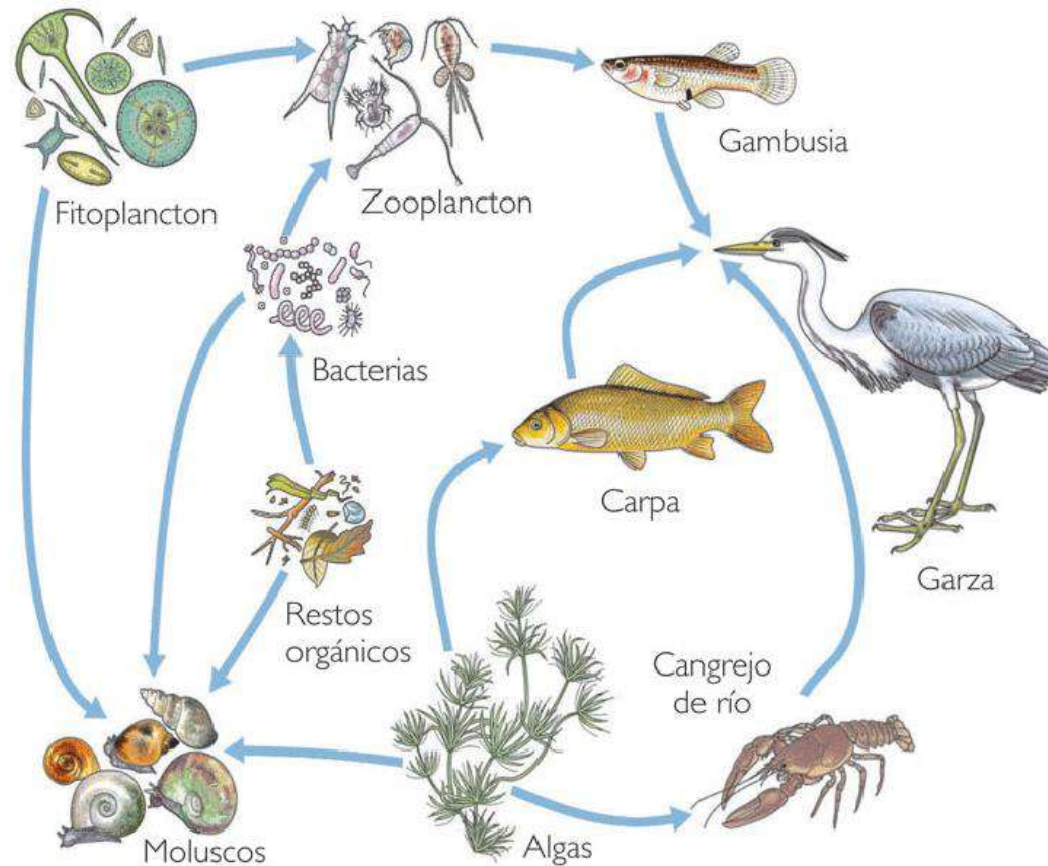
Andrés Acero López, Camilo Navarro

Estudiante Doctoral, Facultad de Ingeniería.

## Volviendo a la sostenibilidad

La sostenibilidad es una propiedad de los **sistemas socio- ecológicos** que resulta de la dinámica preservación a largo plazo en medio de un ambiente cambiante.

## Naturaleza sostenible

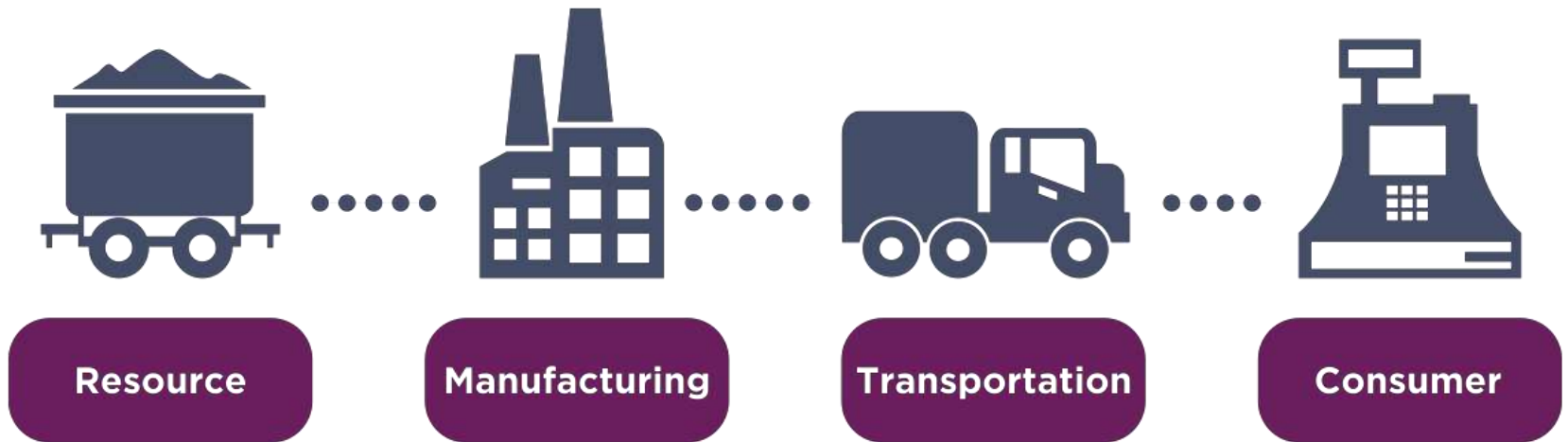


## Características de los sistemas naturales



- No existen residuos
- Los materiales son metabolizados
- Uso de energía a bajas temperaturas
- No existe control central
- Gran diversidad de especies y redundancia
- No linealidad en el comportamiento (vive o muere)

## La industria – sistemas insostenibles



## Características de los sistemas industriales



- Mucho desperdicio - Pocos ciclos de materiales cerrados.
- Los materiales sufren transformaciones.
- Uso de energía a altas temperaturas
- Control central débil
- Diversidad moderada de actividades y redundancia
- No linealidades en el comportamiento

## Pregunta - Sistemas industriales

Imagine la cadena de valor de una industria cualquiera. ¿Es esta industria “sostenible”? ¿Cómo podría apreciar algunos de los aspectos de la sostenibilidad en esta industria?

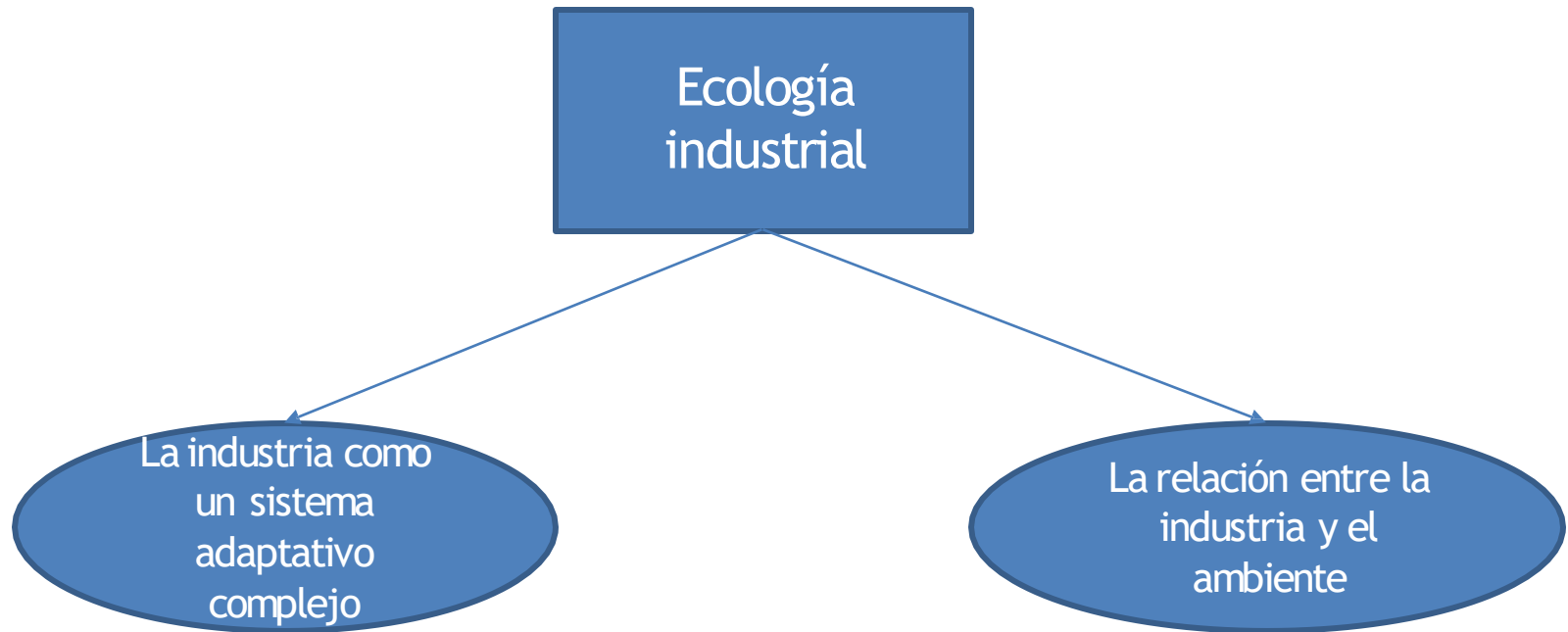


## Sin embargo...

- Nuestro objetivo final de este curso es lograr la sostenibilidad en la gestión de sistemas complejos tales como la industria.
- Idea: Tratemos de imitar la naturaleza y nos esforzamos por hacer que nuestros sistemas industriales trabajen de la misma forma que los sistemas naturales y crear relaciones sostenibles entre los dos.



## La industria desde la ecología



## Algo de historia



La ecología industrial está enraizado en el análisis de sistemas y es una aproximación de sistemas de alto nivel para enmarcar la interacción entre sistemas industriales y sistemas naturales.

## Robert Ayres – Metabolismo industrial



El uso de materiales y energía por parte de la industria y la forma en que estos materiales fluyen a través de los sistemas industriales y se transforman y luego se disipan como desechos.

## Frosch & Gaulopolous



- *“The traditional model of industrial activity ... should be transformed into a more integrated model: an industrial*
- *ecosystem. In such a system the consumption of energy and materials is optimized, waste generation is minimized, and the effluents of one process ... serve as the raw material for another”*

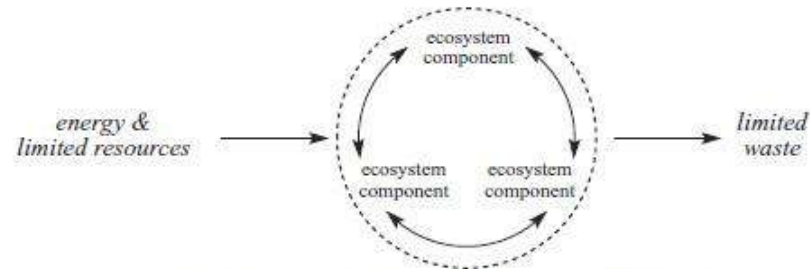
## La ecología industrial (EI)

- La ecología industrial es el medio por el cual la humanidad puede aproximarse deliberadamente y mantener la sostenibilidad, dada una evolución continua de la economía, la cultura y la tecnología
- El concepto requiere que un sistema industrial no debe ser visto aislado de su entorno, sino como parte de él.
- Es una visión sistémica la cual busca optimizar el ciclo total de materiales desde el material virgen a los materiales finales, los componentes, los productos, los productos obsoletos y la disposición final.

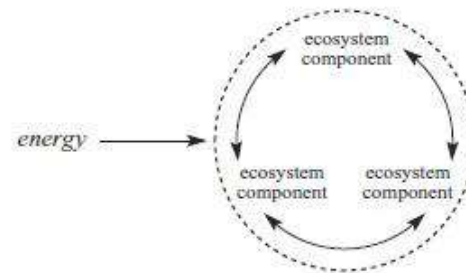
## El lado ecológico de IE



(a) Linear materials flows in 'type I' ecology



(b) Quasi-cyclic materials flows in 'type II' ecology



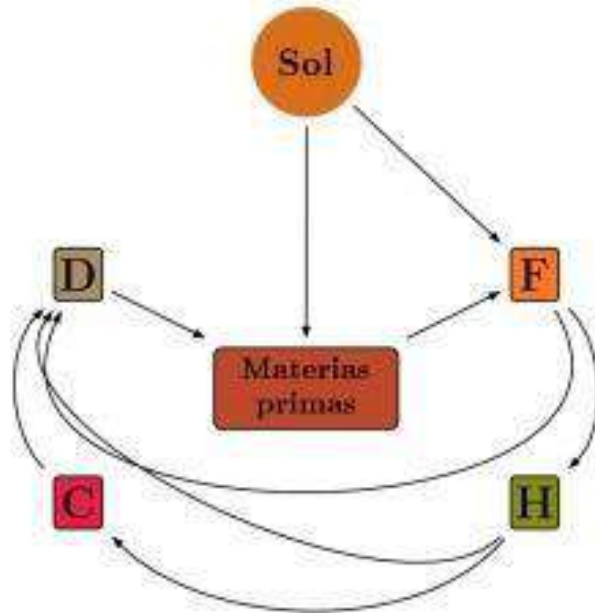


## El lado ecológico de IE





## El lado ecológico de IE

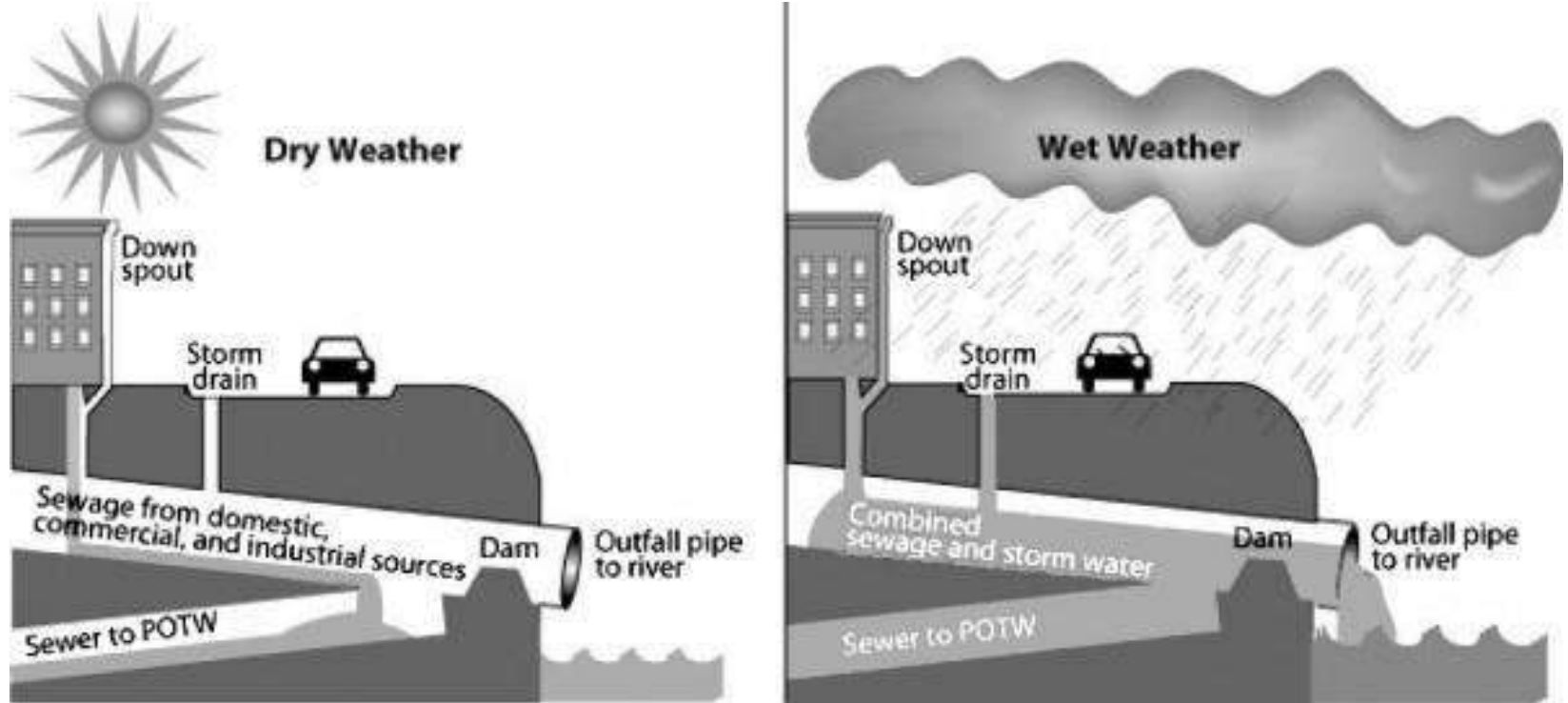


Metabolismo biológico

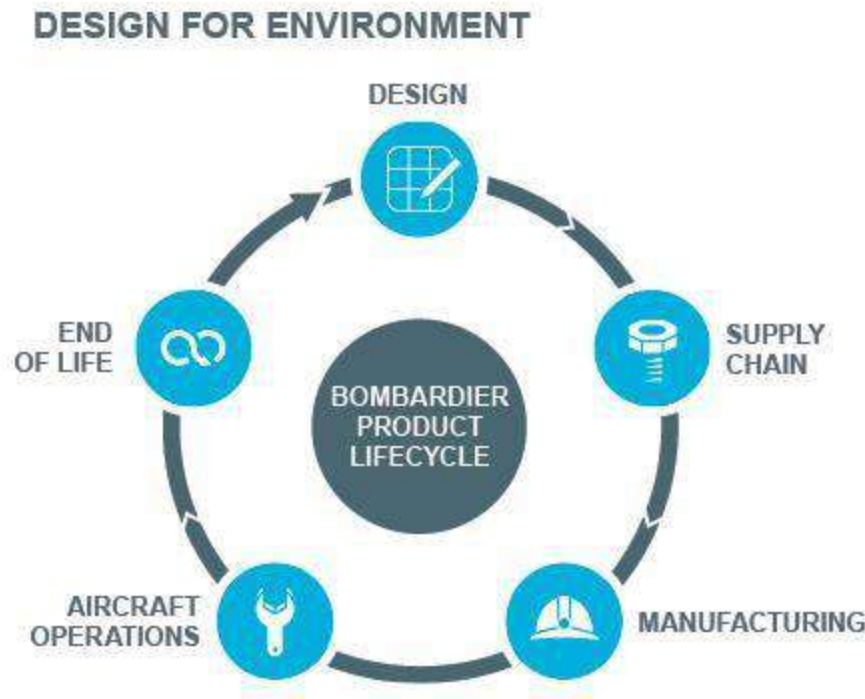


Metabolismo industrial

## El lado ecológico de IE



## El lado industrial de IE



*En la compañía*

- Diseño para la sostenibilidad
- Producción más limpia
- Eco-eficiencia
- Contabilidad verde

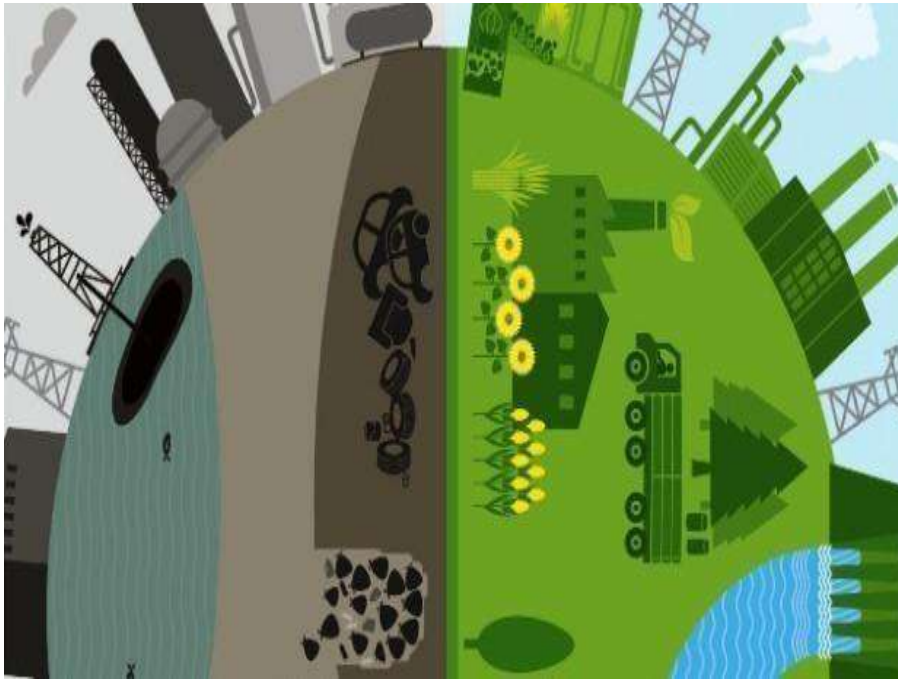
## El lado industrial de IE



### *Entre compañías*

- Parques eco-industriales (Simbiosis industrial)
- Ciclos de vida de los productos
- Iniciativas de los sectores industriales

## El lado industrial de IE



### *Regional/Global*

- Ciclos y presupuestos
- Estudio de flujo de materiales y energía
- Desmaterialización y descarbonización

## Pregunta – tecnología y ecología industrial

A la luz de lo visto sobre ecología industrial, comente la siguiente frase:

*“All of our exalted technological progress, civilization for that matter, is comparable to an axe in the hand of a pathological criminal.”* Albert Einstein



## El rol de la tecnología

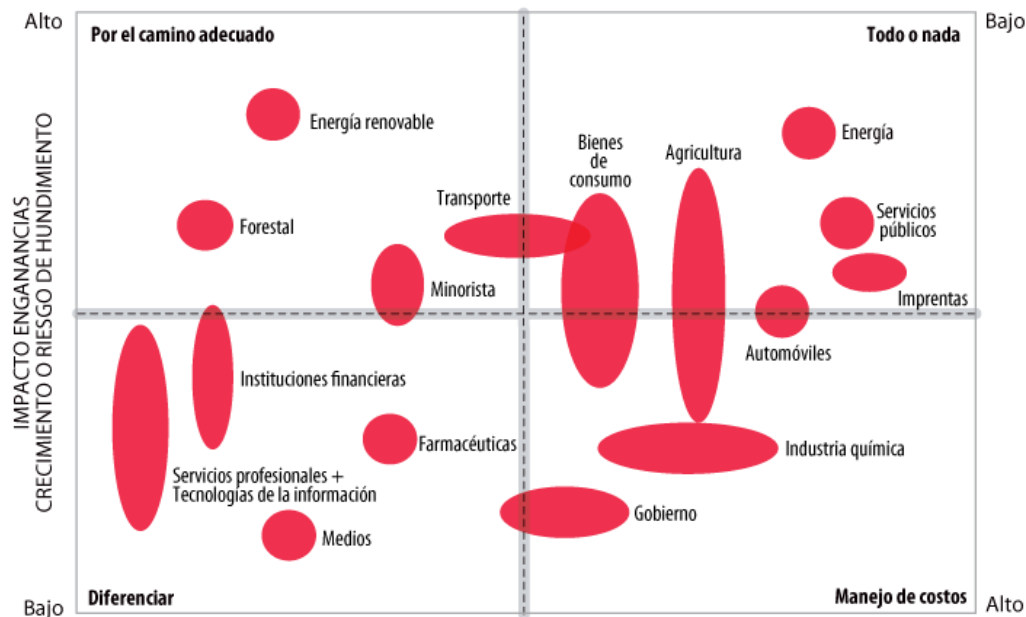


- Innovación tecnológica para solucionar los problemas.
  - Eco-diseño (O diseño para la sostenibilidad)
  - Innovación tecnológica con resultados ambientales



## El rol de la empresa

### MATRIZ DE IMPACTO INDUSTRIAL Y RETOS DE LA SOSTENIBILIDAD



FUENTE: ENCUESTA E CONOMIST INTELLIGENCE UNIT; GOLDMAN SACHS; Y ANÁLISIS, DE A.T. KEARNEY.

La empresa, como lugar de experticia tecnológica, son agente esencial para lograr el desarrollo sostenible

## El rol de la empresa

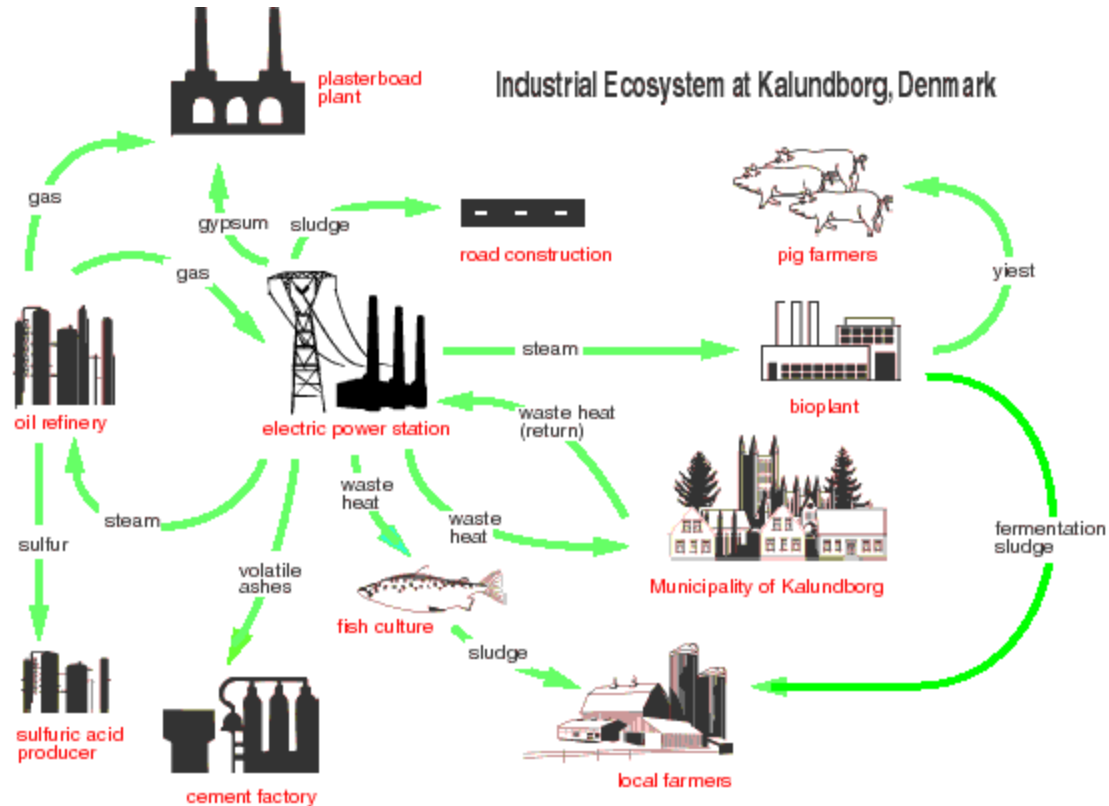


La empresa toma un rol de creador de políticas, no de tomador de políticas

## Algunas industrias que han trabajado en EI

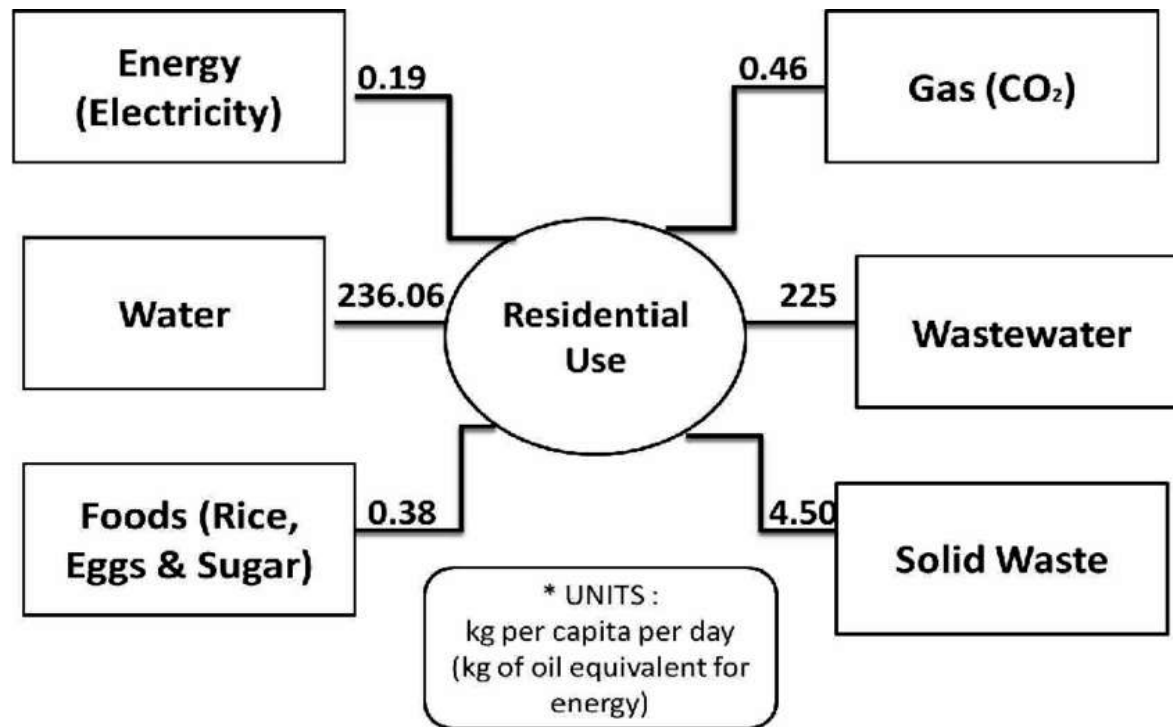
Hewlett-Packard  
BMW  
Volvo  
Xerox  
NEC  
Philips  
Sony  
Bosch  
Procter and Gamble  
Motorola  
Pitney Bowes  
3M

## Finalmente, los principios de IE



Crear ecosistemas industriales

## Finalmente, los principios de IE



Equilibrar los insumos industriales y los productos a niveles naturales

## Finalmente, los principios de IE

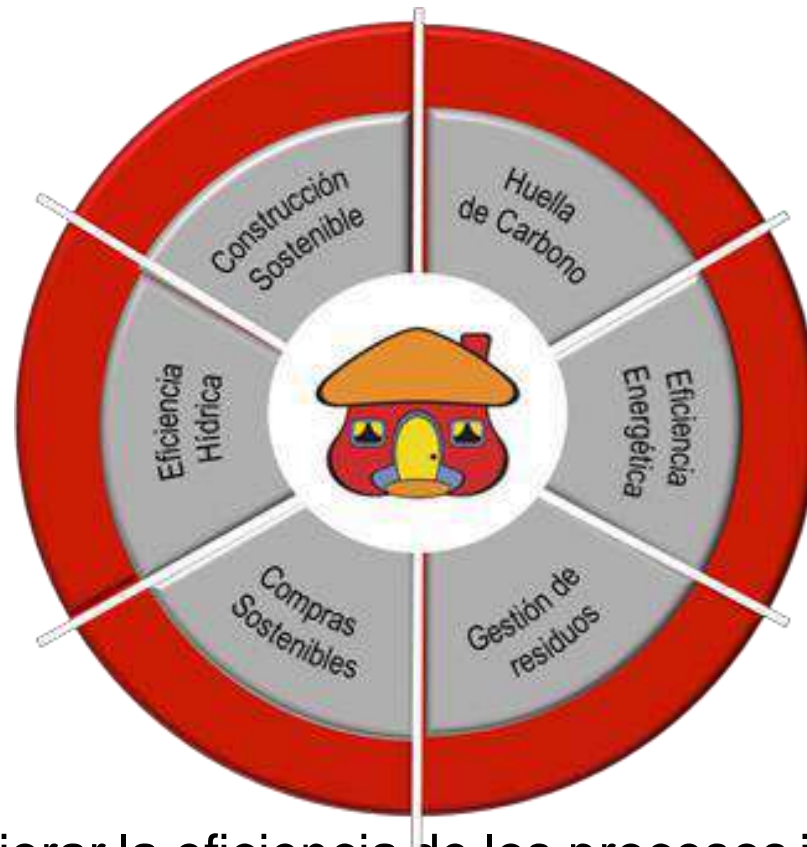


**VS**



Desmaterialización de la producción industrial

## Finalmente, los principios de IE



Mejorar la eficiencia de los procesos industriales

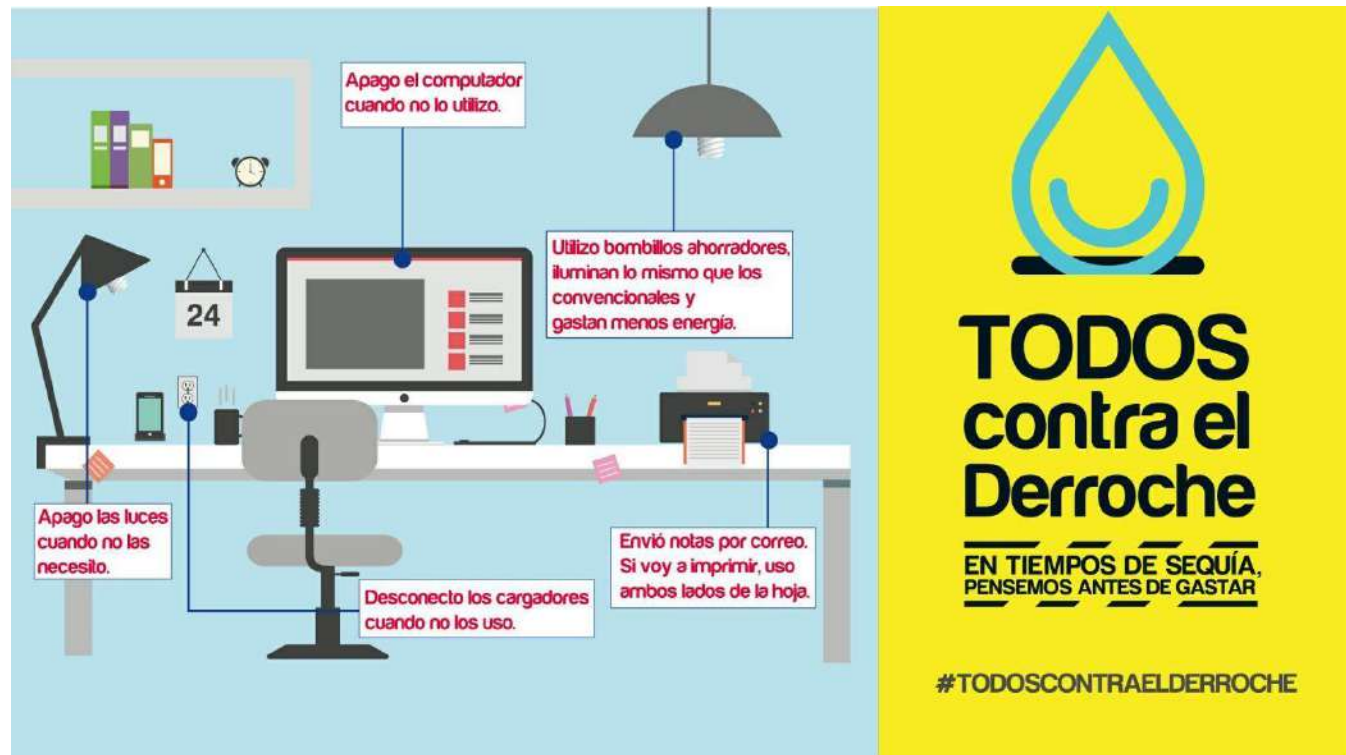


## Finalmente, los principios de IE



Uso de energía.

## Finalmente, los principios de IE



Alinear las políticas con el concepto de ecología industrial

# INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

¿Cómo podemos medir la efectividad de estos sistemas en cuanto a su eficiencia económica o energética, o bien su impacto social y en la conservación de los recursos naturales?

¿Qué propiedades deben tener los sistemas productivos para brindar un nivel adecuado de bienes y servicios, cuando están sujetos a diferentes tipos de perturbaciones y cambios estructurales de largo plazo?

¿Cómo podemos operativizar el concepto de sostenibilidad en recomendaciones prácticas que nos permitan mejorar los sistemas productivos?

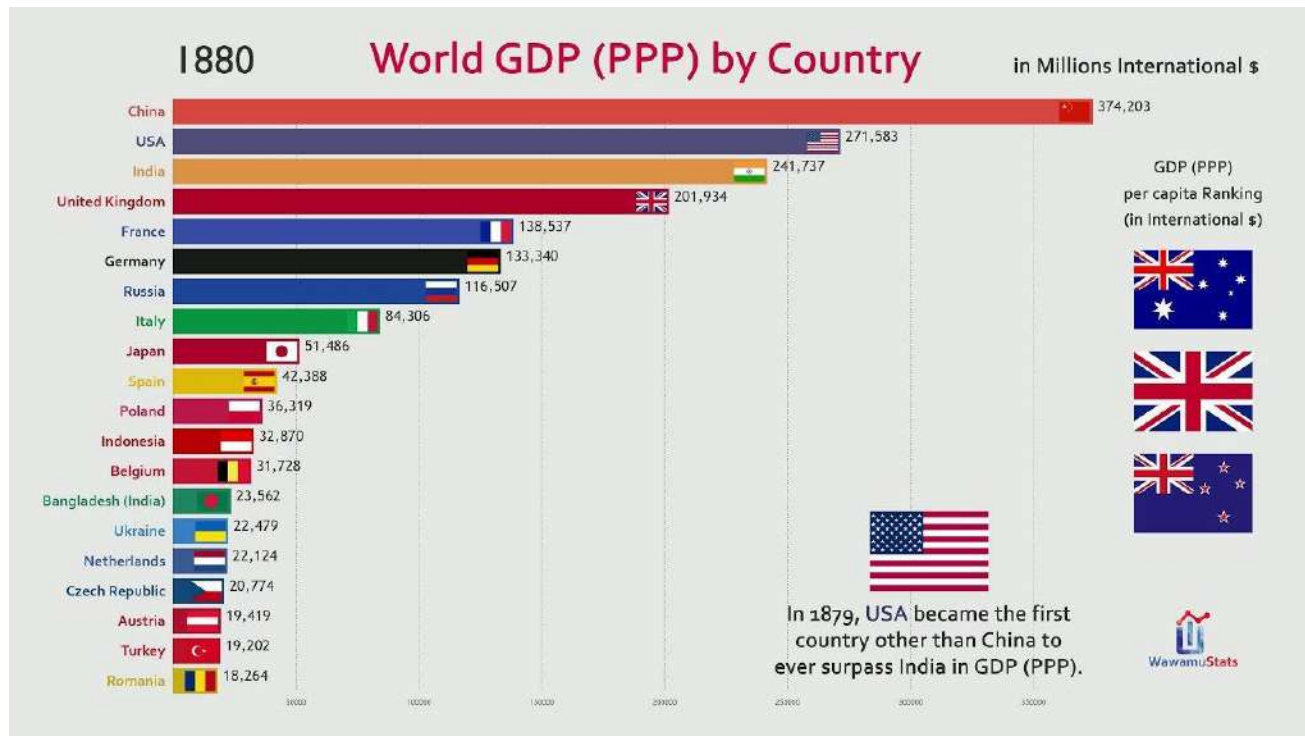
## Para crear sostenibilidad deben cumplirse con:

- **Suficientemente productiva** (dependiendo del nivel de análisis).
- **Económicamente viable** (a largo plazo y contabilizando todos los costos).
- **Ecológicamente adecuada** (que conserve la base de recursos naturales y que preserve la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global).
- **Cultural y socialmente aceptable.**

## Evaluación de sostenibilidad

La evaluación de la sostenibilidad consiste en incluir la **tecnología, la inversión financiera, el conocimiento, las prácticas ecológicas, y fundamentalmente considerar un cambio ético y filosófico** respecto a nuestra necesidad hacia la conservación de las especies, culturas, sociedades y medio ambiente.

## ¿Qué es un indicador?



Un indicador es algo que lo ayuda a comprender dónde está, hacia dónde se dirige y qué tan lejos está de donde quiere estar.



## Metodología para evaluación sostenibilidad

### Fase 1

- Contextualización y desarrollo de la metodología

### Fase 2

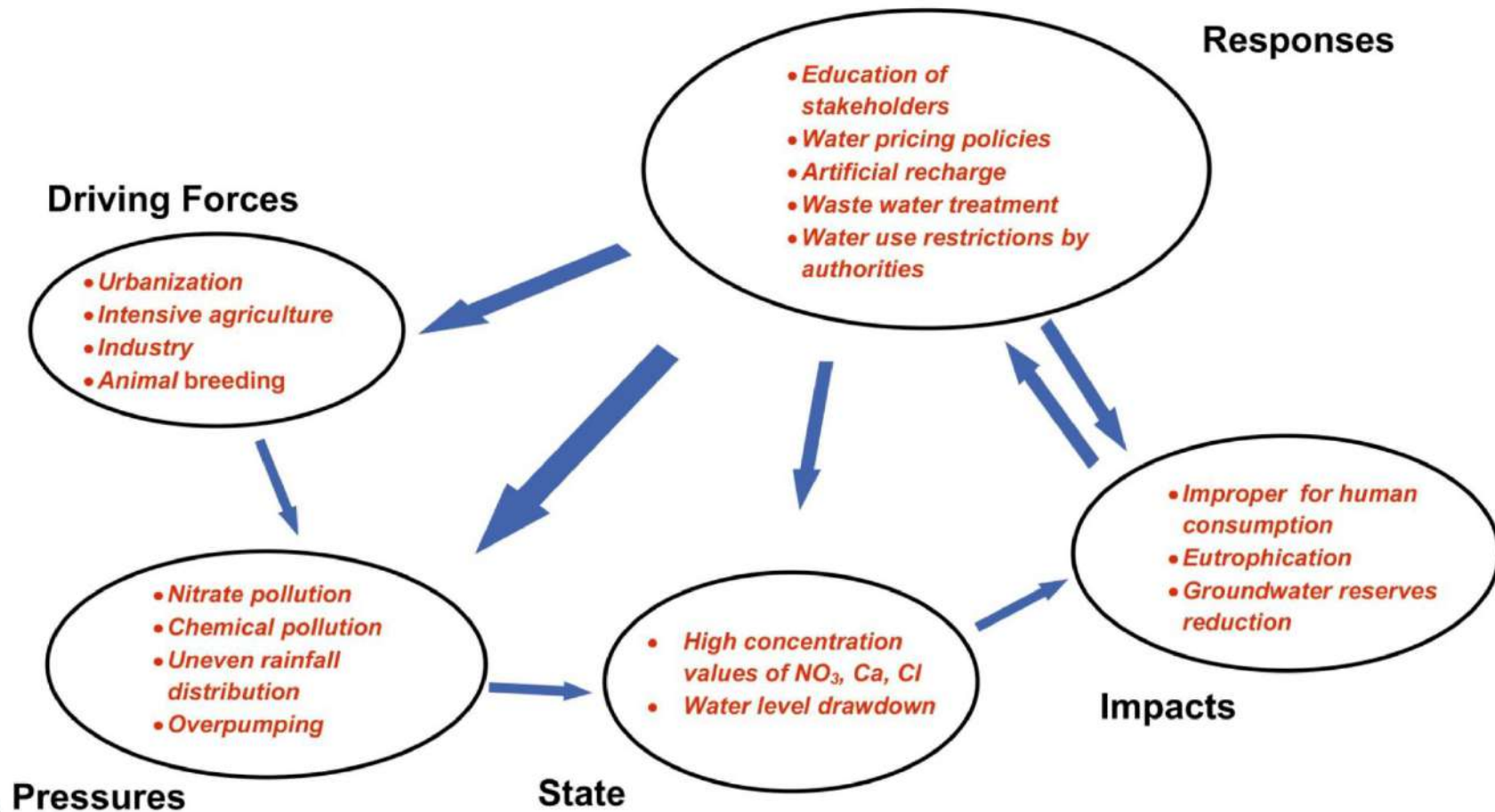
- Evaluación de la sostenibilidad

### Fase 3

- Validación y análisis

## Evaluación de la sostenibilidad

- **Paso 1:** Establecer y definir el marco conceptual de la sostenibilidad.
- **Paso 2:** Definir los objetivos de la evaluación.
  - ¿Qué se va a evaluar?
  - ¿Por qué se va a evaluar?
  - ¿Para qué se va a evaluar?
  - ¿Para quién?
- **Paso 3:** Definir y caracterizar el sistema a evaluar.
- **Paso 4:** Relevamiento inicial de datos. Diagnóstico preliminar.
- **Paso 5:** Definición de las dimensiones de análisis.
- **Paso 6:** Definición de categorías de análisis, descriptores e indicadores



- Definición de agricultura sostenible
  - Ser ecológicamente adecuado
- Dimensión u objetivo: Ecológico.
  - ¿Qué quiere decir? Que preserve los recursos naturales (intra y extra prediales)
- Categoría de análisis: Suelo
  - ¿Qué aspecto del suelo debo preservar? Su calidad o atributos físicos, químicos y biológicos.
  - Químicos: Mantenimiento de la “dotación” de nutrientes.
- Balance de nutrientes (N,P,K). Diferencia entre lo extraído en la cosecha y lo suministrado.
  - Nutriente elegido: fósforo.
  - Indicador: .Kg P.ha-1 x año.

## Evaluación de la sostenibilidad

- **Paso 7:** Estandarización y ponderación de los indicadores.
- **Paso 8:** Análisis de la coherencia de los indicadores con el objetivo planteado.

Indicadores <—————> Objetivos

- **Paso 9:** Construcción o elección de los instrumentos o metodologías adecuadas. Obtener datos derivados de preguntas a los interesados o aspectos socioculturales
- **Paso 10:** Recoger los datos y calcular los indicadores.

## Paso 11: Análisis y presentación de los resultados.

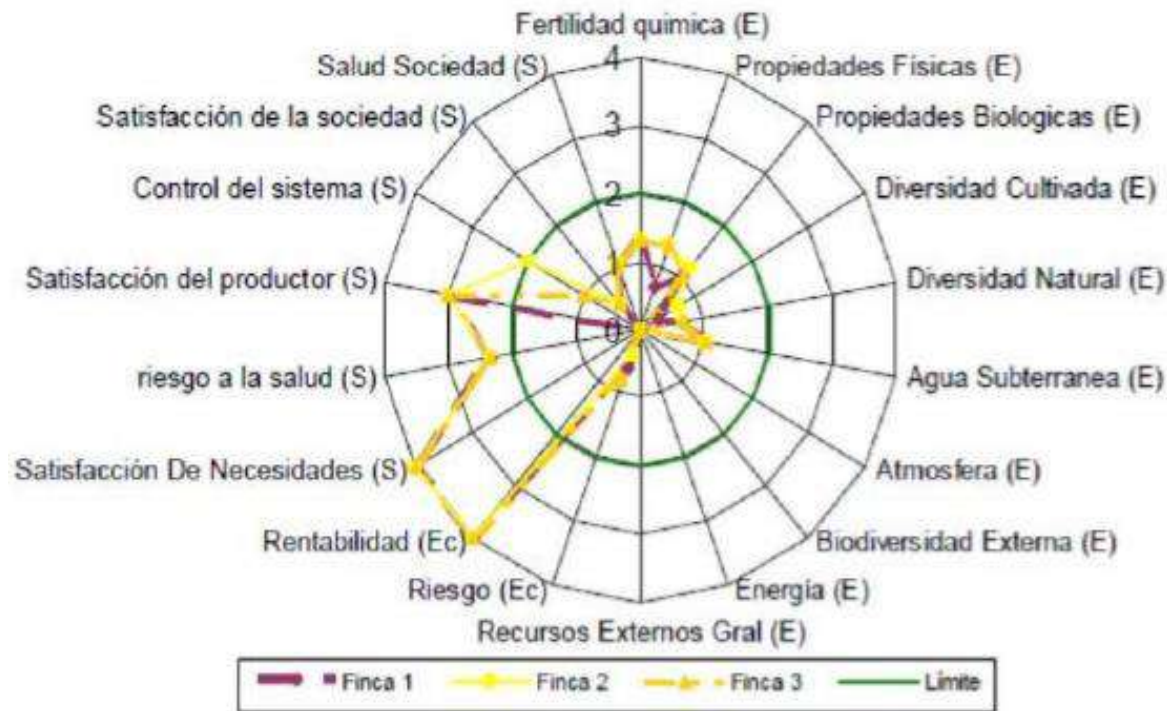


Diagrama de telaraña representando los indicadores ecológicos (E), económicos (Ec) y sociales (S) de 3 fincas hortícolas que producen bajo invernáculo del Partido de La Plata, Buenos Aires, Argentina. (Blandi *et al.*, 2009)

## Evaluación de la sostenibilidad

- **Paso 12:** Determinación de los puntos críticos a la sostenibilidad del sistema de interés.
- **Paso 13:** Replantearse si los indicadores elegidos, o la metodología empleada, fue la correcta.
- **Paso 14:** Propuestas de corrección y/o monitoreo.





**Construcción Matriz de Indicadores de sustentabilidad – Magdalena Medio , Agua de Dios– Asopricor, 2015.**



Indicadores	Calidad producto final.	Monitoreos en el cultivo.	Planeación estratégica de la producción	Uso eficiente y conservación del Agua.	Contenido de MO en el suelo.	Vivienda digna.	Cumplimiento estándares de calidad.	Rentabilidad.	Vías de acceso a la finca.
<b>Fincas</b>									
La Fortuna	0	-1	-1	1	0	1	-2	0	2
Las Lagunas	-2	-1	-1	1	-1	1	-2	-1	2
La Palma	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-2	-2	-2
El corazón	0	-1	-1	0	-1	-2	-2	-1	1
La Fortuna	0	-1	-2	0	-2	1	-2	-1	-2
Los Cristales	0	-1	-1	1	1	1	-2	-2	-1
El Reten	0	-1	0	-1	0	0	-2	-2	2
Albania	1	-1	-1	0	-1	-1	-2	-1	0
Promedio por Indicador	-0,25	-1	-1	0	-0,625	0	-2	-1,25	0,25

## Evaluación de la sustentabilidad ASOCAMED

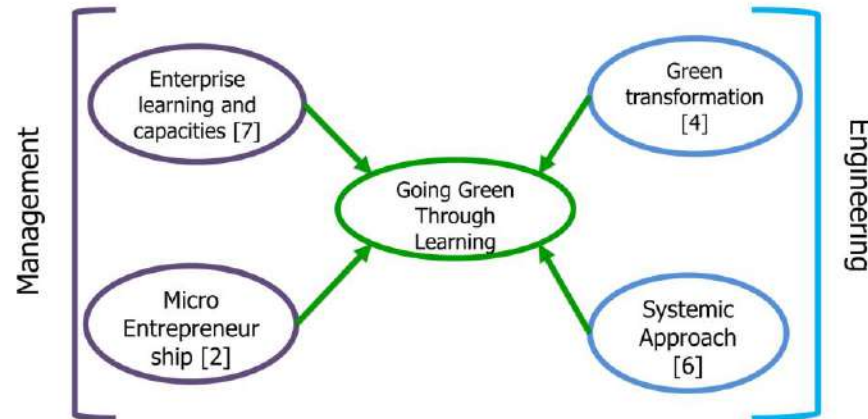


## **Caso desarrollado por Ingenieros sin Fronteras ISF**

Context



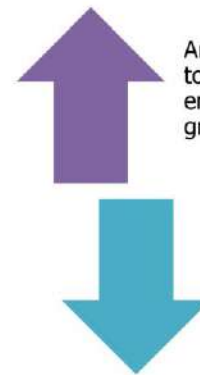
Theoretical Framework



Proposal

- Effects of green transformation in learning process
- Competitiveness and differentiation by green transformation

Expected Results

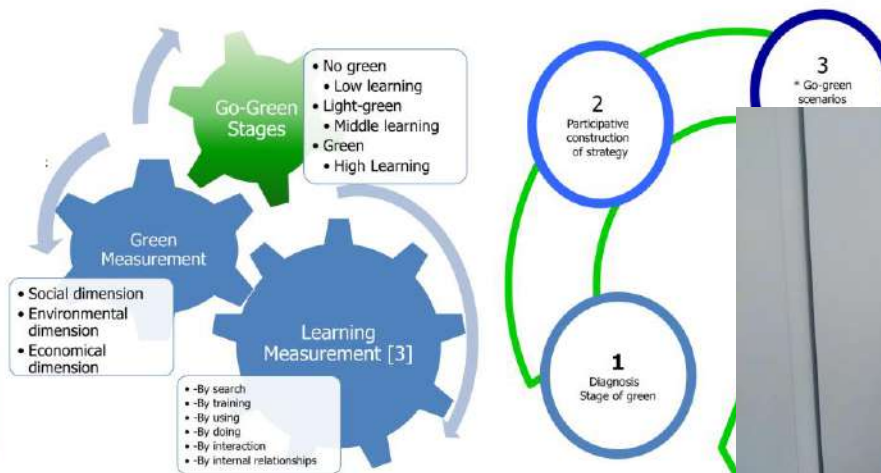


An instrument board to help micro enterprises to go greener than before.

Contribute to develop learning capabilities in micro businesses to impact local or regional development with sustainability elements.

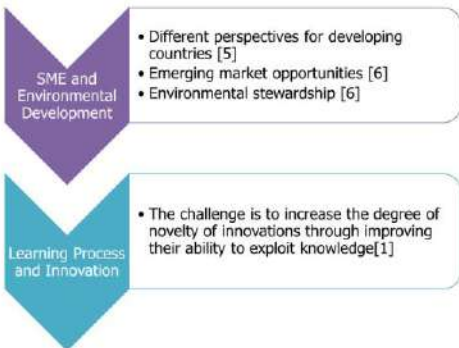
Model

Methodology



Research Question

How can we help microenterprises to go green through learning?



# UNIDAD DE NEGOCIOS VERDES



## ¿Qué son los negocios verdes?

Es una metodología que busca fortalecer las Capacidades de Innovación y emprendimiento de las micros, pequeñas y medianas empresas generando en ellas unidades de negocios rentables, ambientalmente y socialmente responsables e integrantes dentro de una red que le permite la sostenibilidad del negocio.

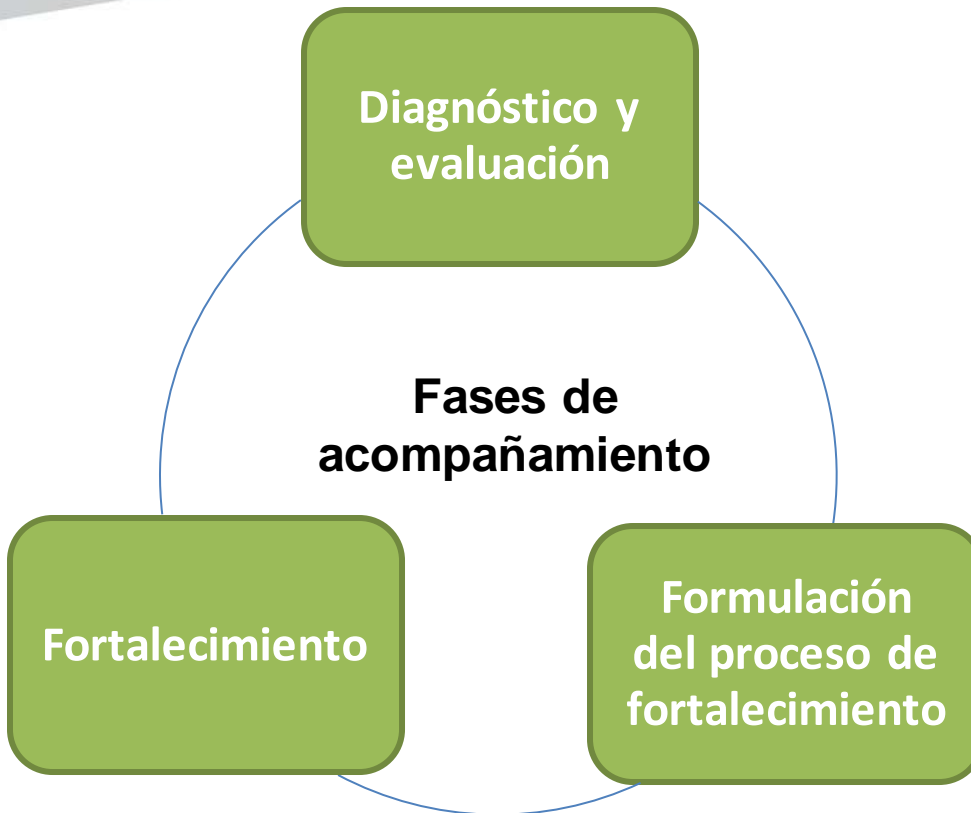
Dentro de los ejes de trabajo está:

- Ecoturismo y/o turismo rural
- Emprendimientos sostenible
- Agroecología y Cambio Climático
- Mercados Verdes.
- Educación





## ¿CÓMO SE HACE?





## ¿Cómo es el acompañamiento?

- El fortalecimiento de Negocios Verdes se desarrolla por medio de la participación directa con las comunidades y empresarios en los cuales se busca la identificación de las oportunidades y fortalezas del sector al que pertenece y cuáles son las debilidades y amenazas a los que está expuesto.



## ¿En qué se hace el acompañamiento?

En los siguientes aspectos dependiendo de las prioridades se trabaja una o varias, a saber: Desarrollo de los estratégicos de la empresa

- Mejoramiento de Rentabilidad
- Producción más limpia
- Seguridad y salud en el trabajo
- Mercadeo y marcas territoriales
- Energías sostenibles



## ¿Qué incluye el acompañamiento?

- Luego de la identificación de las problemáticas se inicia un proceso de gestión de innovación en búsqueda de solución de las mismas por medio de la Investigación Acción Participativa (IAP) y en la gestión de la vinculación de actores que permitan la construcción de la red que permita la sostenibilidad de las empresas
- La intervención incluye:
  - Procesos de empoderamiento
  - Asesoría profesional a las empresas
  - Identificación y gestión con los diferentes actores de la región.



# ACOMPañAMIENTO Y FORTALECIMIENTOS GUAVIO 2014 - 2015

- EL proyecto Fortalecimiento de Negocios Verdes en la región del Guavio que se desarrollo en los municipios de Guasca, Gachetá y Junín, que buscó fortalecer las capacidades de innovación y emprendimiento por medio de modelo de Negocios Verdes desarrollado en el año 2014 y 2015.



# Organizaciones

Academia

PARQUE CIENTÍFICO  
DE INNOVACIÓN SOCIAL

Parque Científico de  
Innovación Social  
UNIMINUTO



58  
Puntos de Atención

Alianza



Ingenieros Sin  
Fronteras Colombia  
UNIANDES-UNIMINUTO

Academia

Gobernación de  
Cundinamarca  
Secretaría Ciencia  
Tecnología e Innovación

Sector público





## ¿Cómo se desarrolló?



Encuentro para el  
establecimiento de  
relaciones  
marzo-abril 2014



Laboratorio  
Soluciones Verdes 7  
junio 2014



Taller  
Innovación-  
Acción desde los  
colegios  
Mayo 2014



Curso, semillero, tesis  
Ingenieros Sin  
Fronteras Colombia.

Espacios de  
participación

Definir por medio  
de la **acción** y  
desde **capacidades**  
y **necesidades**  
**reales** modelos de  
negocios verdes  
regionales.

Espacios  
educativos

Espacios de diseño  
participativo  
agosto-noviembre  
2014



Cierre y resultados  
10 diciembre 2014



Taller: ¿Cómo  
convertir mi  
unidad productiva  
en negocio verde?  
octubre-noviembre  
2014



Seminario en  
emprendimiento  
sostenible  
28 mayo 2014



## Resultados

**37**/35 unidades productivas

**370**/350 estudiantes décimo y once.

**41** estudiantes universitarios UNIANDES UNIMINUTO.

**4** colegios municipales.

**7** tesis ingeniería industrial Universidad de los Andes.



Página web como testimonio colectivo

<http://innverde.hol.es/>

<http://innverde.hol.es/mobile/>

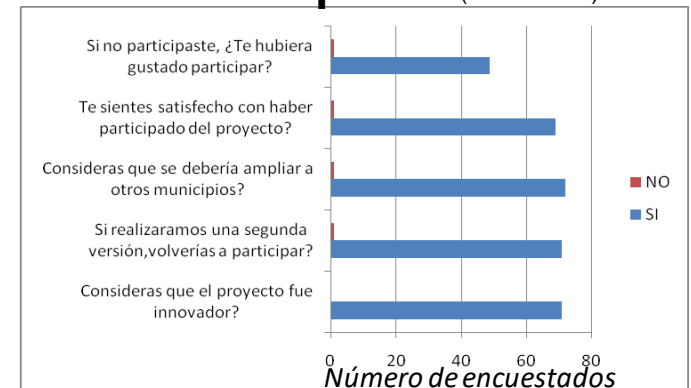


Productos de investigación



Mapas geo-referenciados

### Percepción (10/12/2015)



**Fortalecimiento relaciones Academia-Sector Público-Comunidad**



## EMPRENDIMIENTOS EMPRENDEVERDE



Es una comercializadora Social que genera oportunidades de compra a estudiantes y comunidades rurales en los municipios de Cundinamarca.

Apoya iniciativas que impactan positivamente al medio ambiente. Desde el 2014 se han apoyado 34 emprendimientos de estudiantes y graduados que actualmente son proveedores de UNIMINUTO.



- Promueve la primera facturación de los emprendedores.
- Desarrolla la identidad visual de la empresa, diseña sus empaques y etiquetas.
- Es una iniciativa de Ingenieros Sin Fronteras Colombia





## AGROECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO



FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE  
ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN  
TERRITORIOS PRODUCTORES DE AGUA EN  
CUNDINAMARCA

## Lugar de intervención: Municipio Junín

Inspección Claraval, Veredas: Aposentos,  
Arenal, Guarumo, La Aldea y Terama.

Inspección Chuscales, veredas: Carrizal,  
Colombia, Córdoba, Chorrillos, El Carmen y  
Maracaibo.



Foto. Inspección de Claraval. Imagen: Luis Sánchez.



Foto. Inspección de Chuscales. Imagen: Luis Sánchez.



## Actores y Aliados:

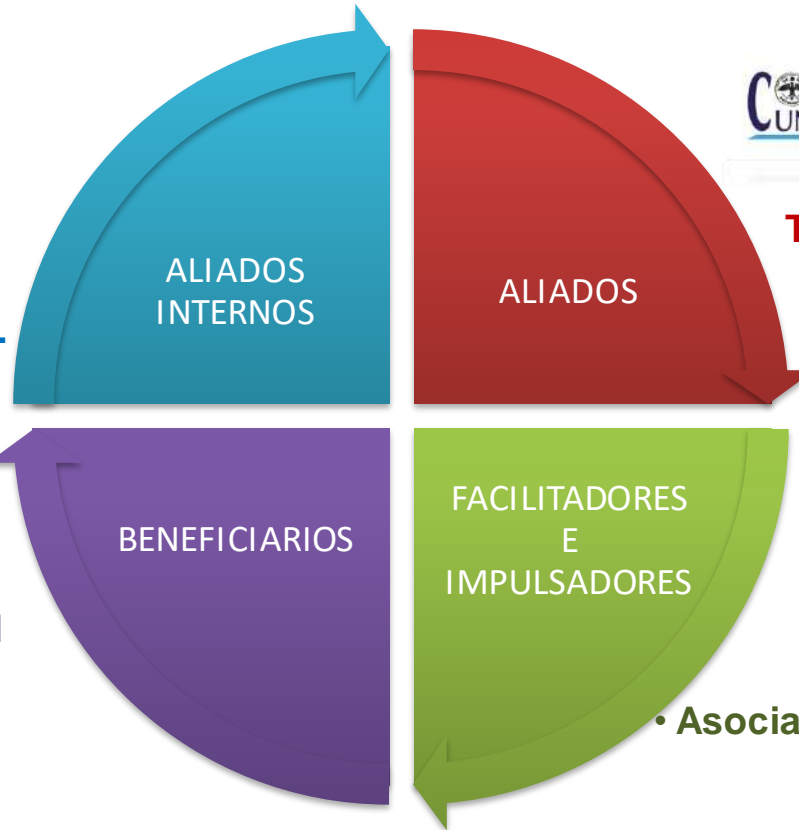


•CERES Uniminuto.

Facultad Ingeniería Agroecológica.



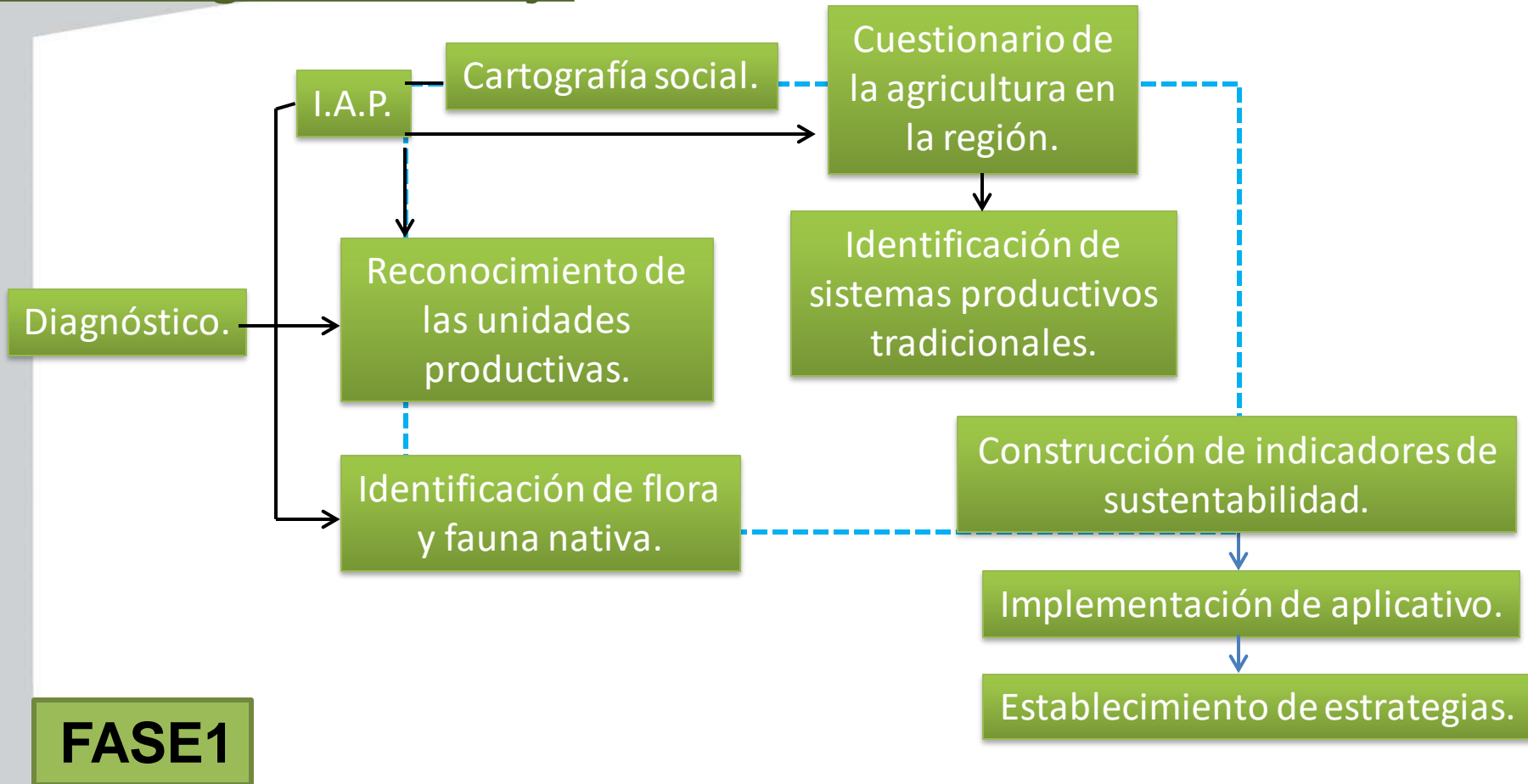
•Habitantes de inspecciones Claraval y Chuscales (Junín).



•Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación.

• Alcaldía.  
• Iglesia.  
Líderes comunitarios.  
• Asociaciones de productores.  
• Corpoguavio.

## Metodología de trabajo:

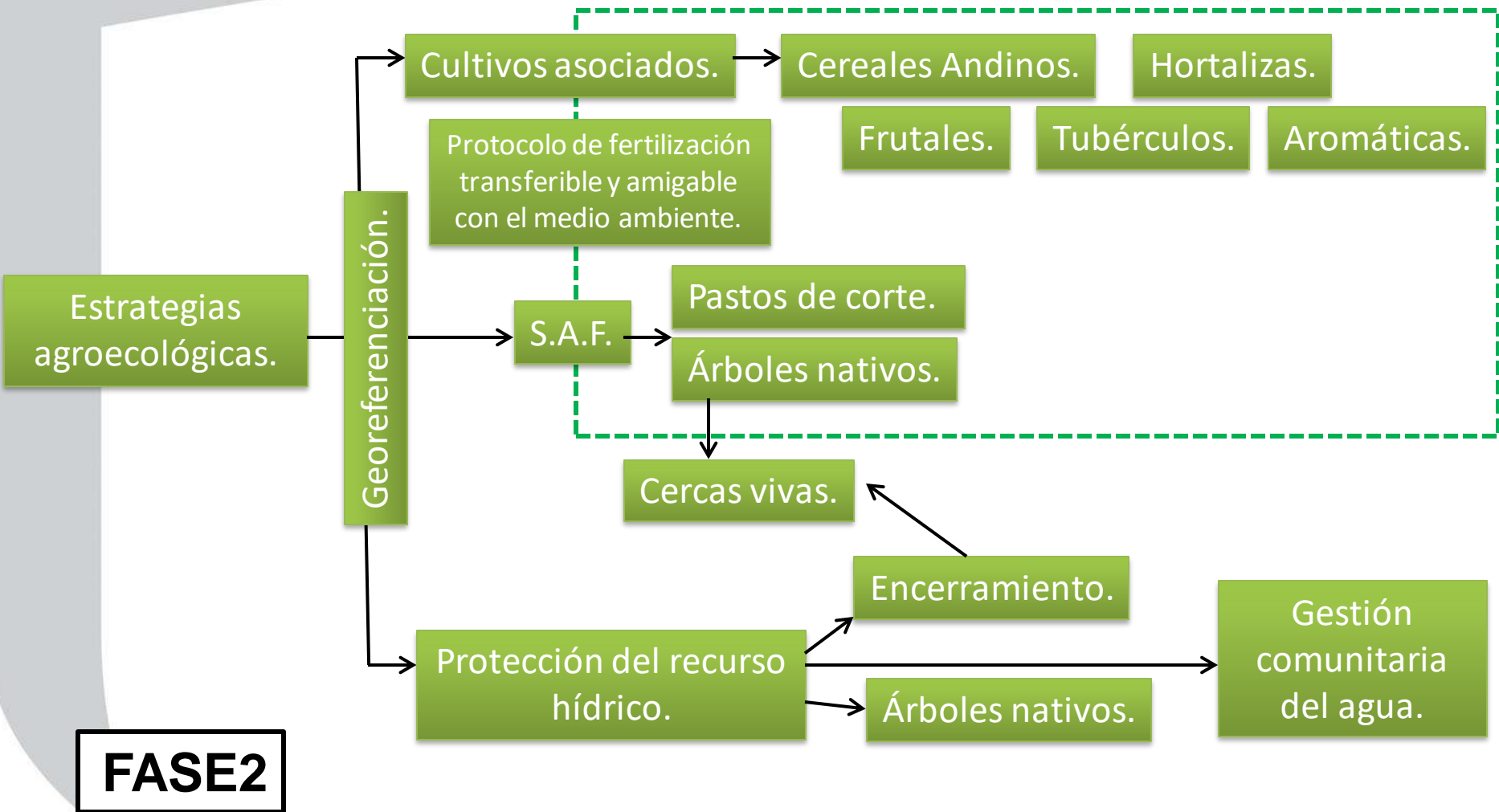






Imágenes. Fase 1. Fotos: Equipo Cambio Climático. 2014.

## Metodología de trabajo:

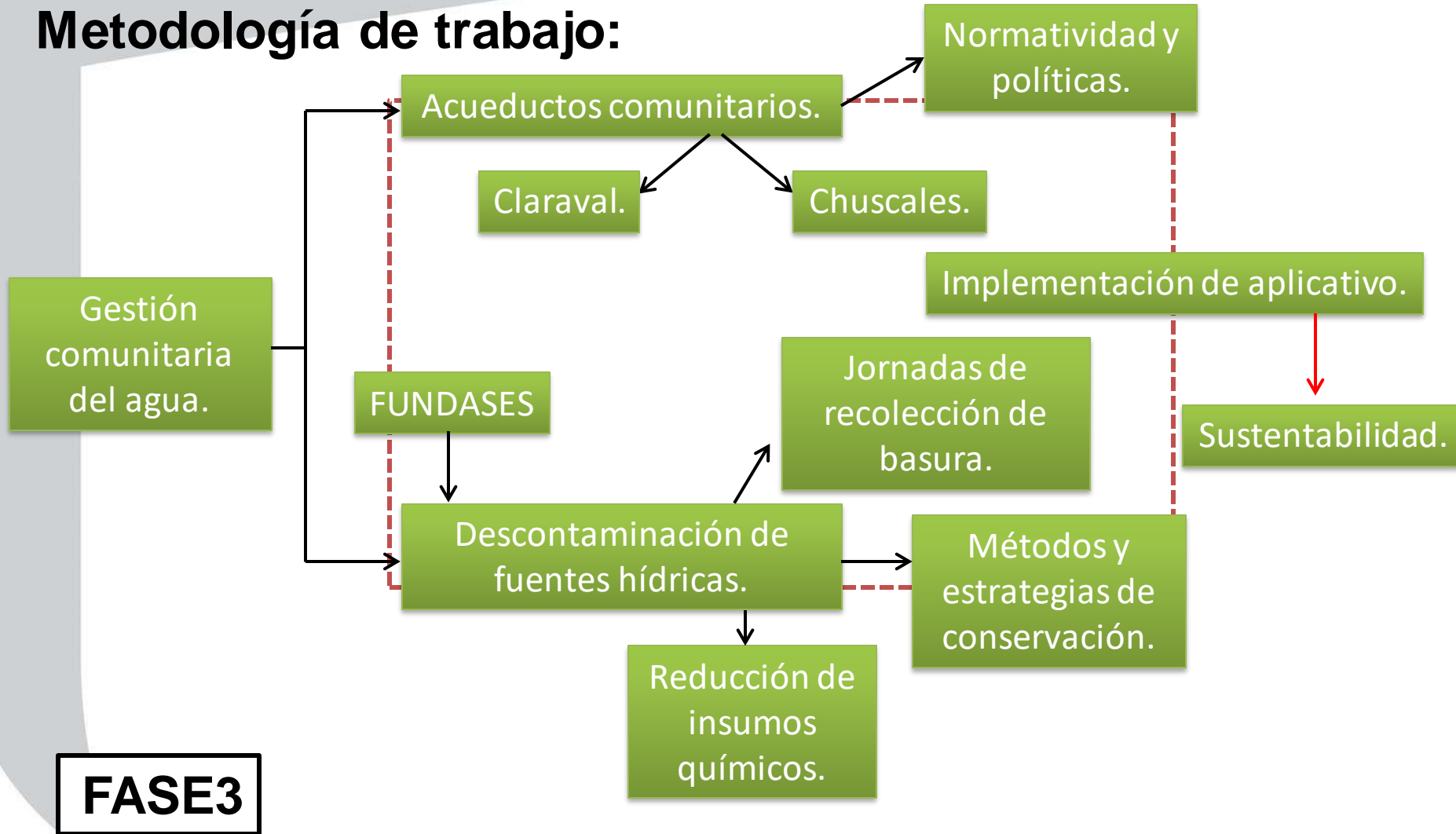






Imágenes. Fase 2. Fotos: Equipo Cambio Climático. 2014.

## Metodología de trabajo:



**FASE3**





Imágenes. Fase 3. Fotos: Equipo Cambio Climático. 2014.

## Resultados:

ESTRATEGIA	PRODUCTOS	BENEFICIOS
<p>SISTEMAS AGROFORESTALES.</p> <p><b>13</b></p>	<p>Maderables, Carne de bovino, leche y sus derivados.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción de la erosión eólica.</li> <li>2. Reducción de daños al suelo por pisoteo.</li> <li>3. Enriquecimiento de la dieta del animal.</li> <li>4. Reducción de costos de producción.</li> <li>5. Independencia de insumos externos.</li> <li>6. Incentivo a la presencia de flora y fauna nativa.</li> <li>7. Reducción de stress en los animales.</li> </ol>
<p>CULTIVOS ASOCIADOS.</p> <p><b>23</b></p>	<p>Hortalizas, tubérculos, frutales, cereales andinos y aromáticas.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estimulo a la presencia de fauna benéfica.</li> <li>2. Reducción de insumos químicos en la producción.</li> <li>3. Participación de la familia en el mantenimiento de la huerta.</li> <li>4. Conservación y fortalecimiento de la estructura del suelo.</li> <li>5. Producción escalonada y sostenible.</li> </ol>
<p>PROTECCIÓN DE FUENTES HÍDRICAS.</p> <p><b>10</b></p>	<p>Áreas protegidas, siembra de árboles nativos y generación de propuestas de acueductos comunitarios.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducción del ingreso de animales a los puntos de agua.</li> <li>2. Practicas de biorremediación transferibles a las comunidades.</li> <li>3. Generación de conciencia y cuidado al recurso hídrico.</li> <li>4. Conservación del recurso para las futuras generaciones.</li> </ol>



## Resultados:





## CENTROS DE INVESTIGACIÓN CIET RURAL

El CIET rural, en función de un desarrollo integral desde la Ingeniería social propiamente, permite la construcción de soluciones colectivas que respondan a la complejidad de los problemas que afectan a la sociedad colombiana: “Busquemos todas las soluciones parciales, sencillas, prácticas, para que brote de ellas la solución colectiva” (García, citado por Jaramillo, 1984).