

➤ 2024: "30° ANIVERSARIO DEL RECONOCIMIENTO
CONSTITUCIONAL DE LA AUTONOMÍA Y AUTARQUÍA"

GESTIÓN AMBIENTAL. ORDENAMIENTO TERRITORIAL. LOCALIZACIÓN INDUSTRIAL



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD
DE INGENIERÍA**



Prof. Dra. Ing. Susana Llamas

susana.llamas@uncuyo.edu.ar

Instituto de Medio Ambiente

CEIRS - Sostenibilidad e Ingeniería de Residuos

UNIDAD 1B

GESTIÓN AMBIENTAL. ORDENAMIENTO TERRITORIAL. LOCALIZACIÓN INDUSTRIAL

1.B. Introducción a la gestión ambiental

Definiciones y principios. Paradigmas de la gestión ambiental. Evolución de la percepción de los problemas ambientales y su relación con los instrumentos de la gestión ambiental. Elementos y objetivos de planificación. Modelos territoriales. Instrumentos del ordenamiento territorial. Localización ambiental de proyectos industriales.

1.A. Proyecto integrador (Trabajo Integrador)

Preparación y presentación. Requisitos formales y de contenido. Resumen. Introducción. Estado del arte. Justificación e importancia. Objetivo. Materiales y métodos. Resultados esperados. Conclusiones. Aplicación.

Rama del conocimiento que emplea diferentes instrumentos normativos y técnicos para organizar, de una manera sostenible, las relaciones entre las actividades humanas y el ambiente.

Estrechamente relacionada con la toma de decisiones que puedan causar efectos, directos o indirectos, no deseados sobre el ambiente.





Puesta en marcha un proyecto (comercial, industrial, inmobiliario, social, o de otro tipo): Decisión basada en la experiencia y la intuición de su promotor/a.



Evaluación inter y multidisciplinaria más profunda y exhaustiva por medio del análisis integral de los factores económicos, tecnológicos, sociales y ambientales.



Necesidad de utilizar los instrumentos de la Gestión Ambiental para mejorar el proceso de toma de decisiones durante la preparación y evaluación de proyectos.



Es

Un conjunto de instrumentos políticos, legales, sociales y técnicos, encaminado a lograr la máxima racionalidad en el proceso de toma de decisiones relacionadas con la preservación, conservación, defensa, protección y mejora del ambiente.

Se organiza

Con los elementos de la política ambiental, el sistema jurídico, el compromiso empresarial y la participación pública.

Objetivo

Conciliar las actividades humanas con el ambiente en el que se desarrollan a través de instrumentos que las estimulen y viabilicen.

Planteó un problema conceptual

Originado en el cambio del paradigma determinista, basado en la simplicidad, uniformidad, independencia, estabilidad y control, por el paradigma de la incertidumbre, caracterizado por la complejidad, diversidad, interdependencia, dinamismo y riesgo.

¿QUÉ ES UN
PARADIGMA?

El conjunto de reglas que se asumen como una verdad incuestionable y que rigen una determinada disciplina.

Los paradigmas son los supuestos, las visiones, los modelos que, conscientemente o no, tenemos en cuenta en el momento del análisis y la toma de decisiones.

Implica: aceptar la existencia de intereses en conflicto, concertación entre las partes, decisiones de bajo riesgo, progresividad y flexibilidad de las decisiones, realización de rigurosos controles de cumplimiento.

GESTIÓN AMBIENTAL: Definiciones

UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

FACULTAD
DE INGENIERÍA

CEPAL/CLADES. *Tesaurus de medio ambiente para América Latina y El Caribe*. Santiago. 1981.



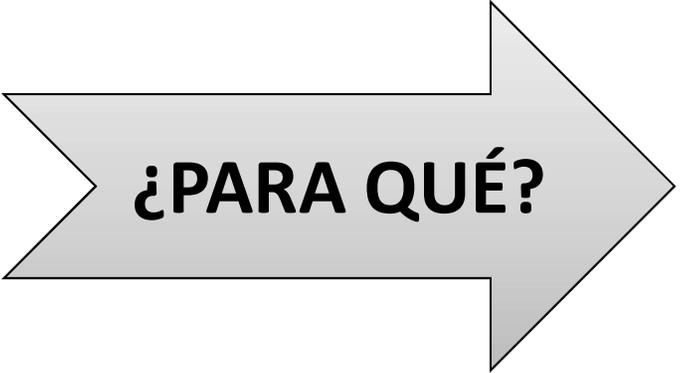
ES

La administración y manejo de todas las actividades humanas que influyen sobre el ambiente



¿CÓMO?

Mediante un conjunto de pautas, técnicas y mecanismos.



¿PARA QUÉ?

Asegurar la puesta en práctica de una política ambiental racional y sostenida.

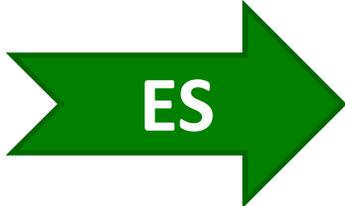
CEPAL: Comisión Económica Para América Latina y El Caribe.
CLADES: Centro Latinoamericano de Desarrollo Sustentable.

GESTIÓN AMBIENTAL: Definiciones

UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

FACULTAD
DE INGENIERÍA

CEPAL/PNUMA. *El reto ambiental del desarrollo en América Latina y El Caribe*. 1990.



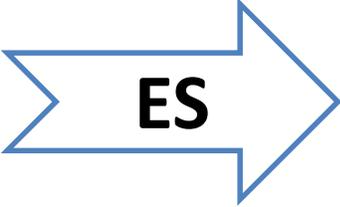
ES

Un conjunto de acciones normativas, administrativas y operativas que impulsa el Estado.



¿PARA QUÉ?

Alcanzar un desarrollo con sustentabilidad ambiental.



ES

El campo que busca equilibrar la demanda de recursos naturales de la Tierra con la capacidad del ambiente natural.



¿PARA QUÉ?

Responder a esas demandas sobre una base sostenible.

Ley N° 25.675/02. General del Ambiente. Bien jurídicamente protegido

- 1) Principio de congruencia:** La legislación provincial y municipal referida a lo ambiental deberá ser adecuada a los principios y normas fijadas en la presente ley; en caso de que así no fuere, éste prevalecerá sobre toda otra norma que se le oponga.
- 2) Principio de prevención:** Las causas y las fuentes de los problemas ambientales se atenderán en forma prioritaria e integrada, tratando de prevenir los efectos negativos que sobre el ambiente se pueden producir.
- 3) Principio precautorio:** Cuando haya peligro de daño grave o irreversible la ausencia de información o certeza científica no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces, en función de los costos, para impedir la degradación del medio ambiente.

- 4) **Principio de equidad intergeneracional:** Los responsables de la protección ambiental deberán velar por el uso y goce apropiado del ambiente por parte de las generaciones presentes y futuras.
- 5) **Principio de progresividad:** Los objetivos ambientales deberán ser logrados en forma gradual, a través de metas interinas y finales, proyectadas en un cronograma temporal que facilite la adecuación correspondiente a las actividades relacionadas con esos objetivos.
- 6) **Principio de responsabilidad:** El generador de efectos degradantes del ambiente, actuales o futuros, es responsable de los costos de las acciones preventivas y correctivas de recomposición, sin perjuicio de la vigencia de los sistemas de responsabilidad ambiental que correspondan.
- 7) **Principio de subsidiariedad:** El Estado nacional, a través de las distintas instancias de la administración pública, tiene la obligación de colaborar y, de ser necesario, participar en forma complementaria en el accionar de los particulares en la preservación y protección ambientales.

8) Principio de sustentabilidad: El desarrollo económico y social y el aprovechamiento de los recursos naturales deberán realizarse a través de una gestión apropiada del ambiente, de manera tal, que no comprometa las posibilidades de las generaciones presentes y futuras.

9) Principio de solidaridad: La Nación y los Estados provinciales serán responsables de la prevención y mitigación de los efectos ambientales transfronterizos adversos de su propio accionar, así como de la minimización de los riesgos ambientales sobre los sistemas ecológicos compartidos.

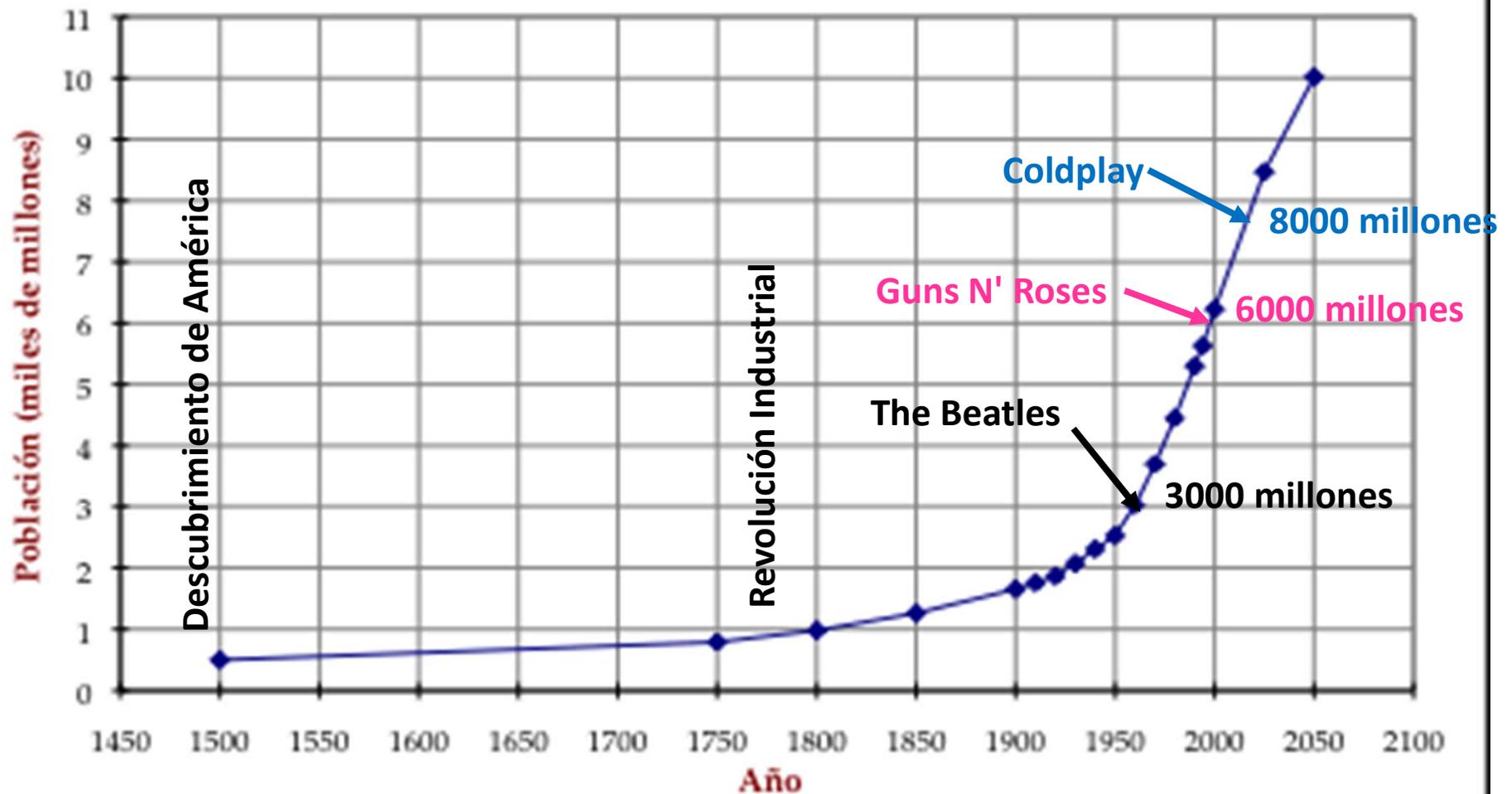
10) Principio de cooperación: Los recursos naturales y los sistemas ecológicos compartidos serán utilizados en forma equitativa y racional. El tratamiento y mitigación de las emergencias ambientales de efectos transfronterizos serán desarrollados en forma conjunta.

Año	Población Mundial	Tiempo transcurrido para duplicarse
600	500 millones	
		1200 años
1800	1000 millones	
		130 años
1930	2000 millones	
		46 años
1976	4000 millones	
		46 años
2022 ⁽¹⁾	8000 millones	

(1) <https://onuhabitat.org.mx/index.php/ya-somos-8-mil-millones-de-personas>

Acceso: 08/09/2023

Evolución de la población mundial (1500-2050)



EVOLUCIÓN DE LA PERCEPCIÓN DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES

1960: Principales amenazas al bienestar humano relacionadas con el aumento de la población mundial, uso del DDT (dicloro difenil tricloroetano) y las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

1970: Percepción ampliada. Se discutía el efecto invernadero, la contaminación de los océanos, la deforestación, la pérdida de la biodiversidad y la lluvia ácida.

1980: Agravamiento de los cambios climáticos globales. Reducción de la capa de Ozono. Residuos tóxicos. Pérdida de hábitats. Contaminación del agua superficial y subterránea. Disponibilidad de agua dulce. Consumo excesivo de energía. Pérdida de suelo y desertificación. Marginalización.

EVOLUCIÓN DE LA PRECEPCIÓN DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES

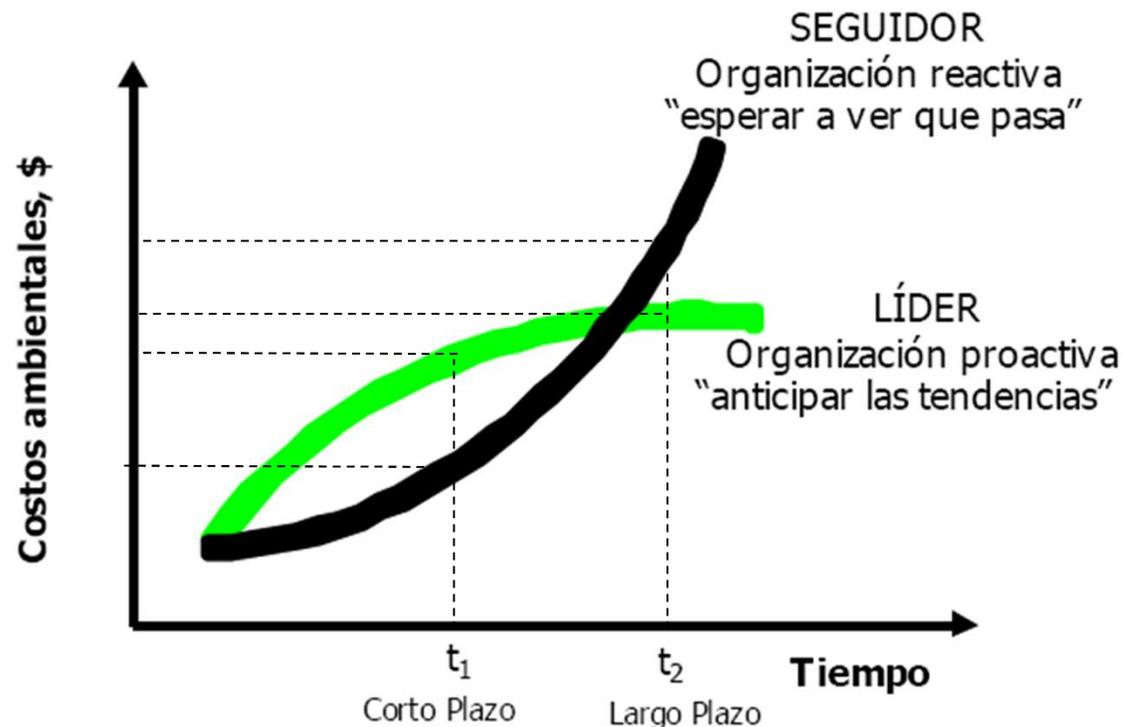
1990: Profundización del conocimiento de las relaciones entre las personas y el ambiente. Mejora la comprensión de los problemas ambientales, tanto en su intensidad como en su calidad.

2000: Las principales preocupaciones se orientan hacia la protección ambiental, ya no como un sistema cerrado sino en un modelo de economía abierta, situada dentro del ecosistema.

2010: Se propone un nuevo modelo de sociedad que utilice y optimice los materiales y residuos dándoles una vida más duradera, el paradigma se explica con el concepto de economía regenerativa. El producto debe ser diseñado para ser reutilizado y reciclado.

FACTORES DETERMINANTES

- 1) **Primera ola:** impulsada por las ONG's.
- 2) **Segunda ola:** impulsada por los gobiernos.
- 3) **Tercera ola:** impulsada por la actividad industrial.



FACTORES DETERMINANTES

Muchas empresas reformulan su enfoque con relación al ambiente como respuesta a las presiones ejercidas por los diversos segmentos de la sociedad con los cuales las empresas se relacionan.

Los dos principales motivos que produjeron los cambios de actitudes con relación al ambiente fueron: la **legislación** y la **tecnología**.

Costos y mercado, son los factores que realmente determinan los cambios en el comportamiento de las empresas.

ECONOMÍA DE
FRONTERA

ECOLOGÍA
PROFUNDA

PROTECCIÓN
AMBIENTAL

GESTIÓN DE
RECURSOS

ECODESARROLLO

ECONOMÍA DE
FRONTERA

Mejora de la calidad material de la vida. Beneficiar a la humanidad, sin importar el modo en que ese beneficio se obtenía.

ECOLOGÍA
PROFUNDA

Flujo de recursos de la naturaleza a la economía y un flujo de residuos hacia ella.

PROTECCIÓN
AMBIENTAL

Uso gratuito de bienes públicos (atmósfera, agua, suelo) por considerar que no tienen precio de mercado.

GESTIÓN DE
RECURSOS

Los avances tecnológicos podían resolver todos los problemas. Es decir que cuando el daño ambiental era advertido se debía recurrir a la tecnología para repararlo.

ECODESARROLLO

Mayor volumen de contaminantes y saturación del ambiente como receptor: comportamiento inviable.

ECONOMÍA DE
FRONTERA

Intenta recuperar los aspectos éticos, sociales y espirituales.

ECOLOGÍA
PROFUNDA

Se ubica al ser humano en una posición de subordinación a la naturaleza.

PROTECCIÓN
AMBIENTAL

Su implementación *exige profundas reformas en los sistemas legales, económicos y sociales, así como en las concepciones de desarrollo.*

GESTIÓN DE
RECURSOS

Poco confiable esperar que el mundo retorne a un estilo de vida tan diferente del actual. Además de ser impracticable, para un gran número de personas resultaría indeseable.

ECODESARROLLO

ECONOMÍA DE
FRONTERA

ECOLOGÍA
PROFUNDA

PROTECCIÓN
AMBIENTAL

GESTIÓN DE
RECURSOS

ECODESARROLLO

Institucionalización del ambiente con los estudios de impacto ambiental: Forma legal de evaluar los costos y beneficios de la contaminación ambiental.

Creación de agencias de protección ambiental, responsables de establecer límites y mecanismos de control y corrección.

La gestión ambiental en la industria tenía como principal objetivo controlar el daño que producía con medidas al final del proceso (*end of pipe*).

Gestión Ambiental: considerada como costo adicional, sin posibilidades de traducir beneficios ecológicos en términos monetarios.

ECONOMÍA DE
FRONTERA

Movimientos ecológicos: Incorporar todos los recursos (biofísicos, financieros y de infraestructura) en los cálculos de las cuentas nacionales.

ECOLOGÍA
PROFUNDA

Concepción antropocéntrica, de acuerdo con la cual los recursos deben ser gerenciados para que puedan ser usados de forma continua.

PROTECCIÓN
AMBIENTAL

Estrategias: Eficiencia Global. Adopción del principio del contaminador pagador para internalizar los costos sociales de la contaminación y preferencialmente el uso de tecnologías más limpias.

GESTIÓN DE
RECURSOS

ECODESARROLLO

Adoptar tecnologías de proceso menos contaminantes, por lo general más eficientes, adaptando antiguos procesos, ahorrar energía y materias primas, además de minimizar la generación de residuos.

ECONOMÍA DE
FRONTERA

Cambios en el pensamiento y en la práctica. Se abandona el enfoque exclusivo sobre el proceso productivo para incluir también el producto final entre sus preocupaciones, con el propósito de minimizar su potencial como fuente de contaminación.

ECOLOGÍA
PROFUNDA

PROTECCIÓN
AMBIENTAL

La gestión ambiental en un modelo de economía abierta, situada dentro del ecosistema.

GESTIÓN DE
RECURSOS

Sustituir el principio del contaminador pagador por el principio de pagar para prevenir la contaminación por medio de la reestructuración de la economía,

ECODESARROLLO

Las acciones de la empresa pasan a ser preventivas y proactivas, en función, principalmente, de la evolución del nivel de conciencia ecológica.

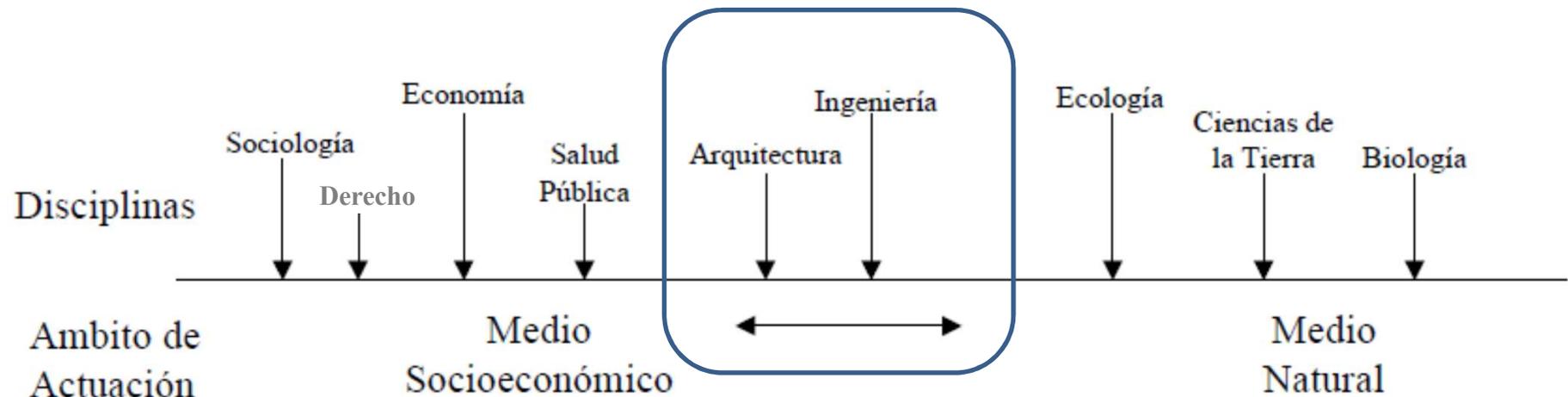
Objetivo

Reducir el empleo de recursos no renovables en la producción de bienes y servicios, el consumo y el desperdicio de materias primas, agua y energía, en concordancia con el concepto de economía regenerativa.

Producto diseñado para ser reutilizado y reciclado. Ecodiseño: desde la primera hasta la última piezas se pueden reutilizar o reciclar una vez terminada su vida útil.

Economía Circular: intenta conseguir un máximo desarrollo utilizando la menor cantidad posible de recursos con los menores costos.

Disciplinas que interactúan y ámbito de actuación





Dirigidos a evitar impactos ambientales o reducir los inevitables

- ***Educación.***
- ***Sensibilización.***
- ***Participación.***
- ***Investigación, Desarrollo e innovación (I+D+i).***
- ***Ordenamiento territorial.***
- ***Evaluación del Impacto Ambiental (EIA).***
- ***Análisis del Ciclo de Vida (ACV).***
- ***Estudio de riesgos.***

CORRECTIVOS: Dirigidos a recuperar o revertir procesos de deterioro ambiental.

- ***Programas de recuperación ambiental.***

MIXTOS: Contribuyen a modificar las acciones que generan conflictos ambientales buscando prevenir su ocurrencia futura y evitarlos o reducirlos cuando ya han ocurrido.

- ***Planes de contingencia.***
- ***Programas de monitoreo.***
- ***Sistemas de Gestión Ambiental (SGA).***
- ***Auditorías Ambientales.***



ES

Una política de Estado y un instrumento de la Gestión Ambiental para la planificación del desarrollo.



PLANIFICACIÓN

Es el **instrumento básico** del OT para organizar el desarrollo económico, social y ambiental, con formas equilibradas y eficientes de ocupación territorial.

OBJETIVOS

Dependen del nivel o escala de aplicación, por lo que es necesario lograr la interacción entre los **tres niveles** de planificación territorial.

NIVELES

NACIONAL

REGIONAL

LOCAL

NIVELES DE LA POLÍTICA DE OT

NACIONAL

Orientada al logro de objetivos nacionales y a la definición de políticas, estrategias, planes y programas, criterios y procedimientos para el OT y para la asignación de recursos.

REGIONAL

Asociada con las funciones de los gobiernos regionales (formular, aprobar, ejecutar, evaluar, dirigir, controlar y administrar los planes y políticas en materia ambiental y de OT).

LOCAL

Incluye consideraciones exclusivas de los gobiernos locales (normar la zonificación, el diseño urbano, acondicionamiento territorial e infraestructura, conformación barrial, y ejecución de los planes correspondientes).

-

C
O
N
T
E
N
I
D
O

T
É
C
N
I
C
O

+



El Plan Provincial de Ordenamiento Territorial (PPOT) tiene una vigencia de **treinta (30) años**.

Existen tres instancias para poner en marcha las acciones del PPOT:

- 1) corto plazo (6 años),
- 2) mediano plazo (18 años),
- 3) largo (30 años).



ETAPAS DE ELABORACIÓN

- 1) Elaboración del DIAGNÓSTICO;
- 2) Elaboración de los MODELOS de ordenamiento territorial;
- 3) REDACCIÓN del PPOT propiamente dicho.

DIAGNÓSTICO

CLASIFICACIÓN DEL TERRITORIO

OASIS	Áreas urbanas.
	Áreas rurales.
ZONAS NO IRRIGADAS	Áreas rurales.
	Áreas de aprovechamiento extractivo, energético y de uso estratégico de recursos.
	Áreas naturales.

Actualizable cada 4 años



La representación abstracta, conceptual y cartográfica de un sistema territorial con el fin de conocerlo, describirlo, analizarlo, explicarlo y predecirlo.

Se utilizan metodologías y variables unidas por una hipótesis de trabajo, que deriva de una teoría.

OASIS - (1 UIT)

Zonas con aprovechamiento del agua a través de una red de riego proveniente de los ríos.

PLANICIES - (2 UIT)

Zonas con presencia humana dispersa, donde predomina la ganadería extensiva y de subsistencia debido a la carencia de agua.

MONTAÑAS - (3 UIT)

Zonas donde la población no tiene acceso fácil a equipamientos e infraestructuras.

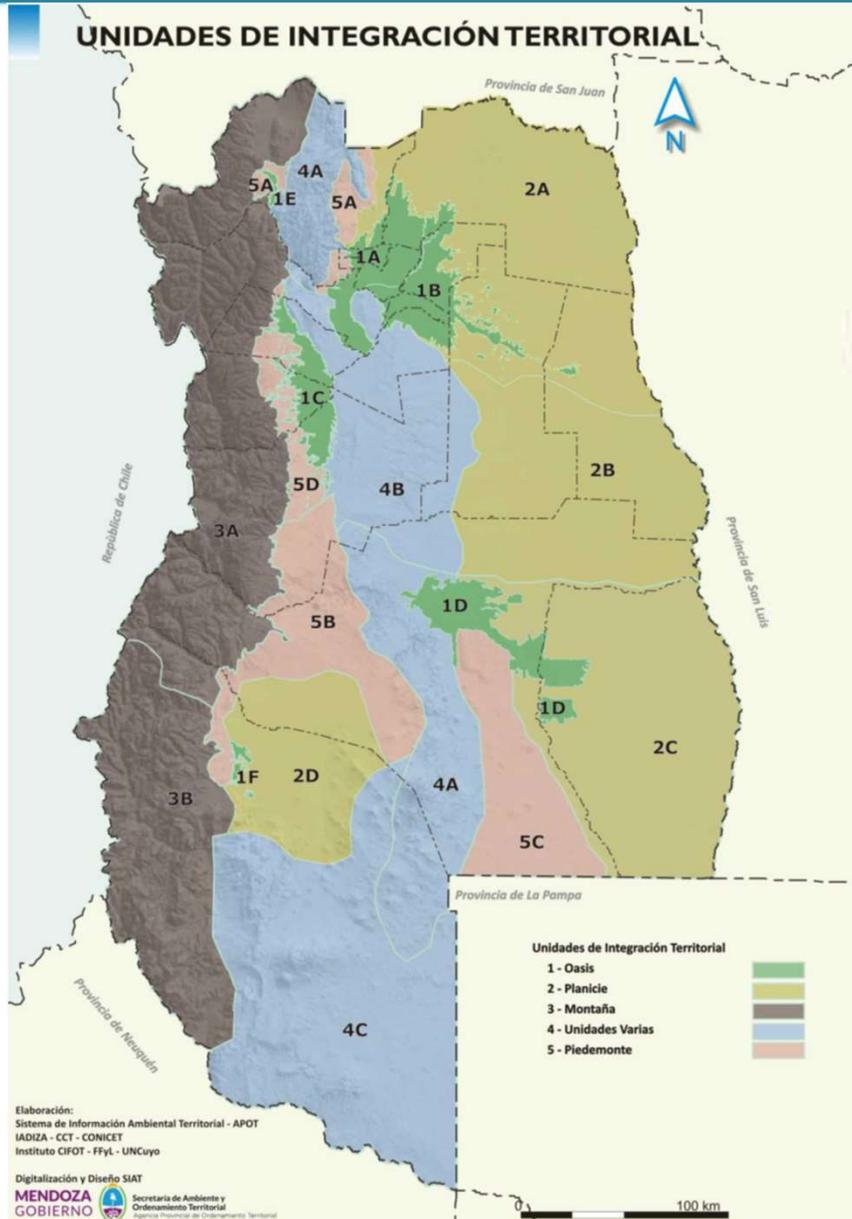
UNIDADES VARIAS - (4 UIT)

Zonas en las que la presencia humana se limita a algunos puestos ganaderos y al desarrollo del turismo debido a sus bellezas paisajísticas.

PIEDEMONTES - (5 UIT)

Ambiente frágil e inestable por sus grandes pendientes, lluvias estivales violentas y concentradas, vegetación escasa y degradada, suelos no consolidados y acelerados procesos de erosión, principalmente hídrica.

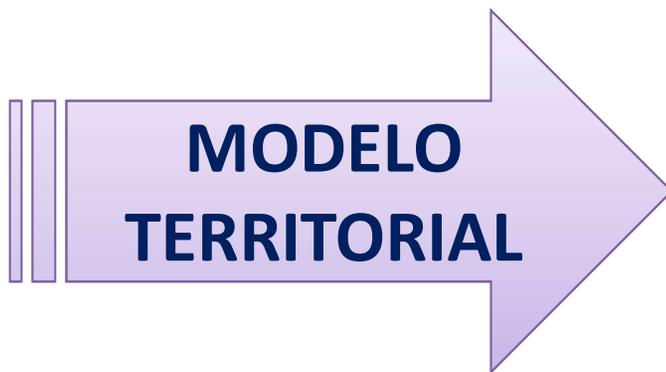
PPOT: MODELO (UIT)



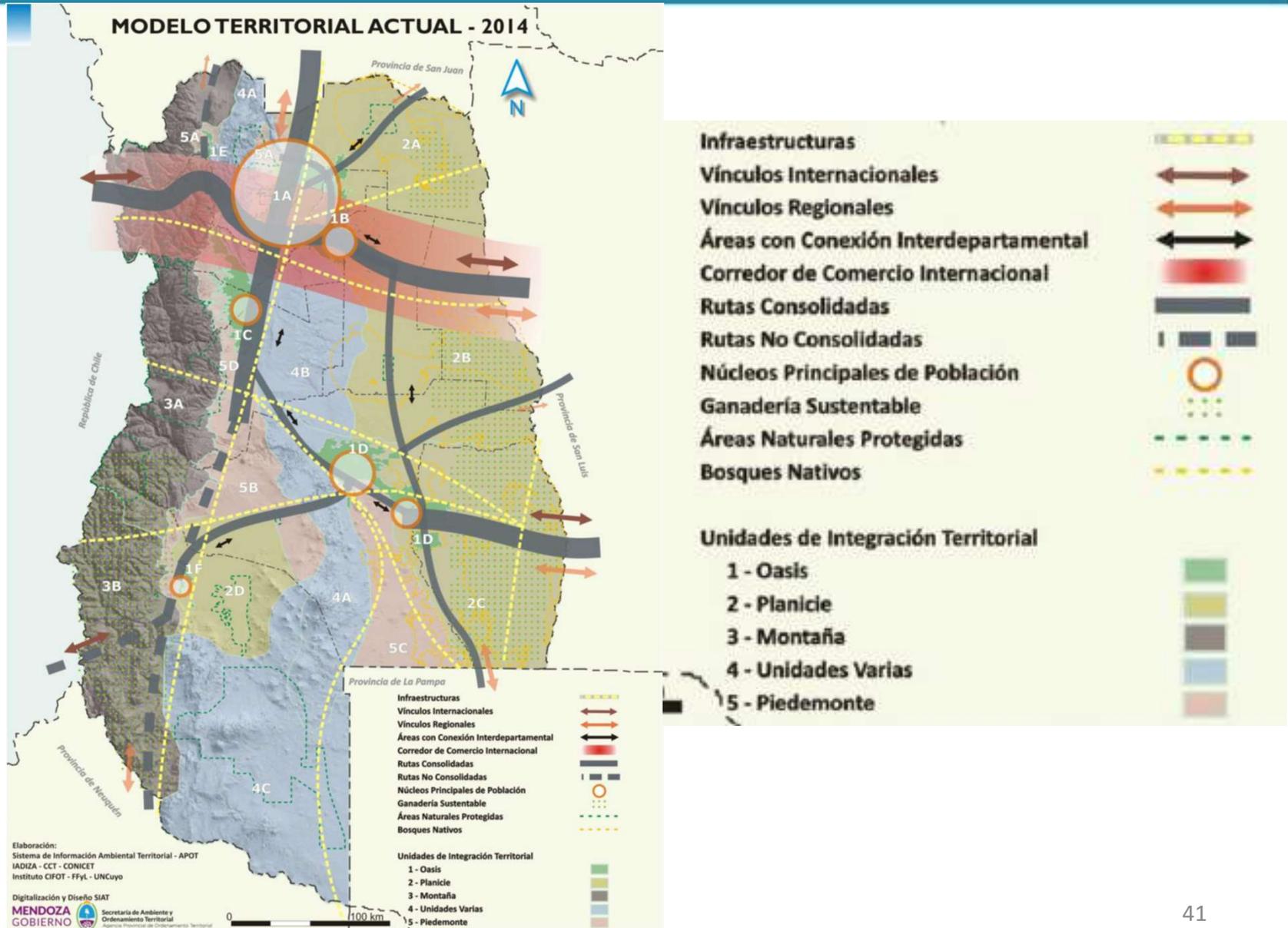
Unidades de Integración Territorial

- 1 - Oasis
- 2 - Planicie
- 3 - Montaña
- 4 - Unidades Varias
- 5 - Piedemonte





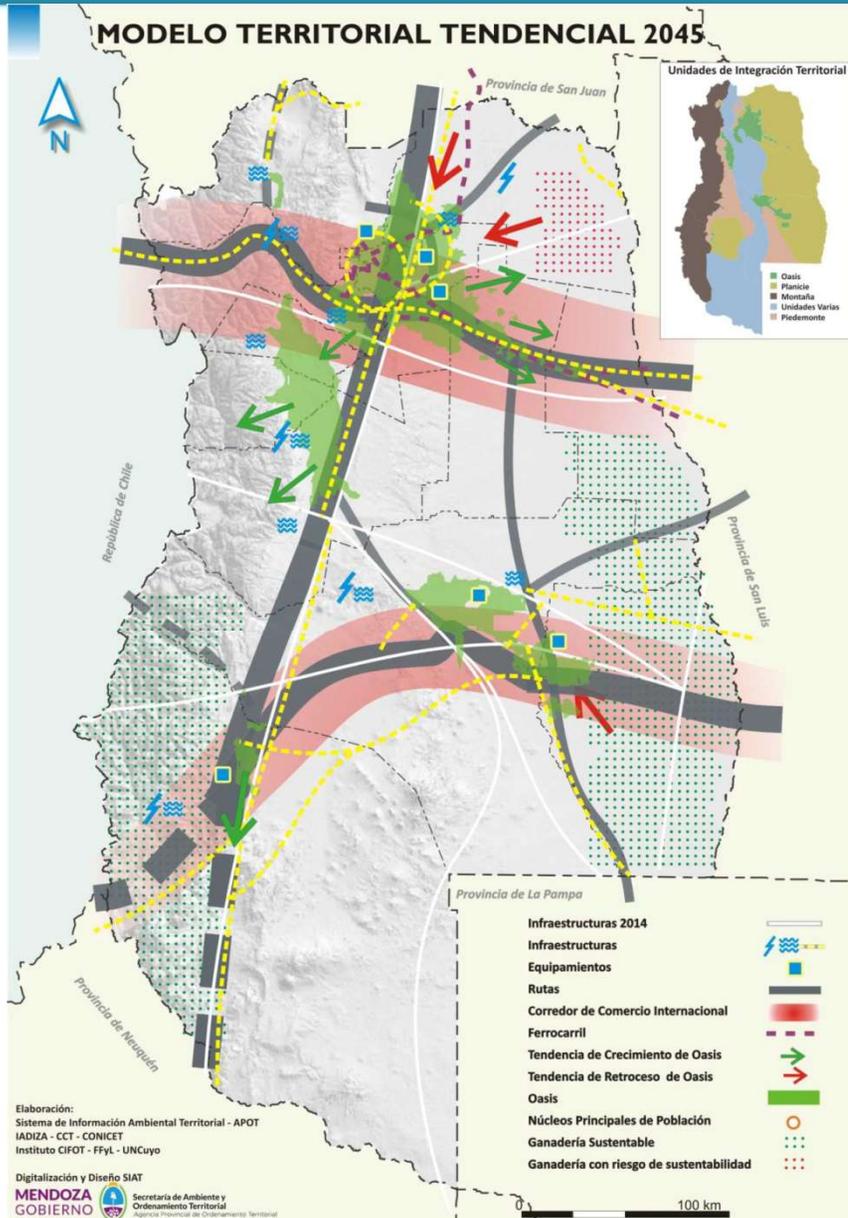
MODELO TERRITORIAL ACTUAL



Se construye a partir de la selección y análisis de **tres variables clave** para el Ordenamiento Territorial de Mendoza

- 1) El estado actual de la población y sus dinámicas en los últimos 20 años.
- 2) La dinámica de los sectores económicos a través de su evolución en el Producto Bruto Geográfico (PBG) por sectores a nivel provincial con tres periodos de corte 2002, 2006 y 2010.
- 3) La transformación de los oasis irrigados, gracias a la interpretación de imágenes satelitales de los años 1990, 2000 y 2010.

MODELO TERRITORIAL TENDENCIAL



Infraestructuras 2014

Infraestructuras

Equipamientos

Rutas

Corredor de Comercio Internacional

Ferrocarril

Tendencia de Crecimiento de Oasis

Tendencia de Retroceso de Oasis

Oasis

Núcleos Principales de Población

Ganadería Sustentable

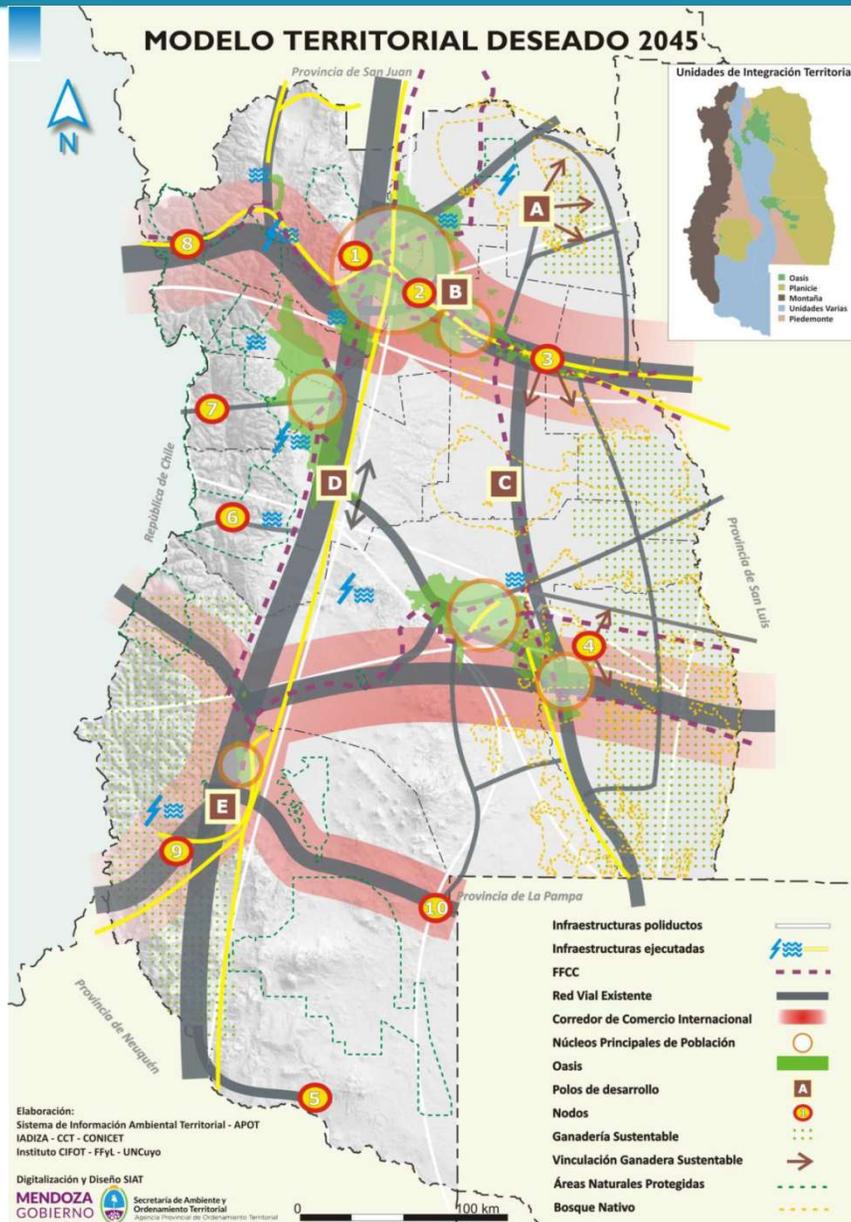
Ganadería con riesgo de sustentabilidad



ES

La *imagen provincial futura* que surge del consenso social, considerando que sus acciones están formuladas bajo el supuesto de que NO existen restricciones de medios, recursos y voluntades en la provincia.

MODELO TERRITORIAL DESEADO



REALIZABLE. Se construye a partir de:

Modelo territorial ACTUAL

Modelo territorial TENDENCIAL

Modelo territorial DESEADO

**DIRECTRICES Y
LINEAMIENTOS**



Directrices: Concretas y de cumplimiento obligatorio.

Lineamientos: Orientan las decisiones e intervenciones en el territorio.

Programas y proyectos: Fortalecen, consolidan, integran y promueven actividades que generen desarrollo equilibrado, sostenible y con equidad para el territorio provincial.

PROVINCIAL: DE CLASIFICACIÓN



A cargo del Gobierno Provincial porque su ámbito de competencia es el territorio de Mendoza.

Áreas: Urbanas. Rurales (irrigadas y no irrigadas). De interfaces urbano-rural. Naturales. Bajo regímenes especiales.

MUNICIPAL: DE ZONIFICACIÓN



Subdivisión territorial para instrumentar políticas públicas destinadas al ordenamiento y la regulación del suelo.

Sustentado en procedimientos y criterios científico – técnicos tales como capacidad de carga, aptitud del territorio, índice de riesgo, otros. Debe estar contenida en los planes de ordenamiento del territorio.

La selección del mejor lugar para ubicar un proyecto industrial es una decisión para el largo plazo que está condicionada por las disposiciones Ambientales y del Ordenamiento Territorial.

Lugar donde se llevará a cabo la actividad industrial.

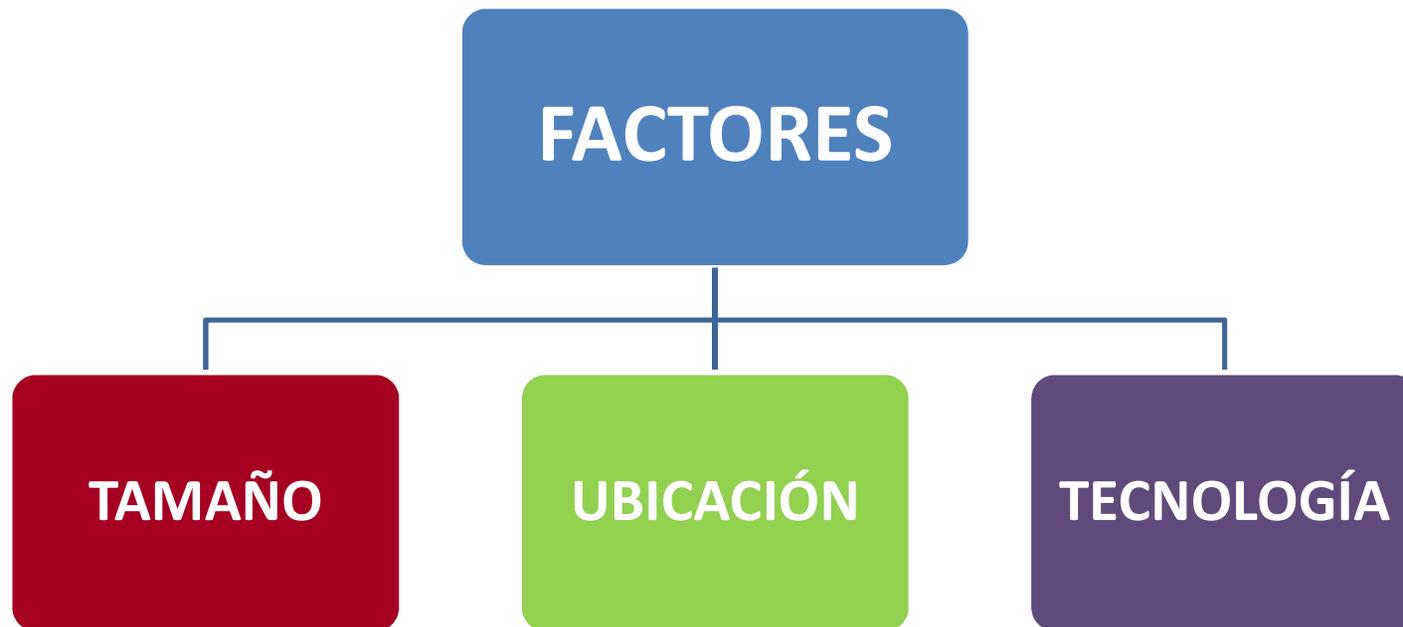
Debe cumplir los requerimientos de la zonificación.

Debe considerar la viabilidad y la conveniencia de su realización a partir de un conjunto de critérios como la factibilidad técnica, la viabilidad económica, la sostenibilidad ambiental y la aceptación social, para seleccionar la mejor alternativa de proyecto.

Muchas metodologías propias de la toma de decisiones en el campo de la radicación de actividades industriales no contemplan los criterios mencionados (Tavella, et al. 2018).

PREGUNTA	SIGNIFICADO	CONTENIDO	ETAPA
¿Qué?	¿Qué problema hay que resolver? ¿Qué necesidad se busca satisfacer?	Análisis-Objetivo-Alternativas	IDENTIFICACIÓN
¿A quién?	¿A quién se dirige la solución?	Demanda - Población afectada	
¿Cómo?	¿Cómo se resolverá el problema? ¿Cómo se cubrirá el vacío identificado?	Tecnología-Ambiente	DESARROLLO DE ALTERNATIVAS
¿Dónde?	¿Dónde se localizará la solución?	Localización-Ambiente	
¿Cuánto?	¿Cuánto de producirá?	Tamaño-Ambiente	
¿Cuál?	¿Cuál de las alternativas es la mejor?	Evaluación - Selección	EVALUACIÓN
¿Con qué?	¿Con qué recursos se hará?	Financiamiento	ESPECIFICACIÓN
¿Quién?	¿Quién realizará el proyecto?	Desarrollo institucional	
¿Cuándo?	¿Cuándo se realizará el proyecto?	Cronograma	PROGRAMACIÓN

Tavella, M. A., Miropolsky, A., & Maner, R. (2018). Aplicación del Software Expert Choice como Herramienta de Soporte de Decisión para la Localización Sustentable de Parques Industriales. Revista Tecnología Y Ciencia, (28), 5–16. Recuperado a partir de <https://rtyc.utn.edu.ar/index.php/rtyc/article/view/236>





TAMAÑO

El tamaño del proyecto es la capacidad de producción en un período determinado.



UBICACIÓN

Macrolocalización

Microlocalización



TECNOLOGÍA

Conjunto de conocimientos, métodos y técnicas cuyo empleo permite transformar insumos y materias primas en un producto terminado.

PROBLEMA DE DECISIÓN

Determinar preferencias, de acuerdo a su importancia, por medio de la distribución de pesos entre el conjunto de alternativas en estudio (Saaty, 1977).

Elegir entre soluciones eficientes, lo que implica hacer intervenir consideraciones subjetivas por medio de las preferencias del centro decisor (Barba Romero, 1996).

Saaty, T. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*. 1977. 15 (3), 234-281.
[https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5).

Barba Romero, S. (1996). *Manual para la toma de decisiones multicriterio*. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social – ILPES. Dirección de Proyectos y Programación de Inversiones. LC//IP/L.122. Santiago. Chile.

PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS - AHP

Los fundamentos del AHP para ordenar el pensamiento analítico se basan en los siguientes principios:

- **Construir la jerarquía.**
- **Confeccionar matrices de valoraciones comparativas.**
- **Establecer prioridades.**
- **Verificar la consistencia lógica.**
- **Sintetizar las prioridades.**

VALORACIONES COMPARATIVAS RESPECTO A UN CRITERIO DETERMINADO



MATRIZ CUADRADA

$$A = \begin{matrix} & & A1 & A2 & \dots & An \\ A1 & & \mathbf{1} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ A2 & = & 1/a_{12} & \mathbf{1} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ An & & 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & \mathbf{1} \end{matrix}$$

LOCALIZACIÓN AMBIENTAL DE PROYECTOS INDUSTRIALES

Intensidad de importancia en una escala absoluta	Definición	Explicación
1	Igual importancia.	Dos criterios contribuyen igual al objetivo.
3	Importancia moderada de uno respecto del otro.	La experiencia y el juicio favorecen un criterio sobre otro.
5	Importancia esencial o fuerte.	La experiencia y el juicio favorecen más un criterio sobre otro.
7	Importancia demostrada (muy fuerte).	Un criterio está fuertemente favorecido y su dominio demostrado en la práctica.
9	Importancia extrema.	La evidencia a favor de un criterio sobre otro corresponde al mayor orden posible de afirmación.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre las dos sentencias adyacentes.	Cuando se necesita un valor de compromiso.
Recíprocas	Si el criterio i tiene uno de los números anteriores en comparación con el criterio j , entonces j tiene el valor inverso en comparación con i .	$a_{ij} = 1/a_{ji}$



Saaty, T. A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of Mathematical Psychology. 1977. 15 (3), 234-281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5).

¿El criterio i es igual, menos o más importante que el criterio j ?

Si el criterio i domina al j con una importancia fuerte, entonces $a_{ij} = 5$ y $a_{ji} = 1/5$; o viceversa.

Tipos de comparaciones por pares

- *Importancia*
- *Preferencia*
- *Más probable*

Los seres humanos tenemos la capacidad de establecer relaciones entre los objetos o las ideas de manera que sean **consistentes**.

La ***consistencia*** implica lo siguiente:

- ***Transitividad*** de las preferencias:

Si A_1 es mejor que A_2 y A_2 es mejor que A_3 entonces se espera que A_1 sea mejor que A_3 .

- ***Proporcionalidad*** de las preferencias:

Si A_1 es **3 veces** mejor que A_2 y A_2 es **2 veces** mejor que A_3 entonces se espera que A_1 sea **6 veces** mejor que A_3 .

Ordenar n sensaciones implica realizar $n(n - 1)/2$ comparaciones.

Conjunto de estímulos: A_1, A_2, \dots, A_n .

Las entradas $A = (a_{ij})$. $\forall i, j = 1, 2, \dots, n$, se definen por las siguientes reglas.

Regla 1: Si $a_{ij} = a$, entonces $a_{ji} = 1/a$, $a \neq 0$

Regla 2: Si A_i tiene una intensidad relativa igual a A_j , entonces $a_{ij} = 1, a_{ji} = 1$; en particular, $a_{ii} = 1$ para todo i :

$$A = \begin{matrix} & & A_1 & A_i & \dots & A_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_i \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & = & \begin{bmatrix} \mathbf{1} & a_{1i} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{1i} & \mathbf{1} & \dots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{in} & \dots & \mathbf{1} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Paso 1:

Registro de pesos con una balanza de precisión.

Comparamos los pesos. A_1 ($w_1 = 330$ g) y A_2 ($w_2 = 264$ g).

Dividimos $w_1/w_2 = 330/264 = 1.25$.

$$A_1 = 1.25 A_2$$

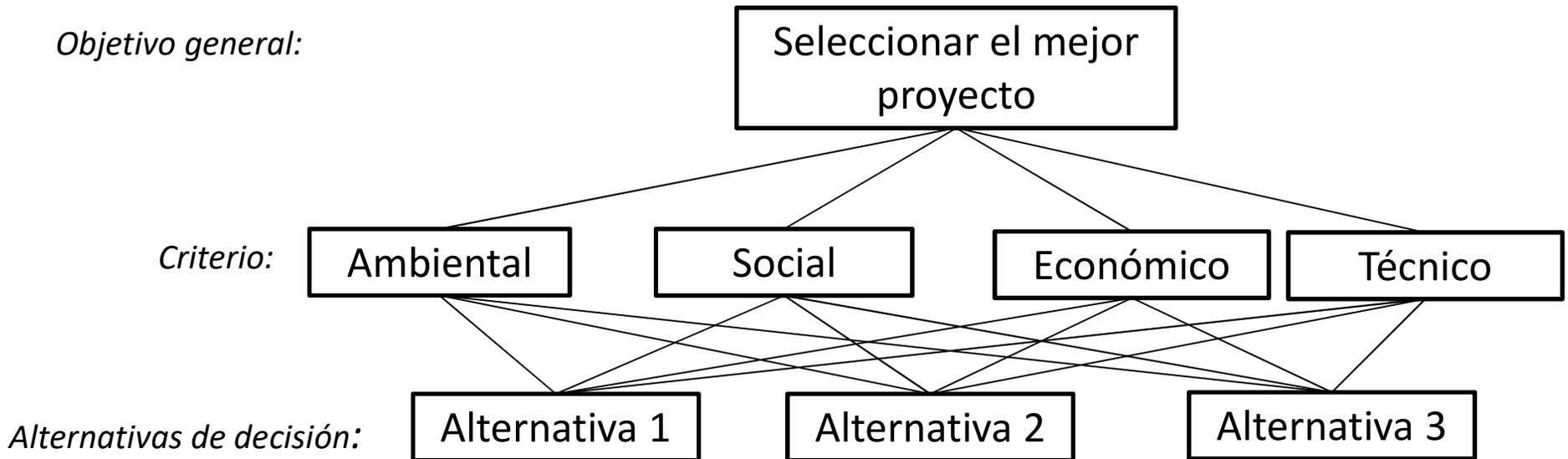
Lo registramos como: $a_{12} = 1.25$

En el caso ideal de medición exacta:

$$\frac{w_i}{w_j} = a_{ij}, \quad \text{o} \quad w_i = a_{ij}w_j \quad \forall \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

Entonces:

$$A = \begin{matrix} & A_1 & \dots & A_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \left[\begin{array}{ccc} w_1/w_1 & \dots & w_1/w_n \\ \vdots & \dots & \vdots \\ w_n/w_1 & \dots & w_n/w_n \end{array} \right] \end{matrix}$$



Paso 2:

Consideremos la fila i -ésima de la matriz A

Entradas para la fila i : $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ij}, \dots, a_{in}$

Para el caso ideal:

$$\frac{w_i}{w_1}, \frac{w_i}{w_2}, \dots, \frac{w_i}{w_j}, \dots, \frac{w_i}{w_n}$$

Multipliquemos:

La primera entrada en esa fila por w_1 , la segunda entrada por w_2 y así sucesivamente:

$$\frac{w_i}{w_1} w_1 = w_i, \quad \frac{w_i}{w_2} w_2 = w_i, \quad \dots, \quad \frac{w_i}{w_j} w_j = w_i, \quad \dots, \quad \frac{w_i}{w_n} w_n = w_i$$

Tenemos:

Caso ideal, una fila de entradas idénticas w_i, w_i, \dots, w_i .

En el caso general, obtendríamos una fila de entradas que representan una dispersión estadística de valores alrededor de w_i .

Paso 2:

Para el caso general las relaciones más realistas (para cada i) toman la forma: $w_i =$ promedio de $(a_{i1}w_1, a_{i2}w_2, \dots, a_{in}w_n)$

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij}w_j \quad \text{o} \quad nw_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}w_j \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

El problema de encontrar los pesos únicos w_i cuando se dan los coeficientes a_{ij} , **¿tiene solución?**

Paso 3:

Con buenas estimaciones, a_{ij} tiende a estar cerca de w_i/w_j , luego, es una pequeña perturbación (c) de esta relación.

Expresamos el valor de n por medio de la perturbación c y tenemos:

$$nw_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}w_j \quad cw_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}w_j \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

El problema ahora es resolver un sistema de ecuaciones lineales homogéneas para el que sabemos que no hay una solución única, si c tiene un valor particular elegido.

Entonces:

$$\boxed{Aw^T} \equiv \begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_n \end{array} \begin{array}{c|c|c|c} A_1 & A_2 & \dots & A_n \\ \hline w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ \hline w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \hline \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hline w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{array} \left| \begin{array}{c} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{array} \right| = n \left| \begin{array}{c} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{array} \right| = \boxed{nw^T}$$

Paso 3:

Para recuperar la escala a partir de la matriz de relaciones, se debe resolver el problema $Aw = nw$ o $(A - nI)w = 0$, donde I es la matriz identidad.

Se obtiene una ecuación de grado n (Ecuación característica de A).

Entonces n es una de sus raíces (valores propios de A).

La suma de los valores propios de una matriz es igual a la suma de sus elementos diagonales (su traza), luego n debe ser un valor propio de A y es el más grande o el principal valor propio λ_{max} (autovalor o *eigenvalor*).

Paso 3: El AHP mide la inconsistencia global de los juicios mediante la Relación de Consistencia (**RC**).

$$\text{Relación de Consistencia (RC)} = \frac{\text{Índice de Consistencia (IC)}}{\text{Índice Aleatorio (IR)}} < \mathbf{10\%}$$

Índice de Consistencia (IC): mide la consistencia de la matriz de comparación por pares de criterios.

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

λ_{max} = Valor propio de una matriz (*eigenvalor*)

n = Tamaño de la matriz

Índice Aleatorio (IR): es un índice promedio de consistencia de una matriz aleatoria (tamaño de la muestra = 500).

Tamaño de la Matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatorio (IR)	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Conjunto de estímulos: A_1, A_2, \dots, A_n .

Las entradas $A = (a_{ij})$ $i, j = 1, 2, \dots, n$, se definen por las siguientes reglas.

Regla 1: Si $a_{ij} = a$, entonces $a_{ji} = 1/a$, $a \neq 0$

Regla 2: Si A_i tiene una intensidad relativa igual a A_j , entonces $a_{ij} = 1, a_{ji} = 1$; en particular, $a_{ii} = 1$ para todo i

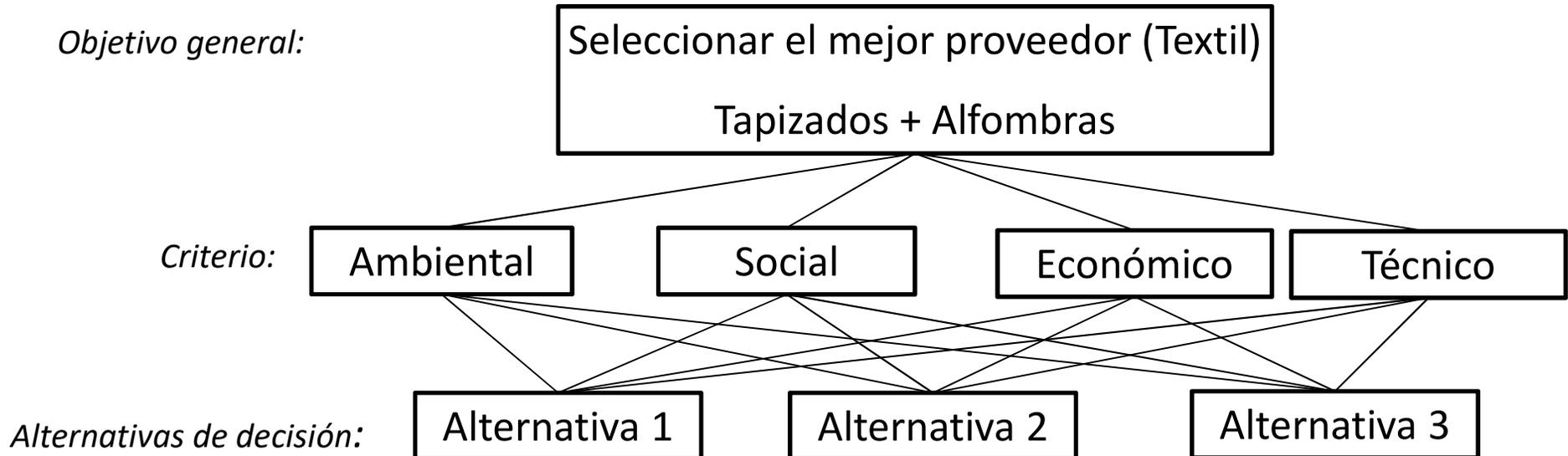
Regla 3: La matriz $A = (a_{ij})$ es consistente cuando $a_{ij}a_{jk} = a_{ik}$ y su principal valor propio λ_{max} (autovalor o *eigenvalor*) es igual a n .

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} A_1 & A_i & A_j & A_k & \dots & A_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_i \\ A_j \\ A_k \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & = \begin{bmatrix} \mathbf{1} & a_{1i} & a_{1j} & a_{1k} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{1i} & \mathbf{1} & a_{ij} & a_{ik} & \dots & a_{in} \\ 1/a_{1j} & 1/a_{ij} & \mathbf{1} & a_{jk} & \dots & a_{jn} \\ 1/a_{1k} & 1/a_{ik} & 1/a_{jk} & \mathbf{1} & \dots & a_{kn} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{jn} & 1/a_{jn} & 1/a_{kn} & \dots & \mathbf{1} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

1. Elegir la alternativa del conjunto que obtenga la mejor ponderación frente a los mismos criterios de comparación utilizados para el análisis.

2. Jerarquizar elementos de un mismo nivel con base en sus importancias relativas y utilizar esos valores en la calificación de los niveles inferiores.

Desarrollar una representación gráfica del problema en términos del objetivo general, los criterios y las alternativas de decisión.



Alternativa 1: Duración > 10 años. Desmantelamiento simple. Reciclable.

Alternativa 2: Duración > 10 años. Desmantelamiento simple. Parcialmente reciclable.

Alternativa 3: Duración > 10 años. Desmantelamiento complejo. No reciclable.



Paso 0: Preparar las matrices de comparaciones por pares de los criterios: Ambiental. Social. Económico. Técnico.

Criterio	Ambiental	Social	Económico	Técnico
Ambiental	1	3	7	5
Social	1/3	1	5	3
Económico	1/7	1/5	1	1/3
Técnico	1/5	1/3	3	1

Paso 1: Sumar los valores de cada columna.



Criterio	Ambiental	Social	Económico	Técnico
Ambiental	1	3	7	5
Social	0,333	1	5	3
Económico	0,143	0,200	1	0,333
Técnico	0,200	0,333	3	1
Total columnas	1,676	4,533	16	9,333

Paso 2: Dividir cada elemento de la matriz por el total de su columna. Todas las columnas en la matriz de comparaciones por pares normalizada, ahora deben sumar 1.

Criterio	Ambiental	Social	Económico	Técnico
Ambiental	0,597	0,662	0,438	0,536
Social	0,199	0,221	0,313	0,321
Económico	0,085	0,044	0,063	0,036
Técnico	0,119	0,074	0,188	0,107
TOTAL	1	1	1	1

Paso 3: Sumar los elementos en cada fila. Sumar los valores de la columna *Suma Filas*.

Criterio	Ambiental	Social	Económico	Técnico	Suma Filas
Ambiental	0,597	0,662	0,438	0,536	2,232
Social	0,199	0,221	0,313	0,321	1,053
Económico	0,085	0,044	0,063	0,036	0,228
Técnico	0,119	0,074	0,188	0,107	0,487
TOTAL	1	1	1	1	4

Paso 4: Calcular el **Vector Prioridad** en una nueva columna. Realizar el cociente entre cada valor de la columna *Suma Filas* y su total.

Criterio	Ambiental	Social	Económico	Técnico	Suma Filas	Vector Prioridad
Ambiental	0,597	0,662	0,438	0,536	2,232	0,558
Social	0,199	0,221	0,313	0,321	1,053	0,263
Económico	0,085	0,044	0,063	0,036	0,228	0,057
Técnico	0,119	0,074	0,188	0,107	0,487	0,122
TOTAL	1	1	1	1	4	1

Paso 5: Obtener el *Vector Propio* en una nueva columna. Realizar el producto matricial entre la matriz de comparación por pares y el **Vector Prioridad**.

Criterio	Ambiental	Social	Económico	Técnico	Suma Filas	Vector Prioridad	Vector Propio
Ambiental	0,597	0,662	0,438	0,536	2,232	0,558	2,356
Social	0,199	0,221	0,313	0,321	1,053	0,263	1,099
Económico	0,085	0,044	0,063	0,036	0,228	0,057	0,230
Técnico	0,119	0,074	0,188	0,107	0,487	0,122	0,492
TOTAL	1	1	1	1	4	1	4,177

LOCALIZACIÓN AMBIENTAL DE PROYECTOS INDUSTRIALES

Criterio	Ambiental	Social	Económico	Técnico
Ambiental	1	3	7	5
Social	1/3	1	5	3
Económico	1/7	1/5	1	1/3
Técnico	1/5	1/3	3	1

(Exel[®]) $f_x := \text{MMULT}(\text{matriz1}; \text{matriz2})$. Devuelve el producto matricial de dos matrices, una Matriz con el mismo número de columnas que Matriz 1 y filas que Matriz 2.
CTRL+SHIFT+ENTER

Criterio	Ambiental	Social	Económico	Técnico	Suma Filas	Vector Prioridad	Vector Propio
Ambiental	0,60	0,66	0,44	0,54	2,23	0,56	2,36
Social	0,2	0,22	0,31	0,32	1,05	0,26	1,10
Económico	0,09	0,04	0,06	0,04	0,23	0,06	0,23
Técnico	0,12	0,07	0,19	0,11	0,49	0,12	0,49
TOTAL	1	1	1	1	4	1	4,18

Paso 6: Agregar una nueva columna para realizar el Cociente entre el *Vector Propio* y el **Vector Prioridad**.

Criterio	Ambiental	Social	Económico	Técnico	Suma Filas	Vector Prioridad	Vector Propio	Cociente
Ambiental	0,60	0,66	0,44	0,54	2,23	0,56	2,36	4,222
Social	0,20	0,22	0,31	0,32	1,05	0,26	1,10	4,175
Económico	0,09	0,04	0,06	0,04	0,23	0,06	0,23	4,041
Técnico	0,12	0,07	0,19	0,11	0,49	0,12	0,49	4,036
TOTAL	1	1	1	1	4	1	4,18	

Paso 7: Obtener el promedio de los valores de la columna Cociente.

$$\lambda_{max} = \frac{4.222 + 4.175 + 4.041 + 4.036}{4} = 4.12$$

Calcular el *índice de consistencia* (IC).

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{4.12 - 4}{4 - 1} = 0.04$$

Calcular la relación de consistencia (RC).

$$RC = \frac{IC}{IR} = \frac{0.04}{0.9} = 0.04 < 0.10 \text{ (o 10 \%)}$$

El grado de consistencia exhibido en la matriz de comparación por pares para los cuatro criterios es **acceptable**.

Tamaño de la Matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatorio (IR)	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Objetivo general:

Seleccionar el mejor proyecto

Criterio:

Ambiental

Social

Económico

Técnico

Alternativa 1

Alternativa 2

Alternativa 3

Criterio	Prioridad
Ambiental	0,56
Social	0,26
Económico	0,06
Técnico	0,12

Paso 0: Preparar las matrices de comparaciones por pares de las *alternativas* A1, A2 y A3, respecto del criterio **Ambiental**.

Ambiental	A1	A2	A3
A1	1	2	7
A2	1/2	1	3
A3	1/7	1/3	1



Paso 1: Sumar los valores de cada columna.

Ambiental	A1	A2	A3
A1	1	2	7
A2	0,500	1	5
A3	0,143	0,200	1
Total columnas	1,643	3,333	11

Paso 2: Dividir cada elemento de la matriz por el total de su columna.

Todas las columnas en la matriz de comparaciones por pares normalizada, ahora deben sumar 1.

Ambiental	A1	A2	A3
A1	0,609	0,600	0,636
A2	0,304	0,300	0,273
A3	0,087	0,100	0,091
TOTAL	1	1	1

Paso 3: Sumar los elementos en cada fila.

Sumar los valores de la columna *Suma Filas*.

Ambiental	A1	A2	A3	Suma Filas
A1	0,609	0,600	0,636	1,845
A2	0,304	0,300	0,273	0,877
A3	0,087	0,100	0,091	0,278
TOTAL	1	1	1	3,000

Paso 4: Calcular el **Vector Prioridad** en una nueva columna. Realizar el cociente entre cada valor de la columna *Suma Filas* y su total.

Ambiental	A1	A2	A3	Suma Filas	Vector Prioridad
A1	0,609	0,600	0,636	1,845	0,615
A2	0,304	0,300	0,273	0,877	0,292
A3	0,087	0,100	0,091	0,278	0,093
TOTAL	1	1	1	3,000	1

Paso 5: Obtener el Vector Propio en una nueva columna. Realizar el producto matricial entre la matriz de comparación por pares y el **Vector Prioridad**.

Ambiental	A1	A2	A3	Suma Filas	Vector Prioridad	Vector Propio
A1	0,609	0,600	0,636	1,845	0,6151	1,848
A2	0,304	0,300	0,273	0,877	0,292	0,878
A3	0,087	0,100	0,091	0,278	0,093	0,278
TOTAL	1	1	1	3,000	1	3,004

Paso 6: Agregar una nueva columna para realizar el Cociente entre el *Vector Propio* y el **Vector Prioridad**.

Ambiental	A1	A2	A3	Suma Filas	Vector Prioridad	Vector Propio	Cociente
A1	0,609	0,600	0,636	1,845	0,615	1,848	3,005
A2	0,304	0,300	0,273	0,877	0,292	0,878	3,002
A3	0,087	0,100	0,091	0,278	0,093	0,278	3,001
TOTAL	1	1	1	3,000	1	3,004	

Paso 7: Obtener el promedio de los valores de la columna Cociente.

$$\lambda_{max} = \frac{3.005 + 3.002 + 3.001}{3} = 3.003$$

Calcular el *índice de consistencia* (IC).

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3.003 - 3}{3 - 1} = 0.001$$

Calcular la relación de consistencia (RC).

$$RC = \frac{IC}{IR} = \frac{0.001}{0.58} = 0.002 < 0.10 \text{ (o 10 \%)}$$

Tamaño de la Matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatorio (IR)	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

El grado de consistencia exhibido en la matriz de comparación por pares para el criterio **Ambiente** es **aceptable**.

Ambiental	A1	A2	A3
A1	1	2	7
A2	1/2	1	5
A3	1/7	1/5	1

Ambiental	
A1	0,62
A2	0,29
A3	0,09

Ambiental	A1	A2	A3
A1	1	2	7
A2	1/2	1	5
A3	1/7	1/5	1

Social	A1	A2	A3
A1	1	1/3	1/4
A2	3	1	1/2
A3	4	2	1

Económico	A1	A2	A3
A1	1	1/4	1/6
A2	4	1	1/3
A3	6	3	1

Técnico	A1	A2	A3
A1	1	1/3	4
A2	3	1	7
A3	1/4	1/7	1

ALTERNATIVAS	Ambiental	Social	Económico	Técnico	Criterio	Prioridad
A1	0,615	0,123	0,087	0,265	Ambiental	0,558
A2	0,292	0,320	0,274	0,656	Social	0,263
A3	0,093	0,557	0,639	0,080	Económico	0,057
					Técnico	0,122

Total de prioridades de la Alternativa 1

$$= 0,615 (0,558) + 0,123 (0,263) + 0,087 (0,057) + 0,265 (0,122) = 0,413$$

Total de prioridades de la Alternativa 2

$$= 0,292 (0,558) + 0,320 (0,263) + 0,274 (0,057) + 0,656 (0,122) = 0,343$$

Total de prioridades de la Alternativa 3

$$= 0,093 (0,558) + 0,557 (0,263) + 0,639 (0,057) + 0,080 (0,122) = 0,244$$

PREFERENCIAS

A1 0,413

A2 0,343

A3 0,244



MUCHAS GRACIAS!!!

susana.llamas@uncuyo.edu.ar



**INSTITUTO DE MEDIO
AMBIENTE**