

Universidad Nacional de Cuyo - Facultad de Ingeniería

Gestión Ambiental

UNIDAD 1B:

**GESTIÓN AMBIENTAL. ORDENAMIENTO
TERRITORIAL. LOCALIZACIÓN INDUSTRIAL**

Prof. Dra. Ing. Susana Llamas

CEIRS (Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos)
Instituto de Medio Ambiente – Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Cuyo

slamas@uncu.edu.ar

susana.llamas@uncuyo.edu.ar

UNIDAD 1B

GESTIÓN AMBIENTAL. ORDENAMIENTO TERRITORIAL. LOCALIZACIÓN INDUSTRIAL	3
1.B.1 GESTIÓN AMBIENTAL.....	3
1.B.1.1 Definiciones y principios.....	4
1.B.1.2. Evolución de la percepción de los problemas ambientales.....	5
1.B.1.3. Paradigmas de la gestión ambiental.....	6
1.B.1.4. Relación con los instrumentos de la gestión ambiental.....	8
1.B.1.4.1. Instrumentos preventivos.....	9
1.B.1.4.2. Instrumentos correctivos o de recuperación.....	9
1.B.1.4.3. Instrumentos mixtos.....	10
1.B.2. ORDENAMIENTO TERRITORIAL.....	10
1.B.2.1. Elementos y objetivos de planificación.....	11
1.B.2.2. Plan Provincial de Ordenamiento Territorial (PPOT).....	12
1.B.2.3.1 Modelos territoriales.....	12
1.B.2.3.1.1 Actual.....	13
1.B.2.3.1.2 Tendencial.....	14
1.B.2.3.1.3 Deseado.....	15
1.B.2.3.1.4 Modelo territorial realizable.....	17
1.B.2.4 Instrumentos del Ordenamiento Territorial.....	17
1.B.2.4.1. Instrumentos de coordinación y complementación.....	17
1.B.2.4.1.1 Clasificación del territorio provincial.....	17
1.B.3 LOCALIZACIÓN AMBIENTAL DE PROYECTOS INDUSTRIALES.....	18
1.B.3.1 Tamaño del proyecto.....	19
1.B.3.2 Ubicación del proyecto.....	20
1.B.3.3 Tecnología.....	20
1.B.3.4 Análisis de alternativas.....	21
Bibliografía.....	30

UNIDAD 1B

GESTIÓN AMBIENTAL. ORDENAMIENTO TERRITORIAL. LOCALIZACIÓN INDUSTRIAL

La Gestión Ambiental (GA) es una rama del conocimiento que se basa en el empleo de diferentes instrumentos normativos y técnicos para organizar de una manera sostenible las relaciones entre las actividades humanas y el ambiente. Está estrechamente relacionada con la toma de decisiones que puedan causar efectos, directos e indirectos, no deseados sobre el ambiente.

Antiguamente, la decisión de poner en marcha un proyecto (comercial, industrial, inmobiliario, social, o de otro tipo) se adoptaba sobre la base de la experiencia y la intuición de su promotor/a. Ambas cualidades están presentes en todo proceso de toma de decisiones, pero no alcanzan para cumplir con los requerimientos legales y para satisfacer las exigencias de la población que podría resultar afectada por su realización.

Con el paso del tiempo, y como consecuencia de la mayor complejidad de los proyectos, las instituciones de financiamiento comenzaron a exigir la realización de evaluaciones económicas y sociales. En ellas se presentan estimaciones de los resultados económicos esperados, los posibles riesgos financieros, la expectativa de generación de empleo y el impacto sobre la calidad de vida de los potenciales afectados por la realización de cada proyecto.

En el transcurso del siglo XX numerosas investigaciones científicas establecieron relaciones directas entre la forma en que se realizaban las actividades humanas y los impactos ambientales que producían. Sin embargo, el principal motivo que derivó en la institucionalización del procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) en la gran mayoría de los países fue la ocurrencia de accidentes industriales con severas consecuencias ambientales.

En la actualidad, todo proyecto de obra o actividad se debe someter a una evaluación inter y multidisciplinaria más profunda y exhaustiva por medio del análisis integral de los factores económicos, tecnológicos, sociales y ambientales. Frente a este escenario, la decisión de elaborar un proyecto, requiere mucho más que la intuición y la experiencia de sus promotores/as. Por estas razones el estudio y el empleo de los instrumentos de la Gestión Ambiental es necesario para mejorar el proceso de toma de decisiones durante la preparación y evaluación de nuevos proyectos.

1.B.1 GESTIÓN AMBIENTAL

Gestión Ambiental (GA) **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 basa en el trabajo inter y multidisciplinario coordinado y en la participación ciudadana.

La Gestión Ambiental **se organiza** con los instrumentos de la política ambiental, del sistema jurídico, el compromiso empresarial y la participación pública. En esta organización política y legal la empresa, cualquiera sea su naturaleza, desarrolla su actividad porque se le otorgó un permiso para hacerlo de manera racional, considerando la licencia social y respetando los principios de sostenibilidad ambiental.

El principal **objetivo** de la Gestión Ambiental es conciliar las actividades humanas con el ambiente en el que se desarrollan a través de instrumentos que las estimulen y viabilicen. Los esfuerzos por percibir y entender los problemas ambientales llevaron a la comunidad científica a plantear cuáles y cómo son las relaciones entre las actividades humanas y el ambiente.

La administración sostenible de las relaciones entre las actividades humanas y el ambiente, plantea un problema conceptual que surge del cambio del *paradigma determinista*, basado en la simplicidad, uniformidad, independencia, estabilidad y control, por el *paradigma de la incertidumbre*, que se caracteriza por la complejidad, diversidad, interdependencia, dinamismo y riesgo.

¿Qué es un Paradigma?: Es un conjunto de reglas que rigen una determinada disciplina. Estas reglas se asumen como verdades incuestionables. 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.

El cambio de *paradigma* plantea una situación más difícil que se caracteriza por la aceptación de la existencia de intereses en conflicto, para los que es importante la concertación entre las partes, así como la necesidad de tomar decisiones de bajo riesgo para adecuar los enfoques contrapuestos en base a la progresividad y flexibilidad de las decisiones y con la realización de rigurosos controles de cumplimiento.

El **ambiente** es el entorno del sitio en el que opera una organización, incluyendo el aire, el agua, el suelo, los recursos naturales renovables y no renovables, los seres vivos y su interrelación.

Desarrollo Sostenible es aquel que permite satisfacer las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (ONU, 1987).

1.B.1.1 Definiciones y principios

Definiciones de Gestión Ambiental

- 1) *"Es la administración y manejo de todas las actividades humanas que influyen sobre el ambiente mediante un conjunto de pautas, técnicas y mecanismos que aseguren la puesta en práctica de una política ambiental racional y sostenida"* (CEPAL¹/CLADES², 1981).
- 2) *"Es el conjunto de acciones normativas, administrativas y operativas que impulsa el Estado para alcanzar un desarrollo con sustentabilidad ambiental"* (CEPAL/PNUMA³, 1990).
- 3) *"Es el campo que busca equilibrar la demanda de recursos naturales de la Tierra con la capacidad del ambiente natural, para responder a esas demandas sobre una base sustentable"* (Colby, 1991).

Principios de la Gestión Ambiental: Ley N° 25.675 General del Ambiente

El Art. 1° de la Ley N° 25.675/2002 expresa que: *"La presente ley establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable"* (HCN, 2002).

Los principios de la política ambiental se declaran en el Art. 4°: *"La interpretación y aplicación de la presente ley, y de toda otra norma a través de la cual se ejecute la política ambiental, estarán sujetas al cumplimiento de los siguientes principios"*.

Principios. Ley N° 25.675/2002. General del Ambiente. Bien jurídicamente protegido
1) <i>Principio de congruencia:</i> 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) <i>Principio de prevención:</i> 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) <i>Principio precautorio:</i> 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.

¹ CEPAL: Comisión Económica Para América Latina y El Caribe.

² CLADES: Centro Latinoamericano de Desarrollo Sustentable.

³ PNUMA: Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

4) <i>Principio de equidad intergeneracional:</i> 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) <i>Principio de progresividad:</i> 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) <i>Principio de responsabilidad:</i> 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) <i>Principio de subsidiariedad:</i> 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) <i>Principio de sustentabilidad:</i> 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) <i>Principio de solidaridad:</i> 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) <i>Principio de cooperación:</i> 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.

1.B.1.2. Evolución de la percepción de los problemas ambientales

En la segunda mitad del siglo XX la percepción de los problemas ambientales comenzó a ocupar cada vez más espacio en la sociedad civil. Algunos temas de preocupación que alcanzaron niveles globales estaban relacionados con el crecimiento de la población mundial y con los desafíos de satisfacer la demanda creciente de agua, alimentos, vivienda, indumentaria, movilidad y energía. Algunas publicaciones comenzaron a advertir sobre las consecuencias del uso de pesticidas, como el DDT (dicloro difenil tricloroetano), para combatir las plagas que afectaban a los cultivos (Carson, 1962).

Con el correr de los años esta percepción se fue ampliando, motivada por las evidencias científicas que mostraban los resultados de las investigaciones desarrolladas sobre los efectos del uso de biocidas, la lluvia ácida, el calentamiento global, el uso de productos clorofluorocarbonados (CFC's), la desertificación, la pérdida de hábitats, los residuos peligrosos, la contaminación del agua y el derretimiento de los polos, entre otras.

La comprensión de los problemas ambientales y sus causas se fue profundizando con la realización de nuevas investigaciones que cambiaron la percepción de los problemas ambientales y de la gestión ambiental (Colby, op. cit., 1991), como se resume a continuación:

1960: Las principales amenazas al bienestar de la humanidad se relacionaban con el aumento de la población mundial, los derrames de petróleo en los océanos y las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

1970: Se amplía la percepción de los problemas, ya se discutía el efecto invernadero, la contaminación de los océanos, la deforestación, la pérdida de la biodiversidad y la lluvia ácida.

1980: Se discute el agravamiento del cambio climático global, la reducción de la capa de Ozono, la producción de residuos tóxicos, la pérdida de hábitats, la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, la disponibilidad de agua dulce, la intensificación de la degradación ambiental de los países en desarrollo, el consumo excesivo de energía, las pérdidas de suelo, la desertificación y la marginalización.

1990: Con la profundización del conocimiento de la relación entre las personas y el ambiente se fue mejorando la comprensión de los problemas, tanto en sus causas como en la intensidad de sus efectos.

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 producto debe ser diseñado para ser reutilizado y reciclado.

Factores determinantes de la Gestión Ambiental

Las pruebas científicas de los efectos ambientales causados por las actividades antrópicas impulsaron los reclamos sociales que obligaron a los gobiernos a intervenir, estableciendo normas y reglamentaciones cada vez más restrictivas. Como consecuencia de lo dicho, muchas empresas se vieron forzadas a reformular su enfoque con relación al ambiente para responder a las presiones ejercidas por los diversos segmentos de la sociedad con los cuales se relacionan. Estas presiones quedaron definidas en tres momentos particulares:

- 1) Primera ola: impulsada por las ONG's (Organizaciones No Gubernamentales).
- 2) Segunda ola: impulsada por los gobiernos.
- 3) Tercera ola: impulsada por la tecnología.

Los principales factores que motivaron los cambios de actitudes de las empresas con relación al ambiente fueron: la legislación y la tecnología.

Sin embargo, los factores realmente determinantes de los cambios en el comportamiento de las empresas son los costos y el mercado.

Una actitud empresarial positiva conduce a la obtención de ventajas competitivas cuando los problemas ambientales se consideran adecuadamente, como queda representado en la Fig. 1.



Fig. 1. Costos ambientales en las organizaciones líderes y en las seguidoras
Fuente: (Krozer/TME, 1993)

1.B.1.3. Paradigmas de la gestión ambiental

La publicación del informe *The evolution of paradigms of environmental management in development* (Colby, op. cit., 1991), expuso la evolución de la gestión ambiental a partir de los cinco paradigmas dominantes entre los años 1960 y 2000. En ese documento, el autor analizó la polarización del debate entre *economía y desarrollo* por un lado y *ecología y conservación* por el otro.

1960 - Economía de frontera

En la década de 1960 la Economía de frontera era el paradigma dominante en los países industrializados. Este paradigma consideraba que la naturaleza era un instrumento que debía beneficiar a la humanidad, sin importar el modo en que ese beneficio se obtenía. Estaba orientado hacia la mejora del nivel de vida (de la calidad material de vida).

Se consideraba que la naturaleza era proveedora de una oferta infinita de recursos físicos y receptora de los subproductos del sistema de producción y de consumo. Con esta concepción se estableció un flujo de recursos de la naturaleza a la economía y un flujo de residuos en el sentido inverso. Se hizo un uso gratuito de bienes públicos (atmósfera, agua, suelo) considerando que no tenían precio de mercado.

La forma de gestionar las relaciones empresa-ambiente se basaba en el supuesto de que 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.

El comportamiento predominante entre las empresas de los países desarrollados se basaba en que la solución para la contaminación era la dilución, adoptando luego la estrategia de contaminar y después descontaminar. Sin embargo, el incremento del volumen de contaminantes y la saturación del ambiente como receptor determinaron la inviabilidad de ese tipo de comportamiento.

1970 - Ecología profunda

Este paradigma, opuesto al anterior, intentó recuperar aspectos éticos, sociales y espirituales. Se ubicó al ser humano en una posición de subordinación a la naturaleza.

Para llevar adelante su implementación era necesario realizar profundas reformas en los sistemas legales, económicos y sociales, así como en las concepciones de desarrollo. Aun así, algunos de sus principios fueron adoptados en futuras concepciones de desarrollo.

Sin embargo, resulta poco confiable esperar que el mundo retorne a un estilo de vida tan diferente del actual puesto que además de ser impracticable, para un gran número de personas, resultaría indeseable.

1980 - Protección ambiental

La estrategia de ese paradigma fue la institucionalización del ambiente a partir de los estudios de impacto ambiental como forma legal de evaluar los costos y beneficios de la contaminación ambiental.

Se crearon las primeras agencias gubernamentales de protección ambiental, responsables de establecer límites y mecanismos de corrección, complementados por instrumentos de control.

La gestión ambiental en la industria tenía como principal objetivo controlar el daño que producían. Para cumplir con los límites de emisión fijados por las normas, se implementaron medidas al final del proceso, omitiendo el tratamiento en toda la instalación. La gestión ambiental era considerada como un costo adicional, sin posibilidades de traducir los beneficios ecológicos en términos monetarios de ganancias para las empresas.

Se impulsaba el control de la contaminación a partir de la reducción de los residuos, efluentes y emisiones con el objetivo de cumplir con los límites legalmente aceptados. Para lograrlo se instalaban equipamientos de control al final del proceso: tecnologías de fin de línea o "*end of pipe*".

1990 - Gestión de recursos

Este paradigma fue impulsado por el crecimiento de los movimientos ecológicos. Se propuso incorporar todos los recursos (biofísicos, humanos, financieros y de infraestructura) en los cálculos de las cuentas nacionales. La contaminación era vista como un efecto negativo que provocaba la degradación del capital natural.

Sin embargo, seguía vigente la concepción antropocéntrica de acuerdo con la cual los recursos debían ser gerenciados para poder usarlos de forma continua.

Las estrategias de gestión inherentes a este paradigma -también conocido como *eficiencia global*- incluyen: eficiencia energética, conservación de recursos en general, restauración ecológica, monitoreo de la salud social y de los ecosistemas, adopción del principio del contaminador-pagador para internalizar los costos sociales de la contaminación y preferencialmente el uso de tecnologías más limpias.

Propone la adopción de tecnologías de proceso menos contaminadoras, por lo general más eficientes, que buscaban adaptar antiguos procesos, ahorrar energía y materias primas, además de minimizar la generación de residuos. Si bien se advierte la evolución de la percepción de los problemas ambientales a partir de la incorporación de la gestión ambiental, el foco principal continuaba siendo el proceso productivo.

2000 - Ecodesarrollo

Este paradigma determinó un nuevo patrón de gestión ambiental en las empresas. Corresponde a una estrategia más reciente, que 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.

La gestión ambiental pone énfasis en todo el proceso buscando optimizar el desempeño ambiental de forma integrada. El paradigma del Ecodesarrollo tiene en cuenta los insumos que se utilizarán, la tecnología para procesarlos, el consumo de energía, las emisiones, la generación de residuos, así como el producto final que será comercializado, incluyendo también su eliminación.

Las formas más avanzadas de ese enfoque incluyen la gestión de riesgos asociados a infiltraciones, explosiones, liberaciones accidentales de contaminantes, insumos o productos, así como los riesgos ambientales relacionados con la salud humana o con la integridad de los ecosistemas.

Las acciones de la empresa dejan de ser simplemente reactivas o defensivas, pasando a ser preventivas y proactivas en función, principalmente, de la evolución del nivel de conciencia ecológica.

2010 - Economía circular

Estrategia cuyo objetivo es reducir el empleo de recursos no renovables en la producción de bienes y servicios, así como el consumo y el desperdicio de materias primas, agua y energía.

El producto debe ser diseñado para ser reutilizado y reciclado; es decir que, gracias al ecodiseño, desde la primera pieza hasta la última se pueden reutilizar o reciclar una vez terminada su vida útil.

Con la economía circular se intenta conseguir un máximo desarrollo utilizando la menor cantidad posible de recursos con los menores costos.

1.B.1.4. Relación con los instrumentos de la gestión ambiental

En la administración del ambiente se interrelacionan numerosas áreas del conocimiento, disciplinas y actividades, lo que hace que el problema de la Gestión Ambiental presente un enorme grado de complejidad.

La Fig. 2 muestra el lugar que ocupan la Arquitectura y las Ingenierías entre los ámbitos de actuación propios de los medios socioeconómico y natural. La posición central en la que se ubican ambas profesiones, en su interacción con otras disciplinas, es la razón por la cual resulta necesario profundizar el entrenamiento, la capacitación y la actualización en el conocimiento y uso de los instrumentos de la GA para facilitar esa interacción.

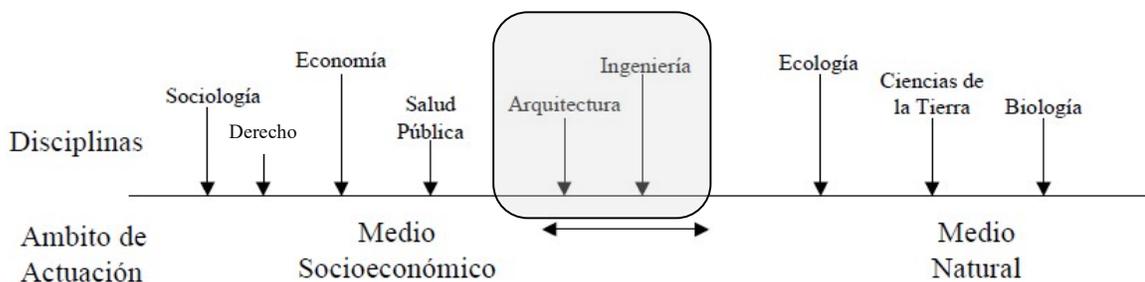


Fig. 2. Disciplinas que interactúan en la Gestión Ambiental

Fuente: Adaptado de (Rodríguez, Muñoz, Cornejo y Espinoza, 2004, p. 3)

La transversalidad de los ámbitos de actuación y las variadas disciplinas que intervienen hacen necesario el empleo de instrumentos que organicen el trabajo conjunto por medio de la conformación de equipos inter y multidisciplinarios. Esta articulación se logra con los diferentes instrumentos de la gestión ambiental, entre los que se pueden mencionar: los de regulación directa, los administrativos, los económicos y los de educación.

Los instrumentos de la GA se pueden clasificar según el momento específico en el que se aplican en preventivos, correctivos o de recuperación y mixtos.

1.B.1.4.1. Instrumentos preventivos

Algunos de los *instrumentos preventivos* que intentan evitar impactos sobre el ambiente son: la educación, la sensibilización, la participación, la Investigación, el Desarrollo y la innovación (I+D+i), el Ordenamiento Territorial (OT), la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y el estudio de riesgo.

Ordenamiento Territorial

Este instrumento establece pautas para el uso de la tierra y orienta la distribución geográfica de las actividades productivas sobre la base del reconocimiento de la vocación natural de las diferentes regiones del territorio y de los factores que limitan o condicionan su utilización.

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

Es un procedimiento técnico-administrativo de análisis integral de las consecuencias ambientales que todo plan, programa, proyecto o actividad pueda tener sobre el ambiente. La EIA está destinada a identificar y prevenir las consecuencias de los proyectos sometidos a estudio y determinar, cuando corresponda, su aprobación, su modificación o rechazo por medio de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

Análisis del Ciclo de Vida (ACV)

Su finalidad es analizar de forma objetiva, metódica, sistemática y científica, el impacto ambiental originado por un proceso, producto o sistema durante su ciclo de vida completo (desde que se obtienen las materias primas hasta su fin de vida). En el análisis se tienen en cuenta las etapas de extracción y procesado de las materias primas, producción, transporte, distribución, uso, reutilización, mantenimiento, reciclado y disposición final.

Se basa en la recopilación y análisis de las entradas y salidas del sistema para obtener resultados que muestren los impactos ambientales potenciales, con el objetivo de definir estrategias para su reducción.

Un nuevo enfoque que tiene un importante reconocimiento en los últimos años se basa en tener en cuenta que las corrientes de salida del fin de vida del sistema pueden ser valoradas como materias primas y/o entradas al mismo sistema o a otro. En el ACV a este tipo de enfoque se le denomina como "*de la cuna a la cuna*".

Estudio de Riesgos Ambientales

El Estudio de Riesgos Ambientales se puede desarrollar conjuntamente con la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) para nuevos proyectos, o para hacer más seguras las actividades existentes. Se ocupa de la identificación de elementos y situaciones de una organización, una actividad o un producto que representen amenazas para el ambiente físico, la salud humana o de otros seres vivos y los bienes materiales.

Planes de Contingencias

Los Planes de Contingencia son instrumentos complementarios a los estudios de riesgos. Se ocupan de la formulación de una serie de acciones dirigidas principalmente a atender emergencias en el caso de la ocurrencia de cualquier tipo de accidente ambiental.

1.B.1.4.2. Instrumentos correctivos o de recuperación

Los *instrumentos correctivos o de recuperación* tienen como objetivo revertir los procesos de deterioro ambiental que han ocurrido en el pasado dando lugar a la existencia de pasivos ambientales, por ejemplo: los programas de recuperación, de restauración, de rehabilitación y de puesta en valor.

Programas de Recuperación Ambiental

Los programas de recuperación ambiental deben estar previstos desde las fases iniciales de un proyecto, pudiendo inclusive influir en las orientaciones técnicas del mismo y se deben aplicar a áreas consideradas degradadas. El programa de recuperación ambiental debe formar parte de la planificación del proyecto, con el objeto de presentar soluciones para que el área a ser degradada recupere las condiciones de equilibrio dinámico con su entorno, con vistas de su futura utilización.

1.B.1.4.3. Instrumentos mixtos

Los *instrumentos mixtos* contribuyen a modificar las acciones que generan conflictos ambientales buscando prevenir su ocurrencia futura, evitarlos o reducirlos cuando ya han ocurrido. Entre estos instrumentos se encuentran: los sistemas de gestión ambiental (SGA), las auditorías ambientales, los programas de monitoreo, el etiquetado ecológico, los impuestos, las multas y las exenciones fiscales o tributarias.

Planes de contingencia

Anticipan la ocurrencia de eventos no deseados por medio de la planificación de las acciones de respuesta, la disponibilidad y organización del personal, de los recursos administrativos, económicos y técnicos que permitan controlar la ocurrencia y faciliten el regreso a la condición operativa normal.

Programas de Monitoreo Ambiental

Comprende el seguimiento sistemático de la variación temporal y espacial de un conjunto predeterminado de parámetros ambientales, así como la selección de datos y su interpretación. Posibilita una evaluación permanente del plan de gestión ambiental, dirigido a aquellos problemas que deben ser solucionados, además permite detectar posibles ineficiencias u otros eventos en el proceso productivo. La eficacia de ese instrumento depende de la selección de los indicadores ambientales, de la localización de los puntos de muestreo, del período, frecuencia, registro y conservación de las muestras, entre otros elementos. Son esenciales para cualquier sistema de gestión ambiental (SGA).

Sistemas de Gestión Ambiental (SGA)

La finalidad de los Sistemas de Gestión Ambiental es la disminución progresiva de los impactos ambientales generados por la actuación de una organización en su entorno. Para reducir estos impactos se deben diseñar y aplicar medidas correctivas técnicamente viables y compatibles con los intereses económicos de la organización.

El sistema de gestión ambiental (SGA) contiene los objetivos y metas ambientales de una organización. Incluye la estructura organizacional, las actividades de planeamiento, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para desarrollar, implementar, alcanzar, revisar y mantener la política ambiental.

Auditorías Ambientales

Las Auditorías Ambientales son las herramientas de gestión ambiental más utilizada por los sectores industriales, principalmente debido a las exigencias de las normas jurídicas y de los organismos de control. Esta herramienta de gestión comprende una evaluación sistemática, documentada, periódica y objetiva del desempeño de una organización, de su sistema de gerencia y del equipamiento destinado a la protección del ambiente. Sus principales objetivos son: facilitar la gestión y el control de las prácticas desarrolladas en la industria y evaluar el cumplimiento de la legislación ambiental existente.

1.B.2. ORDENAMIENTO TERRITORIAL

El **Ordenamiento Territorial** (OT) es una política de Estado y un instrumento de la Gestión Ambiental para la planificación del desarrollo. El Ordenamiento Territorial contribuye a establecer una organización política y administrativa apropiada para una Nación, teniendo en cuenta la proyección espacial de las políticas sociales,

económicas, ambientales y culturales de la sociedad. Busca garantizar un nivel de vida adecuado para la población y la conservación del ambiente, tanto para las generaciones actuales, como para las del futuro (1).

1.B.2.1. Elementos y objetivos de planificación

Los elementos comunes de la planificación del uso del suelo son:

- a) El desarrollo equilibrado y la transformación física del espacio de acuerdo a una estrategia común.
- b) El planteamiento desde lo local hacia lo nacional.
- c) La necesidad de un abordaje interdisciplinario e integrado.
- d) La consecuencia directa de la interrelación de competencias y potestades administrativas.

Los objetivos de la política de OT varían según el nivel o escala de aplicación (Nacional. Regional. Local), por lo que es necesario lograr la interacción entre los tres niveles o escalas y así preparar una planificación territorial para cada nivel en la que los objetivos y componentes se relacionen entre sí:

1. **Nivel nacional:** Esta orientación tiene más elementos políticos que criterios técnicos y está asociada a los objetivos nacionales, a la definición de políticas, estrategias, planes y programas, criterios y procedimientos para el OT y a la asignación de recursos. Un plan nacional de uso de la tierra puede abarcar:
 - 1.1. La política del uso de la tierra: busca equilibrar las demandas de uso de la tierra entre diferentes sectores de la producción, la economía de alimentos, los cultivos de exportación, el turismo, la protección de la flora y de la fauna, las comodidades privadas y públicas, los caminos y la industria, entre otros.
 - 1.2. La coordinación de agencias sectoriales involucradas en el uso de la tierra.
 - 1.3. La legislación sobre temas como la tenencia de la tierra y los derechos al agua.
2. **Nivel regional:** Orientación asociada a las funciones de los gobiernos regionales (formular, aprobar, ejecutar, evaluar, dirigir, controlar y administrar los planes y políticas en materia ambiental y de OT). Se incorporan aspectos como la definición del uso del suelo, la integración territorial, la planificación física y ambiental.
3. **Nivel local:** Bajo esta orientación se incluyen consideraciones exclusivas de los gobiernos locales (normar la zonificación, el diseño urbano, acondicionamiento territorial e infraestructura, conformación barrial, y ejecución de los planes correspondientes). El nivel local no sólo incluye el municipio, la ciudad, el pueblo o un pequeño grupo de ellos, sino también núcleos agrarios, áreas protegidas o comunidades con facultades legales para administrar sus tierras y recursos naturales.

El OT, como un instrumento de la Gestión Ambiental, permite organizar el uso, aprovechamiento y ocupación del territorio sobre la base de las potencialidades y limitaciones, teniendo en cuenta las necesidades de la población y las recomendaciones generadas por todos los instrumentos de planificación y gestión.

La legislación nacional es la que establece la normativa para implementar el proceso del Ordenamiento Territorial (OT), el marco institucional aplicable y las características de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) a nivel nacional, provincial y municipal, los procedimientos para su aprobación y las competencias de las instancias relacionadas con el tema.

En la República Argentina la Ley Nacional N° 25.675/2002 (Ley general del ambiente. Bien jurídicamente protegido), en su Artículo 8 define al Ordenamiento Ambiental del Territorio como uno de los instrumentos de la política y la gestión ambiental (2).

La misma Ley Nacional N° 25.675/2002 establece que el proceso de Ordenamiento Ambiental debe tener en cuenta: los aspectos políticos, físicos, sociales, tecnológicos, culturales, económicos, jurídicos y ecológicos de la realidad local, regional y nacional. También expresa que, dicho proceso, deberá asegurar el uso ambientalmente adecuado de los recursos ambientales, posibilitar la máxima producción y utilización de los diferentes ecosistemas, garantizar la mínima degradación y desaprovechamiento y promover la participación social en las decisiones fundamentales del desarrollo sustentable. Asimismo, en la localización de las distintas

actividades antrópicas y en el desarrollo de asentamientos humanos, se deberá considerar, en forma prioritaria:

- a) La vocación de cada zona o región, en función de los recursos ambientales y la sustentabilidad social, económica y ecológica.
- b) La distribución de la población y sus características particulares.
- c) La naturaleza y las características particulares de los diferentes biomas.
- d) Las alteraciones existentes en los biomas por efecto de los asentamientos humanos, de las actividades económicas, de otras actividades humanas o de fenómenos naturales.
- e) La conservación y protección de ecosistemas significativos.

En la provincia de Mendoza la Ley N° 8051/2009 de Ordenamiento Territorial y Usos del Suelo (LOTyUS) en su Art. 1 define el Ordenamiento Territorial como: *"El procedimiento político administrativo formulado dentro de una Política de Estado para el Gobierno Provincial y Municipal, con carácter preventivo y prospectivo a corto, mediano y largo plazo. Su instrumento básico es la planificación, como medio imprescindible para conciliar el proceso de desarrollo económico, social y ambiental, con formas equilibradas y eficientes de ocupación territorial"* (3). Dentro de este marco conceptual la LOTyUS establece fines, que se concretan en objetivos generales y objetivos específicos.

1.B.2.2. Plan Provincial de Ordenamiento Territorial (PPOT)

El Plan Provincial de Ordenamiento Territorial (PPOT) es una norma que contiene un conjunto de directrices y lineamientos, acciones, programas, criterios técnicos-científicos, ejes de articulación provincia-municipio e intermunicipales, instrumentos de planificación, gestión, ejecución, control y coordinación que permiten orientar y administrar el desarrollo del territorio.

Además, define acciones prioritarias de la política pública a través de programas, subprogramas y proyectos estructurantes que las autoridades provinciales, municipales, o ambas de modo concurrente, deberán cumplir y hacer cumplir en el corto, mediano y largo plazo, garantizando la interacción entre las distintas instituciones y los mecanismos de participación social (4).

El Plan Provincial de Ordenamiento Territorial (PPOT) tiene una vigencia de treinta (30) años. Desde la fecha de su publicación en el Boletín Oficial (05/05/2009) se distinguen tres instancias para poner en marcha sus acciones: el corto plazo (6 años), el mediano plazo (18 años) y el largo plazo (30 años).

1.B.2.2.1. Etapas de elaboración del PPOT

- 1) Elaboración del diagnóstico (Actualizable cada 4 años).
- 2) Elaboración de los modelos de ordenamiento territorial.
- 3) Redacción del Plan de Ordenamiento Territorial propiamente dicho.

Clasificación del territorio en la provincia de Mendoza:

Oasis

- 1.1. Áreas urbanas.
- 1.2. Áreas rurales.

Zonas no irrigadas

- 2.1. Áreas rurales.
- 2.2. Áreas de aprovechamiento extractivo, energético y de uso estratégico de recursos.
- 2.3. Áreas naturales.

1.B.2.3.1 Modelos territoriales

En el PPOT se adopta la siguiente definición de modelo: *"La representación abstracta, conceptual y cartográfica de un sistema territorial con el fin de conocerlo, describirlo, analizarlo, explicarlo y predecirlo. Para ello, se utilizan metodologías y variables unidas por una hipótesis de trabajo, que deriva lógicamente de una teoría"*.

1.B.2.3.1.1 Actual

En la construcción del modelo territorial actual de la provincia se identificaron las 5 (cinco) grandes Unidades de Integración Territorial (UIT) representadas en la Fig. 3:

- 1) Oasis. 2) Planicies. 3) Montañas. 4) Unidades varias y 5) Piedemontes.

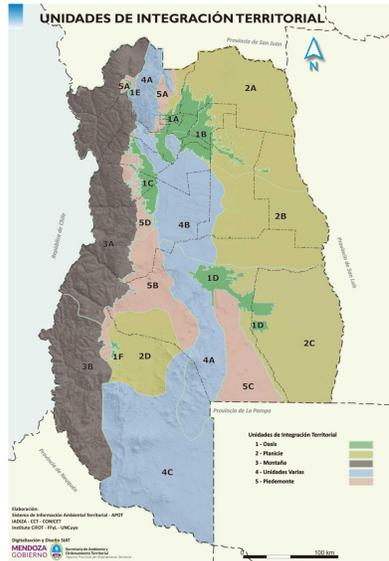


Figura 3. Unidades de Integración Territorial (UIT). Fuente: Ley N° 8.999/2017. PPOT

Dentro de cada una de ellas se identifican UIT menores, que se diferencian por el aprovechamiento del agua, la distribución de la población y sus formas de asentamiento, el desarrollo de las actividades económicas, las infraestructuras y equipamientos que se demandan, además de los peligros a los que está expuesta la población, o los efectos que la misma ocasiona al ambiente.

En la Fig. 4 se presenta el modelo territorial actual.

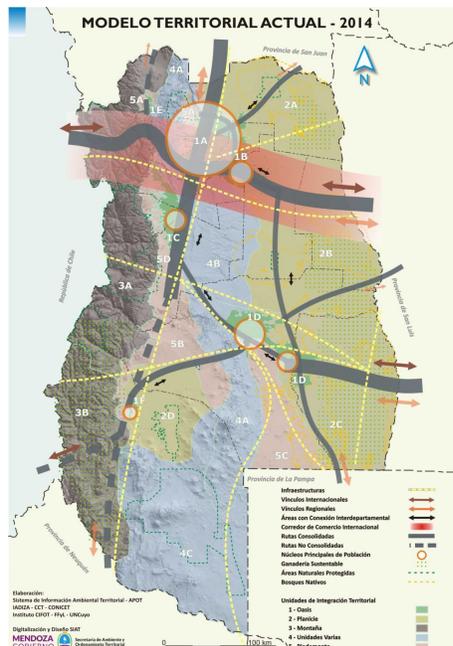


Figura 4. Modelo Territorial Actual. Fuente: Ley N° 8.999/2017. PPOT

Caracterización de las Unidades de Integración Territorial (UIT):

- 1) OASIS - (1 UIT): Zonas donde el aprovechamiento del agua se realiza a través de una red de riego proveniente de los ríos, lo que permitió el desarrollo de las actividades económicas, especialmente la agricultura. En estos lugares se concentra la mayor parte de la población y de los equipamientos, infraestructuras y servicios.
- 2) PLANICIES - (2 UIT): Se trata de zonas con presencia humana dispersa y predominio de ganadería extensiva y de subsistencia debido a la carencia de agua. La población no tiene acceso fácil a equipamientos e infraestructuras y están muy mal conectadas entre sí y con los oasis.
- 3) MONTAÑAS - (3 UIT): En estas zonas la población no tiene acceso fácil a equipamientos e infraestructuras. La presencia humana es puntual debido a condiciones naturales extremas para habitar en alturas superiores a los 2.000 m. Es el reservorio de agua de la provincia que alimenta a las napas subterráneas y los ríos que atraviesan el territorio provincial.
- 4) UNIDADES VARIAS - (4 UIT): Son zonas en las que la presencia humana se limita a algunos puestos ganaderos y al desarrollo del turismo debido a sus bellezas paisajísticas. En estas zonas no existen equipamientos e infraestructuras y hay dificultades de conectividad. Está constituida por relieves y ambientes diferenciados que atraviesan la parte central de la provincia: precordillera, macizo de San Rafael, huayquerías y mesetas.
- 5) PIEDEMONTES - (5 UIT): Constituyen un ambiente frágil e inestable debido a sus grandes pendientes, lluvias estivales violentas y concentradas, vegetación escasa y degradada, suelos no consolidados y acelerados procesos de erosión, principalmente hídrica. Son zonas de contacto entre las montañas y las planicies, llanuras o depresiones, en donde la presencia humana hasta hace poco tiempo era escasa y las principales actividades eran la ganadería extensiva, con explotación de ganado caprino y bovino, desarrollada en puestos de larga tradición; actividades extractivas mineras e industriales y en algunos casos desarrollo del turismo. Son zonas donde escasean los equipamientos e infraestructuras y presentan dificultades de accesibilidad y conectividad.

1.B.2.3.1.2 Tendencial

El modelo territorial tendencial se construye a partir de la selección y análisis de tres variables claves 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 períodos 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.

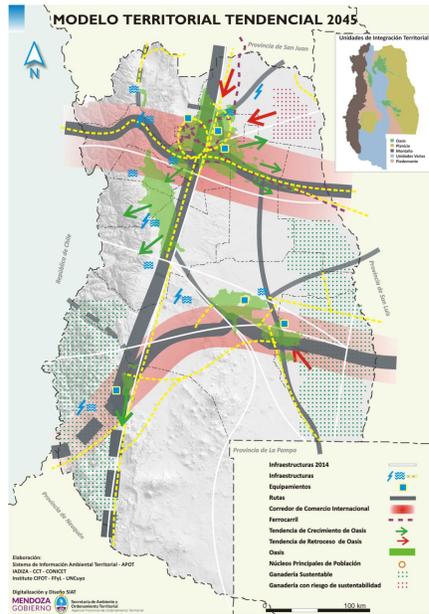


Figura 5. Modelo Territorial Tendencial. Fuente: Ley N° 8.999/2017. PPOT

1.B.2.3.1.3 Deseado

El modelo territorial deseado (Fig. 6) se define como la imagen provincial futura, que surge del consenso social, entendiéndose que sus acciones están formuladas bajo el supuesto de que no existen restricciones de medios, recursos y voluntades en la provincia.

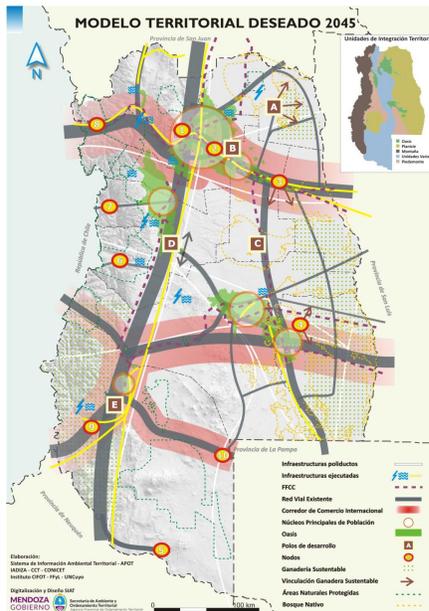


Figura 6. Modelo Territorial Deseado (2045). Fuente: Ley N° 8.999/2017. PPOT

El horizonte temporal adoptado para el logro del modelo territorial deseado se extiende hasta el año 2045. Para esa fecha se deberían lograr los siguientes objetivos:

1) Superación de la inercia en la gestión en relación al rol del Estado: Orientar las regalías provenientes del aprovechamiento de recursos naturales no renovables hacia el desarrollo sustentable de la provincia,

garantizando su reinversión e impactos positivos a nivel local. Se promueve que el personal del Estado sea suficiente, idóneo, con capacitación permanente y con un sistema de ingreso, evaluación y promoción transparente. Se utiliza para la planificación, gestión y control un sistema de información estandarizado, completo y actualizado.

2) Necesidad de revertir la creciente concentración de población, actividades y recursos: Se busca lograr un sistema urbano en red en el que las ciudades y pueblos alcancen su complementariedad funcional. El rol del Estado en las políticas de urbanización y de gestión de ciudades promueve la calidad de vida y la minimización de la huella ecológica.

3) Con respecto a las inequidades sociales: Se hace efectiva la inclusión social de todos los ciudadanos y ciudadanas para lograr la cohesión social, a través del trabajo decente, la educación, la salud, la vivienda en el hábitat digno, la cultura, la recreación y el deporte y el ambiente sano. Se desarrollan políticas públicas integrales que mejoren la calidad de los bienes y servicios sociales, los hacen accesibles a todos los ciudadanos y contribuyen efectivamente a reducir las desigualdades en las condiciones de vida, tanto en términos sociales como espaciales. Se promueve activamente la educación como garante de la movilidad social ascendente y generadora de oportunidades.

4) Deterioro ambiental y exposición al riesgo por amenazas naturales y antrópicas y la adaptación al cambio climático: Implementación de estrategias para la preservación, conservación y el uso sustentable de los bienes naturales, promoviendo un modelo de desarrollo sustentable en lo económico, lo social, lo territorial y lo ambiental. Se organiza el sector energético para la reconversión gradual y planificada de la matriz energética con una mayor participación de las energías limpias, de fuentes renovables y tecnología local. Se orienta la producción de energía dentro del marco de las recomendaciones formuladas por el Convenio Marco de Cambio Climático. La demanda energética se reorienta hacia objetivos de ahorro y eficiencia.

Se aplican políticas de internalización de los costos ambientales incurridos en las diferentes actividades productivas, se promueve la implementación de mecanismos de desarrollo limpio en procesos, tecnologías y sistemas de gestión. Se considera el factor riesgo y la prevención en la planificación y la toma de decisiones.

5) Problemas de conectividad, accesibilidad y movilidad: Se aplican políticas de gestión del transporte y de la conectividad planificadas y continuadas en el tiempo. Se desarrollan planes de inversión para infraestructura vial y de telecomunicaciones que aportan activamente a los objetivos de desarrollo equilibrado del territorio provincial. Se reestructura el transporte urbano e interurbano con parámetros de eficiencia y accesibilidad, dando respuesta prioritaria a los históricos problemas de segregación de la población de menores recursos.

6) Coexistencia de una estructura productiva tradicional que lucha por subsistir y una moderna, innovadora, de fuertes inversiones en tecnología, que compite en el mercado mundial y no logran integrarse: Está en desarrollo pleno una matriz productiva más diversificada, basada en el crecimiento y productividad de actividades tradicionales y nuevas, interrelacionadas en sólidas cadenas de valor. Se promueven modelos productivos basados en los recursos endógenos del territorio para las tierras secas no irrigadas y en la recuperación del capital natural y social a lo largo del tiempo para el desarrollo de otros territorios y sociedades.

Se busca y obtiene un balanceado desarrollo entre actividades extractivas tradicionales y nuevas, y actividades de producción, agregado de valor y servicios, logrando su desarrollo en condiciones de cuidado ambiental adecuado. La renta generada por la explotación de recursos no renovables se invierte eficientemente en consolidar el esquema productivo y económico general de la provincia. Se optimizan las producciones tradicionales y se incorporan y estimulan nuevas actividades que diversifican la matriz productiva.

7) En relación a la deficiencia que se observa en la gestión integrada del recurso hídrico: La provincia, puso énfasis en enfocar la gestión integral del recurso hídrico como herramienta básica para el desarrollo estratégico y el ordenamiento territorial, reconociendo el dominio público de las aguas. Se articula la gestión del recurso hídrico con la participación de las demás políticas sectoriales, preservando la calidad y sustentabilidad de la provisión para todo el territorio provincial y sus habitantes.

Se pone especial cuidado en la preservación monitoreada de las fuentes de recarga de acuíferos, y en el mantenimiento controlado de la calidad y cantidad de los niveles de agua subterránea. Se implementan mecanismos de reutilización de agua a través de procesos de depuración.

1.B.2.3.1.4 Modelo territorial realizable

Se elabora a partir de los modelos territoriales: actual, tendencial y deseado. Contiene objetivos que pretenden superar los problemas detectados en el diagnóstico; las directrices, lineamientos y programas a desarrollar y ejecutar en el corto, mediano y largo plazo y los instrumentos que viabilizan la implementación de acciones.

El Plan Provincial de Ordenamiento Territorial y los Planes de Ordenamiento Territorial Municipales deberán sentar las bases de un nuevo modelo de desarrollo territorial sustentable.

Directrices y lineamientos

1. Directrices: Son pautas concretas y de cumplimiento obligatorio que permitirán revertir las problemáticas territoriales detectadas.
2. Lineamientos o pautas orientativas: Permiten tomar las decisiones e intervenciones territoriales municipales e interjurisdiccionales.
3. Programas y proyectos: Permiten fortalecer, consolidar, integrar y promover actividades que generen desarrollo equilibrado, sostenible y con equidad para el territorio provincial.
4. Los programas deberán ser respetados por ministerios, municipalidades e instituciones con competencia en el territorio, aplicando a tal efecto, los instrumentos específicos de gestión contenidos en el PPOT.

1.B.2.4 Instrumentos del Ordenamiento Territorial

El PPOT establece acciones tendientes a la resolución de problemas y prevé una serie de pautas de distribución de competencias o ejes de articulación entre la provincia y los municipios e instrumentos para hacerlas efectivas.

1.B.2.4.1. Instrumentos de coordinación y complementación

Los instrumentos de coordinación y complementación definen las pautas mediante las cuales se articulará y coordinará en todos y cada uno de los niveles, la implementación del PPOT.

Ejes de articulación: Convenios interjurisdiccionales. Mesa de resolución de conflictos territoriales.

Recursos económicos: La ejecución del Plan Provincial de Ordenamiento Territorial, conforme lo establecido en la Ley N° 8.051 se hará con recursos del presupuesto ordinario y con los recursos del fondo de afectación específica.

Reglamentos y planes municipales de ordenamiento territorial con criterios uniformes: Reglamentos para la elaboración de los planes municipales de ordenamiento territorial.

1.B.2.4.1.1 Clasificación del territorio provincial

La Ley N° 8.051 determina *dos formas de delimitación*, según ámbitos de competencia provincial o municipal: clasificación y zonificación respectivamente

La **clasificación** está a cargo del Gobierno provincial porque su ámbito de competencia es el territorio de Mendoza. A partir de la clasificación del territorio se distinguen las siguientes áreas:

- Áreas urbanas.
- Áreas rurales (irrigadas y no irrigadas).
- Áreas de interfaces urbano-rural (corresponde a áreas complementarias).
- Áreas naturales.
- Áreas bajo regímenes especiales.

La **zonificación** es un proceso mediante el cual se subdivide el espacio geográfico con algún fin, sobre todo para instrumentar políticas públicas destinadas al ordenamiento y la regulación del suelo. Esta zonificación debe estar sustentada en procedimientos y criterios científico – técnicos tales como capacidad de carga, aptitud del territorio, índice de riesgo, otros.

1.B.3 LOCALIZACIÓN AMBIENTAL DE PROYECTOS INDUSTRIALES

La selección del mejor lugar para ubicar un proyecto industrial es una decisión para el largo plazo. Es decir que tiene en cuenta el carácter permanente de la misma, porque su modificación es muy costosa y de difícil realización.

En el estudio de la localización de nuevos proyectos, además de la rentabilidad, el análisis microeconómico y el tamaño de la planta, también es necesario considerar la viabilidad y la conveniencia de su realización a partir del estudio de un conjunto de criterios como la factibilidad técnica, la viabilidad económica, la sostenibilidad ambiental y la aceptación social, para seleccionar la mejor alternativa de proyecto.

Si bien estos criterios se están comenzando a incorporar en la evaluación de solicitudes de créditos y se encuentran expresados puntualmente en los estudios de impacto ambiental exigidos por los organismos gubernamentales específicos, gran parte de las metodologías propias de la toma de decisiones en el campo de la radicación de actividades industriales en general no los contemplan (Tavella et al. 2018).

En la formulación de un proyecto industrial se busca responder nueve (9) preguntas esenciales (Sanín Ángel, 1995), que se presentan en el siguiente Cuadro.

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

Para que sea sostenible en el tiempo y sustentable desde el punto de vista de su impacto ambiental, un proyecto de inversión para la radicación de una industria, no solo debe ser consistente en el entorno actual, sino que debe prever las condiciones que mantengan su viabilidad en el futuro (Conesa Fernández - Vítora, 2010).

Lo primero que se conoce de un proyecto industrial es la actividad a la que se dirige la atención. Una vez elegida la actividad industrial de interés hay que determinar el sector industrial en el que se enmarcará el proyecto. Algunos de los tipos de actividades de interés para la formulación de un proyecto industrial se pueden agrupar por grandes rubros, por ejemplo: alimentaria, textil, electro-electrónica, construcción, química, farmacéutica, agrícola, minera, metalmecánica, naval, deportiva, esparcimiento, cinematográfica, automotriz, entre otras.

Cada uno de los rubros industriales tiene diferentes proveedores de elementos básicos. Cuando se elige el rubro, también es necesario precisar cuál de esos elementos básicos es el de interés, seguramente se realizará un estudio de mercado para averiguar si existe una necesidad a satisfacer. Por ejemplo, dentro de la industria textil, un rubro de interés para formular un proyecto industrial puede ser la provisión de tapizados y alfombras para la industria automotriz.

Un proyecto industrial ambientalmente sostenible debe ser el resultado del estudio de las alternativas posibles para confeccionar los tejidos necesarios que satisfagan las especificaciones del cliente, lo que implica diseñar el proceso y las operaciones unitarias con criterios de sostenibilidad ambiental que incorporen tecnologías de bajo consumo energético, que minimicen la producción de efluentes, emisiones y residuos, que se puedan adaptar para reutilizar materiales, para el empleo de materiales recuperados en la misma actividad y para la incorporación de materias primas recicladas.

El diseño de los productos (tapizados y alfombras) también debe prever la duración y el mantenimiento para que, al finalizar su vida útil, se puedan dismantelar fácilmente para su reciclaje. El reciclaje sólo funciona cuando hay un diseño concebido para ese propósito, debe incluir pureza y valor⁴.

De todas las actividades y rubros industriales posibles, las alternativas que se consideren serán objeto de análisis y evaluación para decidir sobre la conveniencia de avanzar en la ejecución de las sucesivas etapas de planificación y diseño para llevar adelante las etapas de ejecución y el control del proyecto, hasta la instancia final, que concluye con el cierre y el dismantelamiento.

En el análisis de alternativas para la preparación de proyectos industriales es necesario considerar otros temas estrechamente relacionados con los aspectos ambientales de su realización: 1) Tamaño. 2) Ubicación. 3) Tecnología. La postergación del análisis de estos aspectos puede resultar en el fracaso de un buen proyecto por no haber incorporado la dimensión ambiental desde las fases iniciales de su preparación.

1.B.3.1 Tamaño del proyecto

El estudio del tamaño de un proyecto se ocupa de definir la capacidad de producción en un período determinado. Desde el punto de vista técnico el tamaño de un proyecto determina su capacidad, es decir, la máxima cantidad de unidades (bienes o servicios), que se podría producir en las instalaciones por unidad de tiempo (Sanín Ángel, op. cit. 1995).

Desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental, la capacidad efectiva de producción y el nivel de utilización del proyecto influyen en la formación y el entrenamiento requeridos para la contratación del personal, en la selección de proveedores de materias primas para que cumplan con las especificaciones de composición, cantidad, calidad y tiempo de entrega, en el consumo de agua, gas, energía eléctrica, combustibles y lubricantes, en las cantidades, tipos y características de los residuos, efluentes y emisiones que deben ser gestionados para minimizar sus impactos ambientales.

La demanda es un factor condicionante en el tamaño de un proyecto, pero no siempre se determina en función del crecimiento esperado del mercado. El estudio del tamaño del proyecto permite dimensionar la capacidad efectiva de producción y el nivel de utilización necesario tanto para la fase de la puesta en marcha como para el funcionamiento durante su vida útil. Se puede optar por definir el tamaño del proyecto desde el inicio con una capacidad inicial ociosa, o adecuarlo para mayores requerimientos de operación en la medida que se verifica el crecimiento del mercado. En ambos casos es necesario asegurar que todos los recursos estén disponibles en la cantidad, calidad y momento requeridos.

El tamaño del proyecto define el nivel de inversiones y costos y el nivel de operación que producirá los ingresos esperados, por lo que el estudio de los factores que lo determinan y su relación con los usos permitidos del territorio son esenciales.

La distribución geográfica del mercado es otro factor que condiciona el tamaño del proyecto, ya que la demanda se podría satisfacer con un único establecimiento o con varias unidades de menor tamaño situadas en diferentes localidades.

⁴ Manuel Maqueda. Hacia la economía circular: el legado de un buen ancestro. BBVA. Aprendamos juntos 2020. <https://www.bbvaaprendamosjuntos.com/es>. <https://www.youtube.com/watch?v=BeT4n0joOCU>. Acceso: 27/07/2023. Manuel Maqueda es profesor de Economía Circular y Regenerativa en Harvard y uno de los mayores expertos mundiales en contaminación por plásticos. Ha fundado varias ONG y empresas sociales como Plastic Pollution Coalition, SUPER (Single-Use Plastic Elimination or Reduction).

1.B.3.2 Ubicación del proyecto

El ordenamiento territorial es el instrumento de la gestión ambiental que define los usos del suelo permitidos en la actualidad y analiza las tendencias en el mediano y largo plazo, de manera que sus disposiciones influyen en el emplazamiento de los proyectos industriales.

Como la localización se refiere al lugar donde se llevará a cabo la actividad industrial, es necesario que el mismo cumpla con los requerimientos de zonificación determinados por las normas de ordenamiento territorial.

Busca definir el emplazamiento que resulte más conveniente, es decir, aquel que produzca el mayor nivel de satisfacción para sus promotores, para la sociedad y para el ambiente, con el menor costo posible.

Para definir la ubicación de un proyecto industrial se deben analizar las características espaciales (macro y micro localización) y los factores que influyen en la decisión de inversión.

a) Macro localización. Con este estudio se busca verificar que, en la región geográfica elegida para la ubicación del proyecto, no existan restricciones que puedan condicionar su realización, por ejemplo: reservas naturales, áreas de interés arqueológico o paleontológico, zonas de elevada sismicidad, cuerpos de agua superficial, entre otras. Es aquí donde el equipo inter y multidisciplinario determina si el proyecto en estudio es compatible con los usos del territorio permitidos por las reglamentaciones vigentes.

Sin embargo, existen proyectos para los cuales la macro localización no es objeto de análisis, este es el caso de la exploración y la explotación de hidrocarburos, de yacimientos mineros, los centros de esquí, las centrales hidroeléctricas y los astilleros, entre otros. La localización de este tipo de proyectos coincide con el lugar en el que se ubica el objeto de explotación (turismo, minería, navegación).

Después de comprobar que la macro localización propuesta no está en conflicto con los objetivos del proyecto, se aborda el estudio de la micro localización.

b) Micro localización: Sobre la base de los usos del suelo permitidos, con el estudio de la micro localización, se busca identificar lugares específicos dentro de la localidad seleccionada. Se analiza la ubicación, la extensión, los límites del terreno seleccionado y las posibilidades de ampliación de las instalaciones a construir.

En el estudio de la micro localización de un proyecto industrial se tiene en cuenta: Disponibilidad, requerimientos y costo del personal necesario. Infraestructura de servicios esenciales (agua, energía eléctrica, gas). Industrias vecinas (cementeras, electrointensivas, químicas, farmacéuticas, alimentación). Servicio de transporte público. Ubicación de los principales competidores. Limitaciones tecnológicas. Aspectos ambientales. Costo del transporte de insumos y productos. Si existen parques industriales en la zona de interés, hay que verificar que las actividades en funcionamiento no representen amenazas para el proyecto en estudio (material particulado, olores, ruidos, vibraciones, emisiones lumínicas, u otras) y que la propia actividad del proyecto industrial no represente un impedimento para las actividades existentes (Llamas et al. 2015).

1.B.3.3 Tecnología

La tecnología abarca un conjunto de conocimientos, métodos y técnicas cuyo empleo permite transformar insumos y materias primas en un producto terminado. La tecnología se asocia a una unidad productiva que recibe los insumos y materias primas necesarias, los procesa y ubica sus productos (bienes o servicios) para su comercialización.

La evolución en la percepción de los problemas ambientales y los cambios en los paradigmas produjeron diferentes tipos de respuestas tecnológicas que luego fueron adoptadas por la actividad industrial para continuar funcionando.

Un análisis exhaustivo de las tecnologías disponibles permite seleccionar procedimientos flexibles que pueden absorber la dinámica de cambio impulsada por los avances en I+D+i, sistemas productivos más

eficientes por medio de instrumentos como la producción más limpia (P+L), el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) o la Economía Circular.

En la etapa de investigación de las tecnologías disponibles, siempre se recomienda recurrir a asesorías especializadas (Universidades. Centros de Investigación. Sistemas de Información Tecnológica. Asociaciones Profesionales). También se deben considerar aspectos como: el servicio técnico, la experiencia y la capacitación del personal.

Una vez definida la tecnología a emplear se definen los objetivos, el producto (bien o servicio), las especificaciones del equipamiento, la distribución espacial, las construcciones, las obras complementarias y la programación de las operaciones.

1.B.3.4 Análisis de alternativas

Comparar tres alternativas de proyecto con base en el análisis de cuatro criterios: Ambiental. Social. Económico. Técnico.

Para Saaty (1977) la naturaleza fundamental del problema de decisión es determinar preferencias, de acuerdo a su importancia, por medio de la distribución de pesos entre el conjunto de alternativas en estudio y según Barba Romero, (1996), el problema de la decisión multicriterio es elegir entre soluciones eficientes, lo que implica hacer intervenir consideraciones subjetivas por medio de las preferencias del centro decisor

La teoría de la decisión se refiere a hacer una elección óptima entre los resultados alternativos. Para que la elección sea racional, se debe conocer una forma de hacer compensaciones entre las alternativas de acuerdo con sus diversos atributos (Saaty, 1987).

Muchas de las variables cualitativas que se integran al proceso de decisión escapan al planteo racionalista que supone que los individuos maximizan su utilidad, que la sociedad maximiza el bienestar social, que podemos conocer gran parte de la información necesaria para la toma de decisiones y que la tangibilidad de esta información permite medir todos los costos y beneficios para llegar a un criterio único (VAN) que permita tomar la decisión en forma racional (Pacheco et. al., 2008).

El proceso analítico jerárquico (Analytic Hierarchy Process - AHP) es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones que puede ser utilizado para resolver problemas de decisión complejos. Se utiliza una estructura jerárquica de varios niveles compuesta por objetivos, criterios, subcriterios, y alternativas. Los datos pertinentes se obtienen mediante el uso de un conjunto de comparaciones por pares. Estas comparaciones se utilizan para obtener los pesos de importancia de los criterios de decisión y las medidas de rendimiento relativo de las alternativas, en términos de cada criterio de decisión individual. Si las comparaciones no son perfectamente consistentes, entonces se proporciona un mecanismo para la mejora de la consistencia (Triantaphyllou, et al. 1995).

Fundamentos del proceso analítico jerárquico (*Analytic Hierarchy Process* - AHP)

El AHP se clasifica en el grupo de métodos de Análisis Multicriterio Discreto que utiliza variables cualitativas y cuantitativas frente a múltiples objetivos. Este método descompone estructuras complejas en sus componentes, los ordena según una estructura jerárquica para obtener valores numéricos que representan los juicios de preferencia del centro decisor y, finalmente, los sintetiza para determinar la variable que tiene la prioridad más alta.

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

1. Construcción de las jerarquías.
2. Valoraciones comparativas. Establecimiento de prioridades.
3. Consistencia lógica. Síntesis de las prioridades.

Primer principio: Construcción de la jerarquía

Se aplica estructurando un problema simple ubicando los elementos en un nivel que se mantiene independiente de aquellos elementos de los niveles subsiguientes, trabajando hacia abajo desde el foco en el nivel superior, a los criterios que influyen sobre el foco en el segundo nivel, seguido por subcriterios en el tercer nivel, y así sucesivamente, desde el más general al más particular y concreto.

Los elementos de una jerarquía se reúnen en grupos de acuerdo a la homogeneidad, de manera que un nivel puede consistir en uno o varios grupos homogéneos. En una jerarquía completa, todos los elementos de un nivel tienen en el siguiente nivel todos los elementos como descendientes, los niveles son grupos homogéneos individuales.

- **Objetivo:** Es el objetivo principal, lo que se espera resolver.
- **Criterios:** Son los elementos que definen el objetivo principal.
- **Subcriterios:** Son los elementos que definen el criterio debajo del cual ellos se encuentran, deben ser cuantificables.
- **Alternativas:** Son diferentes soluciones o cursos de acción para resolver el problema.

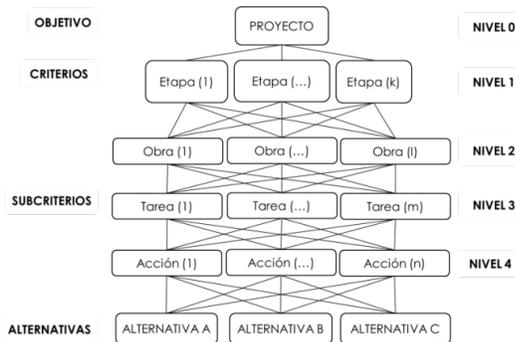


Figura 7. Construcción de las jerarquías. Elaboración propia.

Se podrían añadir más elementos en cualquier nivel, y más niveles. La pregunta es: *¿Cuánto se debe incluir en una jerarquía?* Una regla general es que la jerarquía debe ser lo suficientemente compleja como para captar la situación, pero al mismo tiempo pequeña y ágil para que sea sensible a los cambios. Un principio básico para la construcción de las jerarquías es considerar si es posible comparar los elementos (criterios) situados en un nivel inferior con respecto a alguno de los ubicados en el nivel inmediatamente superior (Llamas et al., 2019).

Segundo principio: Valoraciones comparativas. Establecimiento de prioridades

Para calcular las prioridades se realizan comparaciones por pares con respecto a un criterio determinado. Esta comparación implica confeccionar una matriz cuadrada en la que los criterios de comparación se ubican en el mismo orden ocupando las filas (i) y columnas (j) correspondientes. La escala que se emplea para derivar escalas de relación en las matrices de comparaciones por pares varía de 1 a 9, como indica la Tabla 1, y representa la importancia de cada entrada de los juicios de preferencia (valoración):

Tabla 1. Escala de preferencias y su descripción

Intensidad de importancia en una escala absoluta	Definición	Explicación
1	Igual importancia.	Dos criterios contribuyen igual al objetivo.
3	Importancia moderada de una respecto de la otra.	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 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 compromiso.
Recíprocas	Si el criterio i tiene uno de los números anteriores que se le asignen en comparación con el criterio j , entonces j tiene el valor inverso en comparación con i .	$1/a_{ij}$

Fuente: Adaptado de (Saaty, op. cit., 1977, p. 246)

La forma típica de formular las preguntas para llenar una entrada en la matriz de comparaciones por pares es la siguiente: *¿al considerar dos elementos (i en el lado izquierdo de la matriz y j en la parte superior) cuál tiene la propiedad más, o aquella propiedad que satisface el criterio más?*

Para realizar las comparaciones por pares se crea una matriz para cada conjunto de criterios (o subcriterios) de la jerarquía que permita determinar la prioridad de los elementos de su nivel inmediatamente inferior. Para ese criterio uno de los elementos se considera más importante, y se indica cuánto más (utilizando los valores de la escala fundamental de la Tabla 1). Esto nos da a_{ij} , el valor recíproco ($1/a_{ij}$) se introducirá automáticamente para la trasposición.

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

Se compara el criterio i con j y se asigna alguno de los valores presentados en la Tabla 1. Si el criterio i domina a j con una importancia fuerte, entonces $a_{ij} = 5$ y $a_{ji} = 1/5$; o viceversa.

Tipos de comparaciones por pares:

- a) *Importancia:* Apropiado cuando se comparan criterios entre sí.
- b) *Preferencia:* Apropiado cuando se comparan alternativas.
- c) *Más probable:* Apropiado para comparar la probabilidad de los resultados, con criterios o alternativas.

La pregunta formulada al hacer una comparación por pares puede influir en las valoraciones realizadas y, por lo tanto, también en las prioridades. Debe quedar claro desde el principio en qué consiste el foco de la jerarquía y cómo los elementos en el segundo nivel sirven, cumpliendo con ese enfoque o siendo su consecuencia, y así sucesivamente hasta la jerarquía de cada elemento correspondiente de la matriz y sus descendientes.

Tercer principio: Consistencia lógica. Síntesis de las prioridades

La consistencia tiene relación con el grado de dispersión de los juicios (valoraciones) de las personas e impone cumplir simultáneamente con dos propiedades:

- 1) 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 .
- 2) 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 .

Estos dos principios buscan evitar que la decisión de preferencia se base en juicios cuya consistencia sea tan baja que podrían parecer aleatorios.

Cuando una persona responde a un evento que involucra varias sensaciones, éstas, de algún modo, deben estar relacionadas en su mente para que sea posible distinguirlas de una manera consistente que relacione correctamente cada sensación con todo el conjunto. Por ejemplo, esa relación suele ser necesaria para encontrar el estímulo más dominante entre varios, y después el siguiente más dominante y así sucesivamente, un proceso que necesita una ordenación total de las sensaciones. La forma más sencilla de ordenar n sensaciones es elegir una y compararla con otra, conservando la más dominante del par y luego comparar esta con otra, conservando de nuevo la dominante, continuando hasta que todo el conjunto se ha ordenado. Este proceso requiere realizar $n-1$ comparaciones para encontrar el miembro del conjunto más dominante, $n-2$ comparaciones para encontrar el siguiente miembro más dominante, continuando de esta manera hasta totalizar $n \times (n-1) / 2$ comparaciones. El resultado es una ordenación de las sensaciones de acuerdo con la dominancia, sin que sea necesario conocer sus valores numéricos.

Pero hay una mejor manera de comparar y ordenar n sensaciones que también implica la realización de un total de $n \times (n-1) / 2$ comparaciones y obtener un orden de acuerdo con las magnitudes relativas estimadas entre ellas. Se basa en la valoración relativa sobre el grado o intensidad de dominio de un estímulo de un par sobre el otro, con respecto a una propiedad presente para el observador. Tal comparación se realiza identificando primero el estímulo más pequeño como la unidad y, a continuación, se estima cuántas veces el mayor estímulo es un múltiplo de esa unidad.

Cuando se han hecho todas las comparaciones, de ellas se deriva una escala de prioridades que representa la dominancia relativa de los estímulos. Las sensaciones no sólo tienen que ser homogéneas o cercanas a la homogeneidad para que las comparaciones sean significativas, también debe haber un límite en el número que podemos procesar de una sola vez, y al mismo tiempo mantener la coherencia en nuestras valoraciones.

Supongamos que hay n estímulos presentes para un observador. El objetivo de ese observador es:

- 1) Proporcionar valoraciones sobre la intensidad relativa de esos estímulos;
- 2) Asegurar que las valoraciones se califican en una medida que también permita la interpretación cuantitativa de las valoraciones entre todos los estímulos.

Sea A_1, A_2, \dots, A_n , el conjunto de estímulos. Las valoraciones cuantificadas sobre pares de estímulos A_i, A_j , están representadas por una matriz $n \times n$, $A = (a_{ij})$, $i, j = 1, 2, \dots, n$. Las entradas a_{ij} se definen por las siguientes reglas de entrada.

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 . Luego la matriz A tiene la siguiente forma:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Después de registrar las valoraciones cuantificadas sobre los pares (A_i, A_j) como entradas numéricas a_{ij} en la matriz A , ahora el problema es asignar a los n estímulos A_1, A_2, \dots, A_n un conjunto de pesos numéricos w_1, \dots, w_n , que podrían reflejar las valoraciones registradas. Esas ponderaciones deben reflejar valoraciones cuantificadas de la persona y requieren describir en términos aritméticos precisos, cómo los pesos w_i se deben relacionar con las valoraciones a_{ij} .

Paso 1: Supongamos primero que las valoraciones son el resultado de mediciones físicas precisas. La valoración se realiza sobre un conjunto de objetos A_1, A_2, \dots, A_n , y se dispone de una escala de precisión, por ejemplo, la de una balanza analítica. Para comparar A_1 con A_2 , se pone A_1 en la balanza y se lee su peso, por ejemplo, $w_1 = 330$ g. Se pesa A_2 y el valor leído es $w_2 = 264$ g. Se divide w_1 por w_2 y se obtiene 1,25. La valoración se indica de la siguiente forma: A_1 es 1,25 veces más pesada que A_2 y se registra como $a_{12} = 1,25$. Así, en este caso ideal de medición exacta, las relaciones entre los pesos w_i y las valoraciones a_{ij} resultan:

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

Luego:

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

Las mediciones físicas nunca son exactas, en un sentido matemático se deberán tener en cuenta las desviaciones. Además, en las valoraciones humanas estas desviaciones son considerablemente más grandes.

Paso 2: Con el fin de ver cómo hacer una previsión para las desviaciones, consideremos la fila i -ésima de la matriz A. Las entradas en dicha fila son $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ij}, \dots, a_{in}$. En el caso ideal (exacto) estos valores son los mismos que las siguientes relaciones:

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

Para el caso ideal, si multiplicamos la primera entrada en esa fila por w_1 , la segunda entrada por w_2 y así sucesivamente, obtendríamos:

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

El resultado es una fila de entradas idénticas w_i, w_i, \dots, w_i , mientras que en el caso general, obtendríamos una fila de entradas que representan una dispersión estadística de valores alrededor de w_i . Parece, por tanto, razonable considerar que w_i será igual a la media de estos valores.

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

para el caso general las relaciones más realistas (para cada i) toman la forma:

$$w_i = \text{promedio de } (a_{i1}w_1, a_{i2}w_2, \dots, a_{in}w_n)$$

Y se tiene:

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

Estas relaciones indican la proporcionalidad entre cada peso w_i y la suma ponderada de sus correspondientes valoraciones a_{ij} . La proporcionalidad se transforma en una igualdad con la constante n que es del mismo orden que el de la matriz A. Todavía queda abierta la pregunta: *¿esto es suficiente para asegurar la existencia de soluciones?*; es decir, para asegurar que el problema de encontrar los pesos únicos w_i cuando se dan los coeficientes a_{ij} , *¿tiene solución?*

Paso 3: Para buscar la respuesta a la pregunta anterior, esencialmente matemática, es necesario expresar estas relaciones en otra forma más familiar. Vemos que, para buenas estimaciones, a_{ij} tiende a estar cerca de w_i/w_j , por lo tanto, es una pequeña perturbación (c) de esta relación. Ahora en la medida en que a_{ij} cambia podría haber una solución correspondiente (es decir: w_i y w_j pueden cambiar para adaptarse a este cambio en a_{ij} del caso ideal), si la constante de proporcionalidad n también fuera a cambiar. Expresamos este valor de n por medio de la perturbación c y tenemos:

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

Este problema implica resolver un sistema de ecuaciones lineales homogéneas para el que sabemos que no hay una solución única si c tiene un valor particular elegido. Lo que hemos hecho hasta ahora ha sido dar una justificación intuitiva de nuestro enfoque. Es importante señalar que todo lo expresado anteriormente se refiere al álgebra de matrices elementales.

A continuación, se presenta la formulación de la condición para una solución en el caso ideal:

$$Aw \equiv \begin{matrix} & A_1 & A_2 & \dots & A_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} \end{matrix} \begin{vmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{vmatrix} = n \begin{vmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{vmatrix} = nw$$

Donde A se multiplicó a la derecha por la columna formada por el vector traspuesto de pesos $w^T = (w_1, \dots, w_n)$. El resultado de este producto es nw . Por lo tanto, 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. Este es un sistema de ecuaciones lineales homogéneo. Tiene una solución distinta de cero si y sólo si el determinante de $(A-nI)$ ⁵, es igual a cero, obteniéndose una ecuación de grado n conocida como la ecuación característica de A. Esta ecuación tiene una solución si n es una de sus raíces (valores propios de A). Pero A tiene una estructura muy simple porque cada fila es una constante múltiplo de la primera fila (o cualquier otra fila). Así, todos los n valores propios de A, excepto uno, son iguales a cero. La suma de los valores propios de una matriz es igual a la suma de sus elementos diagonales (su traza). En este caso, los elementos de la diagonal son iguales a uno, y por lo tanto su suma es igual a n , luego n debe ser un valor propio de A y es el más grande o el principal valor propio λ_{max} (autovalor o *eigenvalor*) y tenemos una solución que no es cero. Se sabe que la solución consta de entradas positivas y es única para una constante multiplicativa (positiva) y por lo tanto pertenece a una escala de proporción.

Cuando $a_{ij}a_{jk} = a_{ik}$, se dice que la matriz $A = (a_{ij})$ es consistente y tiene la forma ideal $a_{ij} = w_i/w_j$ y, como se puede observar su principal valor propio λ_{max} (autovalor o *eigenvalor*) es igual a n . De lo contrario, es simplemente recíproca con $a_{ij} = 1/a_{ji}$ y su principal valor propio es el valor perturbado c de n que se indica por λ_{max} , para representar el mayor valor propio principal de A. Para la respuesta a los estímulos es esencial una consistencia cercana, porque cuando se utiliza para comparar los estímulos que son intangibles, la valoración humana es aproximada y sobre todo inconsistente. Si con la nueva información se mejora la consistencia, llevándola hacia una consistencia cercana a la esencial, se podría mejorar la validez de las prioridades derivadas de las valoraciones. Para derivar propiedades a partir de una matriz inconsistente $A = (a_{ij})$ es necesario obtener el principal vector propio w (autovector o *eigenvector*) para representar esas prioridades.

En términos más simples, se puede utilizar un vector prioridad w para ponderar las columnas de su matriz, sumar los elementos en cada fila para obtener un nuevo vector de prioridad y repetir el proceso obteniendo así un conjunto infinito de vectores de prioridad. La pregunta es: *¿cuál es el vector de prioridad real?* Esta ambigüedad se elimina si es necesario que un vector prioridad (autovector o *eigenvector*) satisfaga la condición $Aw = cw$, $c > 0$. En otras palabras, las relaciones de las prioridades en el nuevo vector coinciden con las mismas relaciones en el viejo vector.

El IC (Índice de Consistencia) de una matriz de comparaciones está dado por $IC = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$. La relación de consistencia (RC) se obtiene mediante la comparación apropiada del IC con el siguiente conjunto de números (Tabla 2), cada uno de los cuales es un índice promedio de consistencia aleatoria (IR) derivado de una muestra de tamaño 500, de una matriz recíproca generada aleatoriamente utilizando la escala de 1/9, 1/8, ..., 1, 8, 9 para ver si resulta 0,10 o menor. Si no es menor de 0,10 se debe estudiar el problema y revisar las valoraciones.

Tabla 2. Índice de consistencia aleatoria (IR)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice de consistencia aleatoria	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fuente: Adaptado de (Saaty, 1987, p. 171)

El AHP mide la inconsistencia global de los juicios por medio del Índice de Consistencia (IC), que depende del

⁵ $(A-nI)$ es un polinomio de grado n en n ; tiene el término de más alto grado de la forma n^n y, por lo tanto, por el teorema fundamental del álgebra, tiene n raíces o valores propios (autovalores).

tamaño de matriz y cuyo valor no debe superar el 10 % (Saaty op. cit. 1987, p. 172, Ramanathan 2001, p. 29). La expresión para calcularlo es:

$$RC = \frac{IC}{IR} < 10\%$$

En el AHP las prioridades se sintetizan desde el segundo nivel hacia abajo multiplicando las prioridades locales por la prioridad de su criterio correspondiente en el nivel anterior y agregando, para cada elemento en un nivel de acuerdo con los criterios que afecta. (Los elementos de segundo nivel se multiplican por la unidad, el peso del objetivo único de nivel superior). Esto da la prioridad compuesta o global a ese elemento, que a su vez se usa para ponderar las prioridades locales de los elementos en el nivel inferior comparadas entre sí con el criterio, y así sucesivamente hasta el nivel inferior.

Selección de Alternativas

Ejemplo

Objetivo: Seleccionar entre tres alternativas de proyecto (A₁, A₂ y A₃)

Criterios: Ambiental. Social. Económico. Técnico.

El primer paso en el AHP es desarrollar una representación gráfica del problema, en términos del objetivo general, los criterios y las alternativas de decisión

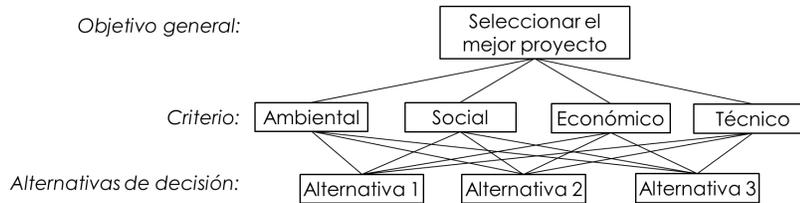


Figura 8. Representación gráfica de la estructura jerárquica del problema

Paso 0: Preparar una matriz de comparaciones por pares para cada Alternativa (A₁, A₂ y A₃), con respecto cada uno de los criterios (Ambiental. Social. Económico. Técnico).

Ambiental	A1	A2	A3
A1	1	2	7
A2	0,500	1	3
A3	0,143	0,333	1

Paso 1: Sumar los valores de cada columna.

Ambiental	A1	A2	A3
A1	1	2	7
A2	0,500	1	3
A3	0,143	0,333	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: Agregar una nueva columna (Suma Filas). Sumar los elementos de cada fila y luego 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 colocar el valor obtenido al 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	0,615	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 ubicar, en cada fila, el valor correspondiente al 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	

Consistencia

Calculamos la consistencia en las comparaciones por pares de las alternativas A₁, A₂ y A₃ para el criterio Ambiental.

El AHP proporciona un método para medir el grado de consistencia entre los juicios por pares de valores proporcionados por el tomador de decisiones.

Si el grado de consistencia es aceptable, el proceso de decisión puede continuar.

Si el grado de consistencia es inaceptable, el tomador de decisiones debería reconsiderar y posiblemente revisar los juicios comparativos entre pares de valores antes de proceder al análisis.

Relación de consistencia (RC)

El AHP proporciona una medida de la consistencia de los juicios de comparación por pares mediante el cálculo de una relación de consistencia (RC).

La proporción está diseñada de tal manera que los valores de la relación que exceden 0,10 (o 10 %)son indicativos de juicios inconsistentes.

Aunque el cálculo matemático exacto de la relación de consistencia está más allá del alcance de este texto, puede obtenerse una aproximación de la relación.

Calcular el índice de consistencia (IC):

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

Donde *n* es el número de valores (elementos) que se compara.

Calcular la relación de consistencia (RC):

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

Donde IR es el índice de consistencia aleatoria de una matriz de comparación por pares y depende del número de elementos que se comparan (es decir, del tamaño de la matriz).

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).

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

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

Para continuar con el desarrollo del ejemplo, a continuación, se incluye la síntesis de la jerarquización de los criterios Social, Económico y Técnico.

Ambiental	A1	A2	A3
A1	1	2	7
A2	0,500	1	3
A3	0,143	0,333	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	0,250	0,143	1

Criterio	Ambiental	Social	Económico	Técnico
Ambiental	1	3	7	5
Social	0,333	1	5	3
Económico	0,143	0,200	1	1/3
Técnico	0,200	0,333	3	1

ALTERNATIVAS	Ambiental	Social	Económico	Técnico
A1	0,615	0,123	0,087	0,265
A2	0,292	0,320	0,274	0,656
A3	0,093	0,557	0,639	0,080

CRITERIOS	
Ambiental	0,558
Social	0,263
Económico	0,057
Técnico	0,122

Valoración de la Importancia Ambiental del Proyecto (IAP)

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	PONDERACIÓN
A1	0,413
A2	0,343
A3	0,244

Bibliografía

- 1) 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.
- 2) Carson, Rachel. (1962). Silent Spring. Ed. Houghton Mifflin Harcourt. Boston. EEUU. ISBN 0-618-25305-x.
- 3) CEPAL /CLADES. (1981). Tesoro de medio ambiente para América Latina y El Caribe. Santiago. Chile.
- 4) CEPAL/PNUMA. (1990). El reto ambiental del desarrollo en América Latina y El Caribe.
- 5) Conesa Fdez.-Vítora, V. (2010). Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 4a ed. Revisada y ampliada. Ed. MundiPrensa. Madrid.
- 6) Colby, Michael E. Environmental management in development: the evolution of paradigms. Ecological Economics. Volume 3, Issue 3, September 1991, Pages 193-213. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(91\)90032-A](https://doi.org/10.1016/0921-8009(91)90032-A).
- 7) Llamas, S., Mercante, I. (2015). Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico para la Localización de una Instalación de Disposición Final para Residuos Sólidos Urbanos en el Área Metropolitana de Mendoza. Argentina. Memorias del VI Simposio Iberoamericano en Ingeniería de Residuos Sólidos. Hacia la Carbono Neutralidad 2021. Editorial Tecnológica de Costa Rica. ISBN: 978-9968-641-28-9. 552-557.
- 8) Llamas, S., & Baron, J. (2019). Procedimiento Metodológico para la Ponderación Relativa de la Importancia Ambiental de las Acciones de Proyectos. Revista Tecnología Y Ciencia, (36), 51–70. <https://doi.org/10.33414/rtyc.36.51-70.2019>.
- 9) Honorable Congreso de la Nación (HCN). (2002). Ley N° 25.675. Ley General del Ambiente. Bien jurídicamente protegido.
- 10) ONU. (1987). Nuestro futuro común. Desarrollo y cooperación económica internacional: Medio ambiente. Informe de la Comisión Mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo. 416 p.
- 11) Pacheco, J. F., Contreras, E. (2008). Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). CEPAL - Serie Manuales N° 58. pp. 111. Santiago de Chile. Copyright © Naciones Unidas. ISSN versión electrónica 1680-8878.
- 12) Ramanathan, R. A note on the use of the analytic hierarchy process for environmental impact assessment. Journal of Environmental Management. 2001. 63, (1), 27–35. <https://doi.org/10.1006/jema.2001.0455>.
- 13) Rodríguez, D., Muñoz, R., Cornejo J. y Espinoza, C. (2004). Tema 1.5. Gestión ambiental en un mundo globalizado. CI41B Ingeniería Ambiental. Universidad de Chile. Departamento de Ingeniería Civil. www.u-cursos.cl.
- 14) Sanín Ángel, H. (1995). Guía Metodológica General para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Inversión Social. ONU. ILPES. Dirección de Proyectos y Programación de Inversiones. LC/IP/L.114. Santiago. Chile.
- 15) Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of Mathematical Psychology. Volume 15, Issue 3, June 1977, Pages 234-281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- 16) Saaty, R. W. (1987). The Analytic Hierarchy Process-What it is and how it to used. Math. Modelling, Vol. 9, No. 3-5. 161-176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- 17) 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>.

- 18) Triantaphyllou, E., Mann, S. H. Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: some challenges. Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice, Vol. 2, No. 1, pp. 35-44, 1995. ISSN 1072-4761.

-
- (1) <http://www.fao.org/in-action/territorios-inteligentes/componentes/ordenamiento-territorial/introduccion/es/>
- (2) Ley Nº 25.675/ 2002. Ley General del Ambiente (Bien jurídicamente protegido). Honorable Congreso de la Nación Argentina.
- (3) Ley Nº 8051/2009. Ley de Ordenamiento Territorial y Usos del Suelo. Honorable Legislatura de la Provincia de Mendoza.
- (4) Ley Nº 8999/2017. Plan Provincial de Ordenamiento Territorial. Honorable Legislatura de la Provincia de Mendoza.