

Universidad Nacional de Cuyo - Facultad de Ingeniería

Estudio de Medio Ambiente

UNIDAD 4:

Factores ecológicos del suelo. Degradación y contaminación.

Residuos sólidos urbanos.

Profesor Titular: Mst. Ing. José Alberto Flores Profesora

Adjunta: Dra. Ing. Irma Mercante

Jefe de Trabajos Prácticos: Ing. Esp. Julieta Chini

Auxiliar adscripta: Ing. Aldana Guevara

Contenido: Estructura y composición de la tierra. Recursos minerales. Recursos no renovables. Minerales. Suelo. Origen y formación. Factores y procesos que intervienen en la formación del suelo. Composición. Tipos de suelo. Organismos vivos en el suelo. Degradación y contaminación del suelo: urbanización; agricultura y ganadería; obtención de materias primas y energía, industrias; desertificación y forestación, generación de residuos. Remediación. Tipos de remediación.

Residuos sólidos. Definición. Problemática de los residuos sólidos urbanos (RSU). Clasificación de los RSU. Cantidad y composición. Características: humedad, densidad, poder calorífico y relación carbono-nitrógeno. Gestión de los RSU. Tratamiento de los RSU: clasificación, reciclaje, compostaje, vertido controlado, incineración.

I. INTRODUCCIÓN

Todos los materiales y productos que se necesitan para el bienestar de los seres humanos en la sociedad vienen de la Tierra. Desde los elementos más básicos como son los alimentos y el agua, la vestimenta y la vivienda, hasta los más complejos, tales como automóviles, aviones y todos los elementos tecnológicos: televisores, aparatos telefónicos, sistemas de calefacción y refrigeración, computadoras, etc., siendo la lista mucho más extensa.

La obtención de cada material o producto supone el uso de muchos otros materiales, así como fuentes de energía que permiten la obtención de productos finales.

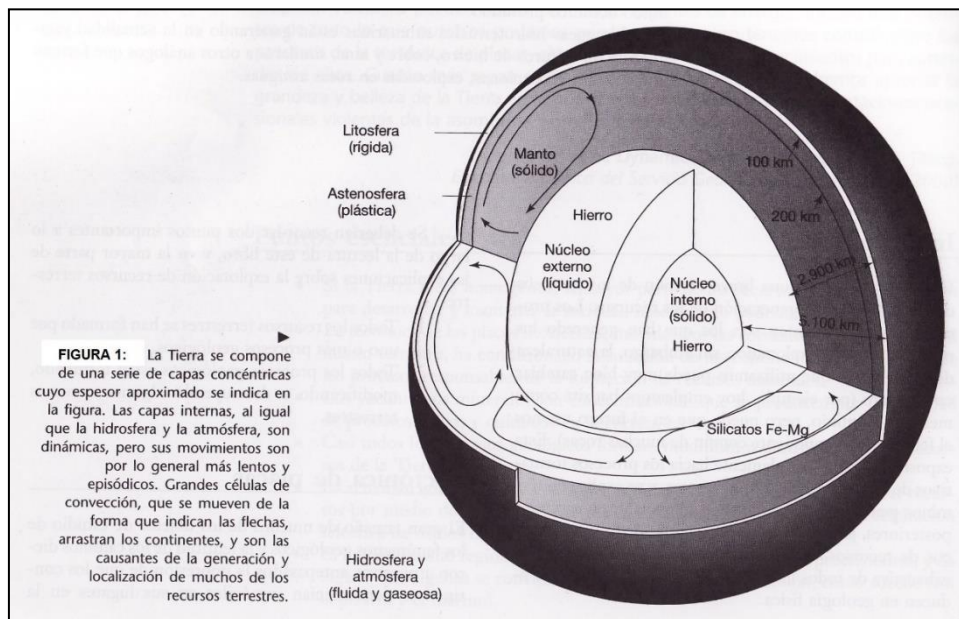
Se debe ser plenamente consciente de que todos los recursos que se necesitarán a mediano y largo plazo han de encontrarse en nuestro planeta, y por lo tanto, todos los impactos ambientales asociados con la extracción, utilización y eliminación de estos recursos afectarán la vida de los seres humanos. Se debe comprender también que se está implicado en una red compleja e interdependiente, en que las acciones a menudo implican consecuencias que van mucho más allá de lo obvio e inmediato.

II. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA TIERRA

La distancia de la superficie de la Tierra a su centro es de 6.400 km. La parte central de la Tierra, el núcleo, empieza a un poco menos de la mitad del trayecto de la superficie al centro. El núcleo interno es una esfera sólida maciza de unos 1.200 km de diámetro, constituida por hierro con algo de níquel, y con una temperatura de hasta 4.300 °C, pero no es líquido porque la presión evita la fusión.

El núcleo externo, que rodea al interno, sí es líquido, con una temperatura de 3.700 a 4.300 °C, con presiones bajas que permiten la fusión. El núcleo externo se extiende de 2.900 a 5.200 km de profundidad, pero su base se eleva gradualmente a medida que más de él se convierte en núcleo interno. Los núcleos interno y externo constituyen el 31% de la masa y el 16% del volumen de la tierra.

El núcleo de la tierra está rodeado por una zona envolvente gruesa y sólida llamada manto, que empieza a una profundidad de 7 a 65 Km. Constituye el 82% del volumen de la tierra y el 68% de su masa. Al igual que en el núcleo, el hierro es el componente principal, pero el oxígeno, el silicio y el magnesio también se hallan presentes. La parte más externa del manto es rígida y fuerte, pero las condiciones de presión y temperatura entre los 100 y 200 km son tales que la roca es capaz de fundirse, y tal vez del 1 al 10% es líquida. En esta zona las ondas sísmicas se desaceleran, y por ello se denomina zona de baja velocidad (Figura 1).



II.1 Corteza

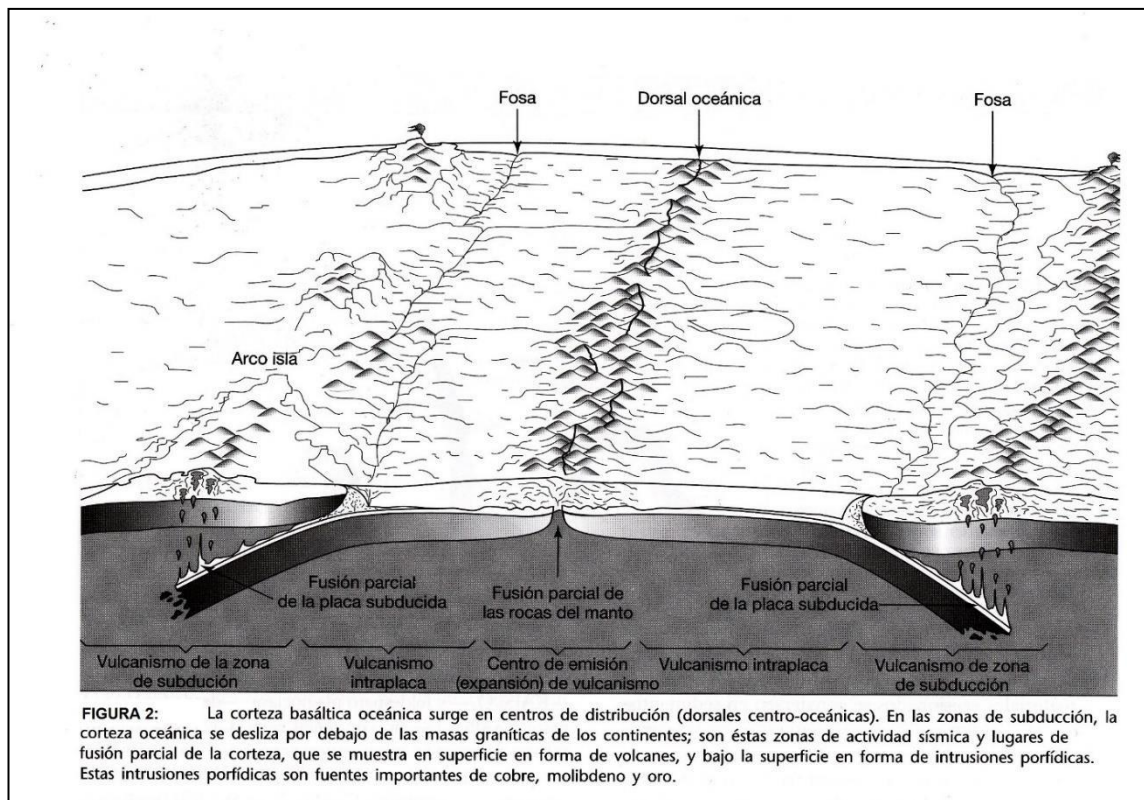
La corteza es la parte de la tierra que más se conoce. Es la más delgada de las zonas componentes de la tierra y constituye el 2% del volumen del planeta y el 1% de su masa. Se halla compuesta de dos categorías de material: la corteza oceánica y la corteza continental. Cerca del 71% de la superficie de la tierra es corteza oceánica, que es un conjunto de regiones bajas con 7 km de espesor, que constituyen la cavidad que aloja gran parte del agua de la Tierra que forma los océanos. También existe un relieve oceánico que se extiende por todos los mares y se constituye como un sistema de cordilleras.

La corteza continental es más alta y gruesa que la oceánica, de hasta 65 km, de espesor bajo las altas cordilleras, con un promedio de 35 km de espesor. Su roca tiene una densidad más baja que la de la corteza oceánica, y los continentes se hallan formados por cadenas de montañas y cratones, que son la parte no montañosa del continente, y en la cual los montes originales han sido erosionados. La plataforma continental es la parte de un cratón que está cubierta por el mar.

II.2 Procesos internos. Tectónica de placas

A partir de los años 60 del siglo XX surge la teoría de tectónica de placas aportando una nueva comprensión de la tierra y de las fuerzas que actúan dentro de ella. Esta teoría asume que la corteza terrestre consiste en un cierto número de “placas” de formas diversas y que las mismas han cambiado lentamente de dimensiones y de orientación a lo largo de los tiempos geológicos. La ubicación de los volcanes y los sitios donde se producen terremotos están asociados a estas placas.

La tierra se libera del calor en su interior por medio de la generación de grandes células de convección dentro del manto. Estas células trasladan el calor hacia la superficie, liberando una parte de él en el volcanismo, en las zonas de ascenso o separación de placas (llamadas *bordes divergentes de placas tectónicas*), como en las dorsales oceánicas. A medida que los nuevos magmas son empujados hacia arriba, las rocas volcánicas jóvenes, recientemente enfriadas, que constituyen las placas se mueven lateralmente, alejándose del borde. En otras zonas de borde, llamadas *zonas de subducción*, las rocas enfriadas se hunden de nuevo en el manto (Figura 2).



III. LOS RECURSOS MINERALES

La distribución de los recursos de la tierra ha sido controlada por dos condicionantes principales:

- Los procesos de la tectónica global de placas, que establecieron los fenómenos geológicos más importantes (por ejemplo zonas de subducción) y tipos de rocas (por ejemplo granitos, basaltos).
- Los procesos locales que dieron como resultado la formación de los yacimientos (por ejemplo los fluidos producidos por las rocas ígneas; ciénagas locales en las que se acumula la materia orgánica).

Existe una relación entre los recursos y los procesos geológicos locales que les dieron origen. Existen muchas formas de clasificar estos procesos, una sería la siguiente:

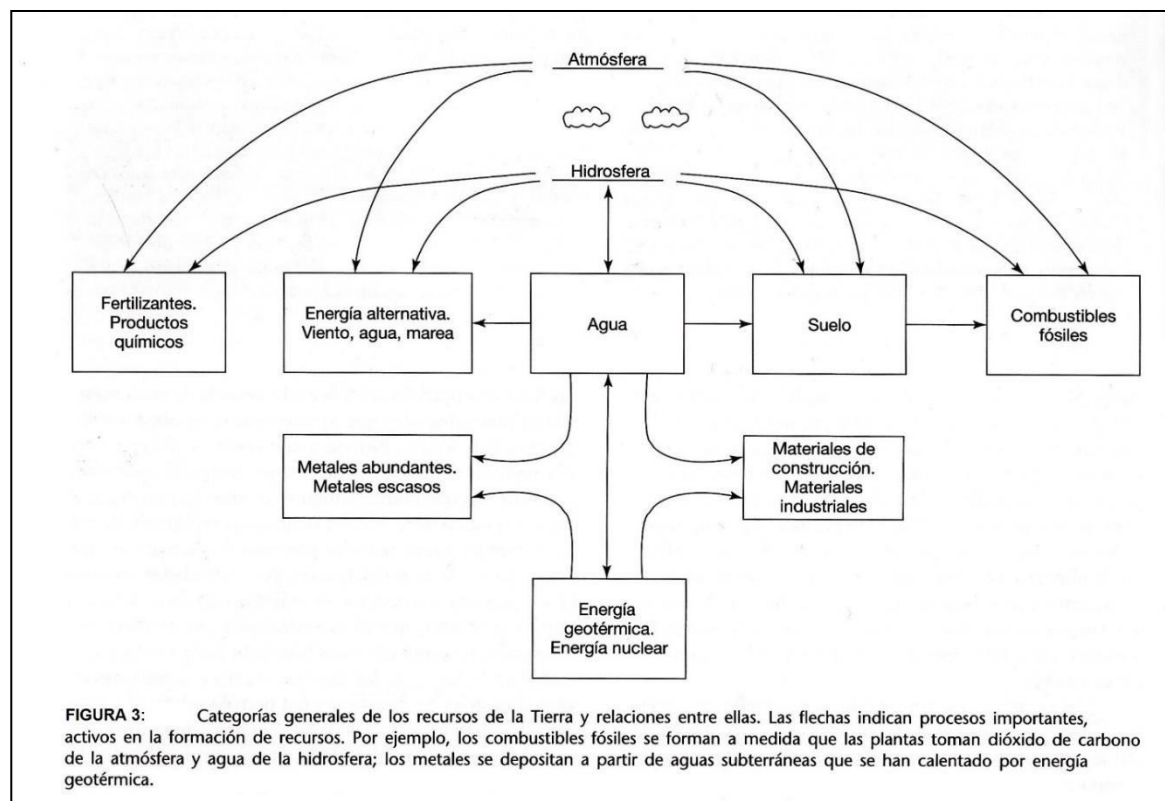
- Procesos ígneos y metamórficos del interior de la tierra (endógenos).
- Procesos que se producen en la superficie terrestre (exógenos).
- Procesos subterráneos o someros y diagenéticos.
- Procesos marinos.

Estas divisiones son de alguna manera arbitrarias y por lo general en la génesis de un recurso tiene lugar más de un proceso.

Los recursos minerales son sustancias naturales, sólidas, homogéneas, inorgánicas u orgánicas, de composición química definida. Existen naturalmente en o sobre la corteza de la Tierra, en tal forma y cantidad que su extracción y su conversión a materiales útiles, son actualo potencialmente provechosas. Los procesos internos y externos de la Tierra han producido numerosos recursos minerales, que por lo común son en esencia no renovables debido a la lentitud del ciclo de rocas.

Los recursos no renovables comprenden los recursos energéticos, como el carbón, el petróleo, el gas natural y el uranio; los recursos minerales metálicos, como el hierro, el cobre,

el aluminio, etc., y los recursos minerales no metálicos, como la sal, el yeso, la arcilla, la arena, los fosfatos, el agua, el suelo, y las rocas minerales. (Figura 3).



III.1 Recursos y reservas minerales.

Los términos recurso y reserva suelen causar grandes confusiones, incluso llegan a utilizarse como sinónimos.

Recurso mineral: es la concentración de un material sólido, líquido o gaseoso natural, en la corteza terrestre, de forma y cantidad suficiente para que su explotación presente o potencial resulte económicamente posible.

Reserva mineral: es un subconjunto del recurso mineral medido e indicado y que es extraíble de acuerdo a un plan minero sustentable técnica y económicamente, inserto en un escenario productivo

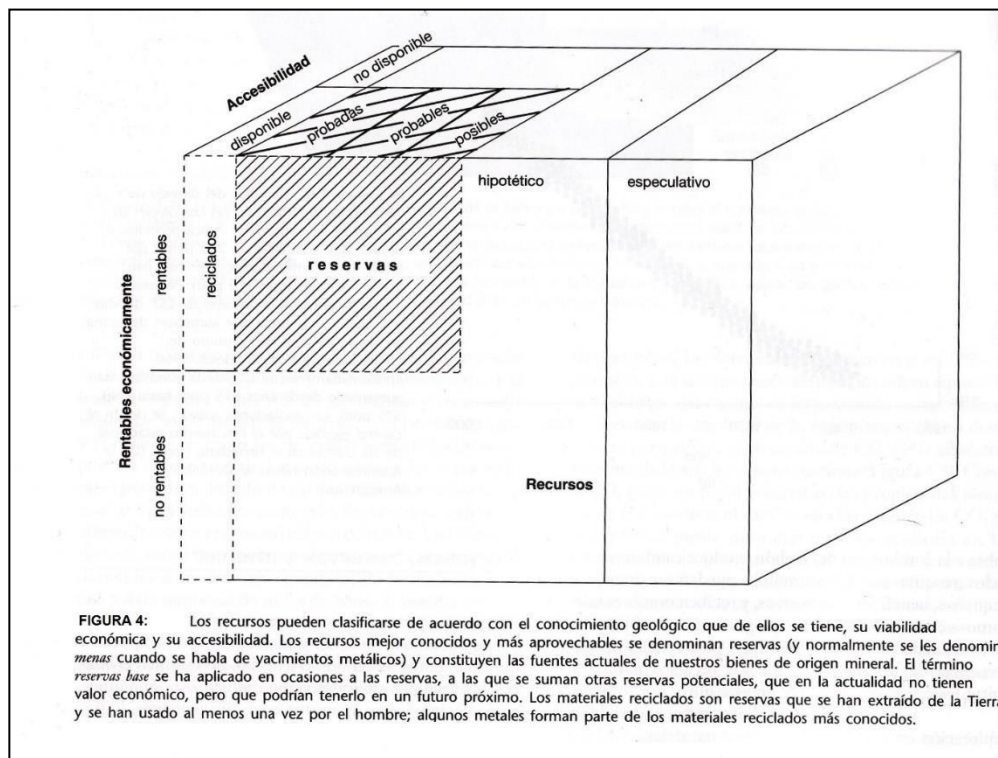
Desde el punto netamente geológico los recursos se subdividen en:

- a) **Recursos identificados:** son depósitos de un material particular que contiene un mineral, y que posee localización, cantidad y calidad que son conocidos o estimados a partir de evidencia geológica directa y de mediciones. De acuerdo al grado de certeza que se tenga los recursos identificados pueden ser:
 - *Probados:* están bien establecidos los volúmenes y tonelajes
 - *Probables:* las estimaciones de volúmenes y tonelajes se basan en datos menos precisos
 - *Posibles:* Se asume que el yacimiento se prolonga más allá de las reservas conocidas.
- b) **Recursos No descubiertos:** son reservas potenciales de un mineral particular. Se cree que existen bajo la base del conocimiento y la teoría geológica, aunque sus localizaciones específicas, calidad y cantidades son desconocidas.

Las cantidades de reservas en un momento dado son bien conocidas, pero cambian continuamente; disminuyen a medida que avanza la explotación, pero aumentan a medida que

se hacen nuevos descubrimientos o que mejora la tecnología. También aumentan cuando se incrementa el valor de mercado del producto mineral, y disminuyen cuando cae este valor.

En el caso de las reservas minerales en forma de combustibles fósiles, una vez que son quemados, desaparecen para siempre. La energía de alta calidad que contienen no puede ser recuperada y reciclada. Las reservas de recursos minerales también son finitas y no renovables en la escala humana del tiempo, sin embargo, los abastecimientos se pueden extender por reciclamiento y reutilización si los elementos o productos que originan no están tan ampliamente dispersos que sea demasiado caro colectarlos.

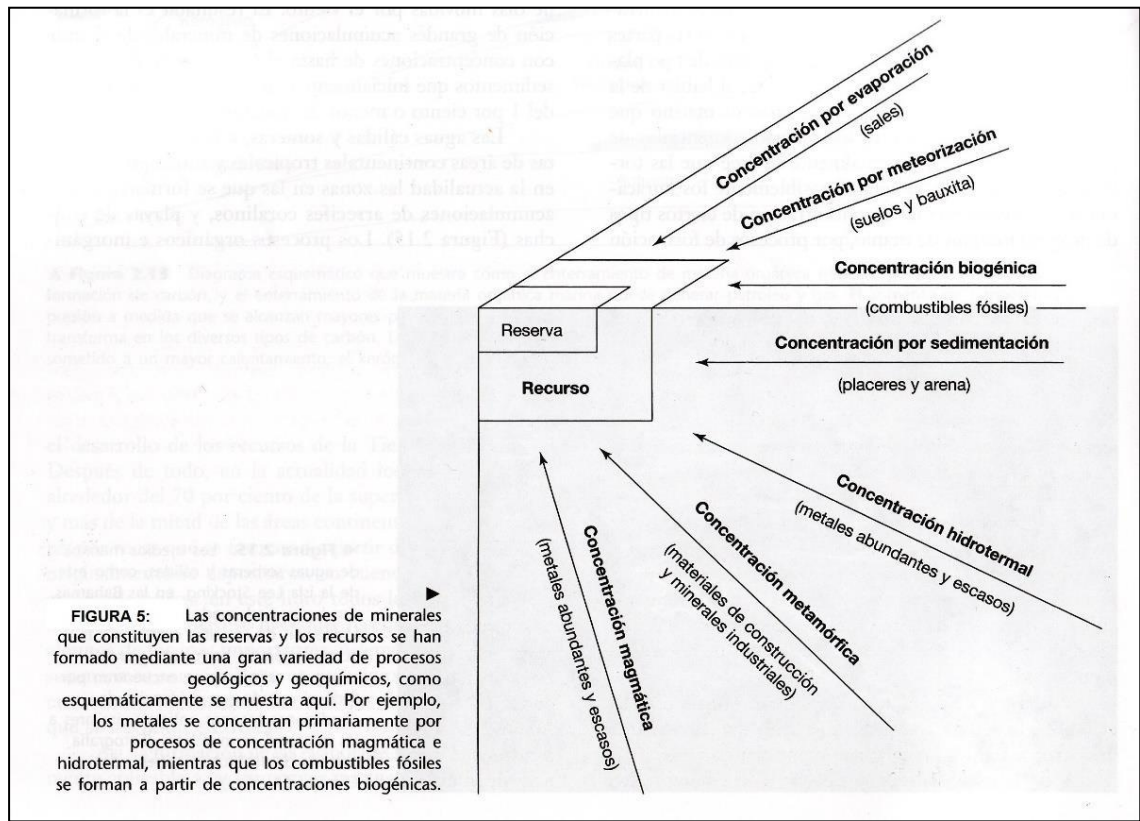


III.2 Formación y concentración de los recursos minerales

La razón por la que algunos elementos parecen más abundantes de lo que realmente son en la corteza terrestre, es que procesos de acción lenta, poco frecuentes o localizados, los concentraron selectivamente. Por ejemplo, el cobre constituye el 0,0058% en masa de la corteza, y su mineral debe contener 0,5% de ese metal, es decir 86 veces (0,5/0,0058) su abundancia media en la corteza. El mineral de aluminio debe tener solamente 3,7 veces la abundancia media en la corteza. El oro en su mineral debe estar concentrado 1.600 veces su promedio en la corteza terrestre, y el mercurio 100.000 veces (Figura 5).

Esta limitada e irregular concentración de los recursos metálicos no renovables, plantea serias cuestiones acerca de la conveniencia de extraer depósitos concentrados, y luego en desuso, “esparcirlos” sobre los campos en forma de rellenos sanitarios, vertederos de chatarra de otros modos.

En vez de eso deben considerarse los objetos fuera de uso, elaborados con estos materiales metálicos y no metálicos no renovables, como recursos potenciales que se deben reciclar y reutilizar para reducir el uso de energía, la extracción de minerales vírgenes, la contaminación y el volumen de los desechos.



IV. SUELO

El suelo es el substrato imprescindible de la vida en el medio terrestre. En él se sujetan y de él se nutren las plantas, de cuya producción dependen los demás niveles del ecosistema. Parte fundamental del suelo son las grandes cantidades de hongos, algas, bacterias y minúsculos animales que realizan tareas básicas en el ecosistema, tal como cerrar los ciclos de los elementos o descomponer los restos orgánicos. El suelo es, en sí mismo, un complejo ecosistema.

Biomás terrestres y marinos: Ente los diferentes biomas terrestres se encuentran: tundra, taiga, bosques templados y tropicales, estepas, matorrales. Su distribución en la superficie de la Tierra está condicionada por el clima y forman un gran mosaico de estilos de vida que recubre los continentes.

En los océanos y sus diversas zonas la profundidad, cercanía a la costa, movimientos de las corrientes marinas, etc. determinan diferentes ecosistemas con funcionamientos muy distintos entre sí.

El suelo es una parte fundamental de los ecosistemas terrestres. Contiene agua y elementos nutritivos que los seres vivos utilizan.

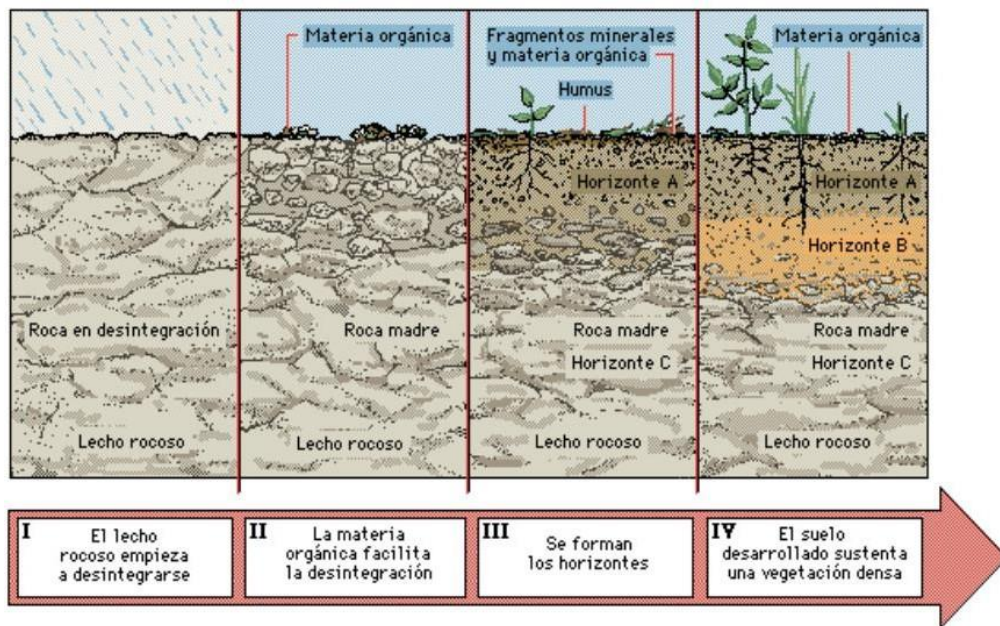
IV.1 Origen y formación

Los suelos tienen su origen en los macizos rocosos preexistentes que constituyen la roca madre, sometida a la acción ambiental disgregadora de la erosión en sus tres facetas: física, química y biológica.

La formación de los suelos es consecuencia de un largo proceso en el que interviene el **clima, los seres vivos y la roca** más superficial de la litosfera. Este proceso es una sucesión ecológica en la que va madurando el ecosistema suelo. La roca es meteorizada por los agentes meteorológicos (frío/calor, lluvia, oxidaciones, hidrataciones, ente otras) que la fragmentan. Los fragmentos de roca se entremezclan con restos orgánicos: heces, organismos muertos o en descomposición, fragmentos de vegetales, pequeños organismos que viven en el suelo. Con el paso del tiempo todos estos materiales se van estratificando y terminan por formar lo que llamamos suelo.

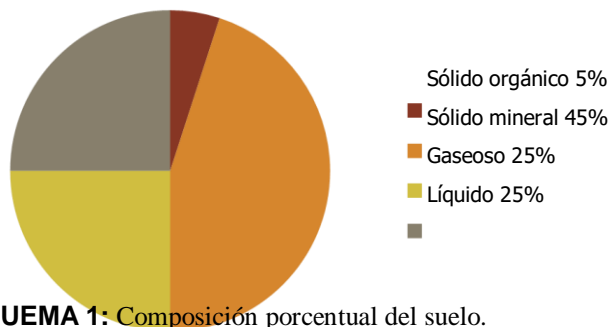
Siempre se forman suelos muy parecidos en todo lugar en el que las características de la roca y el clima sean similares. El clima influye más en el resultado final que el tipo de roca y, conforme va avanzando el proceso de formación y el suelo se hace más evolucionado, menos influencia tiene el material original que formaba la roca y más el clima en el que el suelo se forma.

FIGURA 6: Formación de los horizontes de suelo con el pasar del tiempo.



IV.2 Composición

En el suelo encontramos materiales procedentes de la roca madre fuertemente alterados, seres vivos y materiales descompuestos procedentes de ellos, aire y agua (Esquema 1). Las múltiples transformaciones físicas y químicas que el suelo sufre en su proceso de formación llevan a unos mismos productos finales característicos en todo tipo de suelos: arcillas, hidróxidos, ácidos húmicos, etc.; sin que tenga gran influencia el material originario del que el suelo se ha formado.



ESQUEMA 1: Composición porcentual del suelo.

a) Fracción mineral

La fracción mineral del suelo puede presentar distinta granulometría (Tabla 1) y composición.

Tabla 1. Granulometría del suelo

Grava	4 a 64 mm
Arena gruesa	0,2 a 2 mm
Arena fina	0,02 a 0,2 mm
Limo	0,002 a 0,02 mm
Arcilla	< 0,002 mm

Respecto a su naturaleza química, como resultado de los procesos de formación que originan el suelo, la fracción de las arcillas está formada, principalmente, por silicatos con aluminio y hierro (caolinita, montmorillonita) y las arenas son, sobre todo, granos de cuarzo con algunas micas. El pequeño tamaño de los granos de arcilla hace que esta fracción del suelo tenga una gran superficie por unidad de masa (1 g de arcilla suma de 25 a 900 m² de superficie). Esto tiene importantes consecuencias porque facilita fenómenos que necesitan una gran superficie para producirse, como absorciones, algunas reacciones químicas, retención de agua. Otra propiedad característica de la arcilla es que fluye cuando se encuentra sometida a presión por lo que las laderas arcillosas tienen deslizamientos con facilidad.

De acuerdo a su composición, el suelo presenta variabilidad en sus propiedades (Tabla 2):

Tabla 2. Propiedades del suelo según su composición

	Arenoso	Arcilloso	Calizo
Permeabilidad	Alta	Nula	Media
Almacenamiento de agua	Poco	Mucho	Poco
Aireación	Buena	Mala	Buena
Nutrientes	Pocos	Muchos	Mucho calcio

b) Fracción orgánica

En todo suelo hay materia orgánica, llamada humus. En un suelo del desierto puede estar en una proporción del 1%, mientras que en la turba la proporción llega al 100%. Una cifra media común a bastantes suelos sería la de un 5% (2% de carbono). El humus se encuentra, en su mayor parte, adherido a la arcilla.

Esta fracción está formada por restos de organismos muertos, excreciones, y otros componentes tan profundamente transformados que ya no puede advertirse normalmente su estructura original.

Su composición química es muy variada, pero como conforme pasa el tiempo los productos orgánicos, que son más fácilmente degradables van desapareciendo, al final van quedando en mucha más proporción las moléculas orgánicas con enlaces resistentes a la degradación biológica (Ej. moléculas aromáticas con abundancia de ciclos y anillos, fenoles, funciones ácidas).

El proceso de formación del suelo termina por estructurar a los materiales en unos estratos o capas característicos a los que se denomina horizontes. El conjunto de estos horizontes da a cada tipo de suelo un perfil característico. Tradicionalmente estos horizontes se nombran con las letras A, B y C, con distintas subdivisiones: A0, A1, ... (Figura 7).

Sus características son:

- El horizonte A0 es el más superficial y en él se acumulan hojas, restos de plantas muertas, de animales.

- El horizonte A acumula el humus por lo que su color es muy oscuro. El agua de lluvia lo atraviesa, disolviendo y arrastrando hacia abajo iones y otras moléculas. A esta acción se le llama lavado del suelo y es mayor cuando la pluviosidad es alta y la capacidad de retención de iones del suelo es baja (suelos poco arcillosos). En los climas áridos el lavado puede ser ascendente, cuando la evaporación retira agua de la parte alta del suelo, lo que provoca la llegada de sales a la superficie (salinización del suelo).
- El horizonte B acumula los materiales que proceden del A.
- El horizonte C está formado por la roca madre más o menos disgregada.

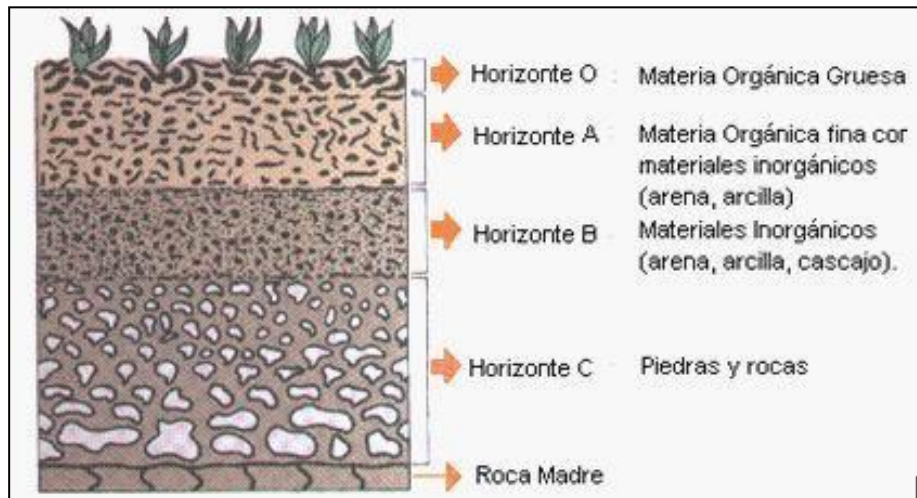


FIGURA 7: Horizontes de suelo

IV.3 Tipos de suelos

En los suelos más simples, como pueden ser los de la alta montaña, las zonas árticas o los desiertos, sólo hay horizonte C. Otros suelos tienen horizontes A y C pero no B; y por último, están los que poseen los tres horizontes bien caracterizados.

IV.4 Organismos vivos en el suelo

En el suelo viven una gran cantidad de bacterias y hongos, tantos que su biomasa supera, normalmente, a todos los animales que viven sobre el suelo.

En la zona más superficial, iluminada, viven también algas, sobre todo diatomeas. También se encuentran pequeños animales como ácaros, colémbolos, cochinillas, larvas de insectos, lombrices, etc.



FIGURA 8: Organismos que pueden encontrarse en los suelos

Las lombrices tienen un especial interés. Son, dentro de la fauna, las de mayor presencia de biomasa y cumplen un importante papel estructural, pues sus galerías facilitan el crecimiento de las raíces y sus heces retienen agua y contienen importantes nutrientes para las plantas (Figura 8).

V. DEGRADACIÓN Y CONTAMINACIÓN DEL SUELO

De la naturaleza se obtienen los alimentos y a la naturaleza se devuelven los residuos que generamos con nuestra actividad. La energía que empleamos la obtenemos, en su mayoría, de la combustión de reservas de compuestos de carbono (petróleo, carbón, gas) almacenados por el trabajo de los productores del ecosistema a lo largo de muchos millones de años. Dado el número de individuos y la capacidad de acción que se tiene en estos momentos la influencia que se ejerce sobre la naturaleza es enorme.

La biomasa humana es del orden de cienmilésimas (10^{-5}) de la total de la biosfera, pero, cualitativamente, su influencia es muy fuerte. Se explica en lo que sigue las acciones humanas que más influyen en el funcionamiento de los ecosistemas.

V.1 Urbanización y crecimiento urbano

Las condiciones económicas, ambientales y sociales son afectadas no sólo por el crecimiento de la población y la estructura de edad, sino también por la forma en que está distribuida la población geográficamente en áreas rurales y urbanas. El suministro de recursos para sustentar las áreas urbanas es una causa principal de la degradación de bosques, tierras de cultivos, pastizales, cuencas y otras áreas no urbanas. Las áreas urbanas también concentran contaminantes, algunos de los cuales son transportados por el viento y el agua a las zonas rurales y a otras áreas urbanas. Un área urbana a menudo se define como una ciudad con una población de más de 2.500 personas, aunque algunos países establecen el mínimo en 10.000 a 50.000.

La urbanización de un país está dada por el porcentaje de su población que vive en un área urbana. El crecimiento urbano es la tasa de aumento de las poblaciones urbanas. Las mismas crecen de dos maneras: por crecimiento natural (más nacimientos que decesos) y por inmigración (especialmente desde las áreas rurales). Generalmente, el desarrollo económico tiende a atraer gente que busca trabajo y una vida mejor en las áreas urbanas.

Las personas son atraídas hacia las áreas urbanas principalmente en busca de trabajo y una vida mejor, pero otros factores son que la agricultura moderna mecanizada disminuye la necesidad de la labranza tradicional y permite a los propietarios de grandes extensiones de tierra comprar a los agricultores de subsistencia de pequeña escala que no pueden tener medios para modernizarse: sin trabajo y sin tierra estas personas se ven forzadas a irse a las ciudades.

Otro factor importante del crecimiento urbano es que las políticas de gobierno distribuyen la mayor parte del ingreso y los servicios sociales a los habitantes urbanos a expensas de los habitantes rurales.

Así en muchos países emergentes donde el 70% de la población es rural, sólo un 20% del presupuesto nacional va al sector rural, emigrando la población rural a las ciudades, y donde los muy afortunados obtienen trabajos de largas horas y sueldos bajos, y a veces obligados a vivir en las calles.

En el mundo hay una cantidad muy grande de personas que carecen de vivienda, y se considera que la mayoría de estas personas son habitantes de villas inestables o de terrenos usurpados, cifra que podría crecer exponencialmente durante el siglo XXI. En estos asentamientos ilegales, se carece generalmente de servicios de saneamiento, agua potable, electricidad, atención médica, escuelas, trabajos.

La acción del hombre sobre el planeta ha sido tan notable, especialmente en el último siglo, que se puede afirmar que no existe ecosistema que no esté afectado por su actividad. Desde hace milenios el hombre ha explotado y modificado la naturaleza para subsistir, pero en los últimos decenios además ha producido miles de sustancias nuevas que se han difundido por toda la atmósfera, la hidrosfera, los suelos y la biosfera.

V.2 Agricultura y ganadería

Cuando se cultivan los campos, se talan los bosques, se pesca o se cría ganado, se "explota" al resto de la naturaleza y se provoca su "regresión" en el sentido ecológico; es decir, el ecosistema se rejuvenece y deja de seguir el proceso de sucesión natural.

Los ecosistemas tienden naturalmente al incremento de estructura y complejidad, disminuyendo su producción neta cuando están maduros. El hombre, por el contrario, intenta obtener el máximo rendimiento del ecosistema, por lo que le interesa mantenerlo en etapas juveniles en las que la productividad neta es mayor. En las actividades agrícolas y ganaderas se retira biomasa de los ecosistemas explotados y se favorece a las especies oportunistas (frecuentemente monocultivos), lo que disminuye la diversidad de especies del primitivo ecosistema. También se disminuye la diversidad eliminando otros animales competidores (roedores, lobos, aves, entre otros) mediante actividades como la caza y el uso de venenos.

El trabajo agrícola afecta también al ecosistema suelo. Al arar, por ejemplo, se mezclan los horizontes del suelo y se rompe la estructura para liberar nutrientes que puedan usar las plantas. Por otra parte al recoger la cosecha no se devuelve al suelo los nutrientes y hay que abonar para obtener nuevas cosechas. La agricultura moderna consume combustibles fósiles (petróleo) a cambio de alimentos, pues hay que usar gran cantidad de energía para fabricar fertilizantes y pesticidas, trabajar la tierra, sembrarla, recoger la cosecha, y otras actividades agrícolas.

La mayoría de las mejores tierras agrícolas del mundo ya han sido objeto de explotación. El suministro de alimentos para una población doble de la actual exigirá el uso de tierras de productividad marginal, más fertilizantes, un aumento del riego y más cosechas de ingeniería genética. Al mismo tiempo, existe una gran preocupación sobre la pérdida de suelo por erosión; en muchos lugares, la pérdida de suelo agrícola se debe a otros factores, tales como la construcción de carreteras, edificios, parcelaciones y grandes superficies. El que las tierras decultivo suministren alimento suficiente para la creciente población mundial y resuelvan las necesidades cada vez mayores de una población en expansión puede llegar a ser el mayor desafío del siglo XXI.

V.3 Obtención de energía y materias primas.

La explotación del petróleo y del gas, la minería del carbón y del resto de minerales y el transporte de materias primas y productos terminados suponen también, un fuerte impacto sobre los ecosistemas. Traen consigo carreteras, grandes movimientos de tierra, sobre todo en la minería a cielo abierto, concentración y producción de sustancias tóxicas.

V.4 Generación de residuos

El vertido de residuos es otra fuente de impacto sobre la naturaleza que puede causar graves daños a los seres vivos. Hablamos de contaminación para referirnos a estos cambios de las condiciones del ecosistema.

El hombre siempre ha confiado en los sistemas naturales para absorber el impacto de sus residuos y los ha vertido al aire, ríos, mares y al suelo. La capacidad de la naturaleza para reciclar los materiales, diluir los tóxicos y limpiar el aire y el agua es muy grande, pero la actividad industrial genera tanta variedad y cantidad de contaminación que sobrepasa la capacidad equilibradora y depuradora de los sistemas (suelo, agua, atmósfera).

Especial interés tienen los compuestos que, como el DDT (ya de uso prohibido) se fue acumulando en la cadena trófica y llegó a alcanzar concentraciones muy altas en los tejidos de los consumidores secundarios o terciarios, provocando importantes alteraciones en su metabolismo.

Los miles de nuevos productos químicos sintetizados en los últimos decenios tienen especial interés, porque al ser muchos de ellos moléculas que no existían antes son, en ocasiones, difíciles de metabolizar y reciclar por la naturaleza.

V.5 Actividad Industrial

La contaminación del suelo por actividad industrial dependerá del tipo de industria de que se trate y sus sistemas de gestión ambiental. A modo de ejemplo en la Tabla 3, se indican algunos contaminantes.

Tabla 3. Contaminantes por actividad industrial

Tipo de industria	Contaminantes del suelo
Asfalto/alquitrán	Fenoles, aceites minerales, PAHs, BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno, xileno)
Chatarrerías	Plomo, cobre, níquel, cadmio, aceites minerales
Fundiciones, acerías	As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn, Mo, cianuros, sulfuros, aceites, fenoles, BTEX, disolventes clorados
Industria de la madera	Cr, Cu, Ni, Fluoruros, aceites minerales, creosotas, plaguicidas, fenoles
Pinturas/ Lacas	Disolventes, As, Cr, Cd, Co, Mo, Pb, Se, Zn, estaño, plata, fosfato, sulfuros cianuros fluoruros

V.6 Desertificación y deforestación

Desertificación es un término utilizado en los últimos años para describir la transformación de una tierra agrícola productiva en un desierto. Aunque las prolongadas sequías son la causamás evidente de la desertificación, estudios recientes muestran que el ser humano es también responsable. La desertificación puede haber sido causada por el sobrepastoreo, por la tala intensiva de madera, el abuso de la tierra, la mala administración del suelo y del agua y, en general, por la alteración del paisaje. En cuanto a su extensión, la desertificación puede ser ligera a severa y conduce al descenso de la producción de la tierra y a la degradación del medioambiente.

La conservación del suelo se relaciona con el esfuerzo por hacer mínima la erosión del mismo, minimizar también la pérdida de nutrientes por lixiviado y prevenir la acumulación excesiva de sales o álcalis por medio del control del drenaje y la reposición de nutrientes que fueron extraídos durante el cultivo.

Como corolario, el suelo es desprovisto de árboles y otras coberturas, también hay un exceso de plantación y sobreexplotación agrícola. En general no se tienen en cuenta prácticas adecuadas de fertilización, irrigación y rotación de cosechas; además de todo eso, se vende n propiedades con suelo agrícola para desarrollar los núcleos urbanos.

VI. REMEDIACIÓN DE SUELOS

Los sitios contaminados, causados principalmente por la actividad humana, representa para la mayoría de los países un desafío ambiental y económico que puede alcanzar importantes proporciones, y para asegurar el desarrollo sustentable y la competitividad de los sectores productivos se ha desarrollado una batería de herramientas y tecnologías.

Las medidas de remediación y las tecnologías de tratamiento a aplicar dependerán de los riesgos para la salud y el medio ambiente detectados, así como de los usos futuros que se asignen a las áreas que se espera recuperar.

La remediación se puede llevar a cabo para cumplir alguno o ambos de los siguientes objetivos: a) Eliminar la fuente de contaminación reducir la concentración de las sustancias peligrosas existentes en un medio, b) Cortar la ruta de interacción entre los receptores con la fuente a través de la confinación de los contaminantes, para impedir que éstos se movilen y lleguen a los receptores.

Las tecnologías de remediación normalmente pueden agruparse en función de sus características de operación o finalidad, según los siguientes criterios:

- Objetivo de la remediación
- Lugar en que se aplica el proceso de remediación
- Tipo de tratamiento utilizado.

La Figura 9 muestra diferentes tipos de remediación.

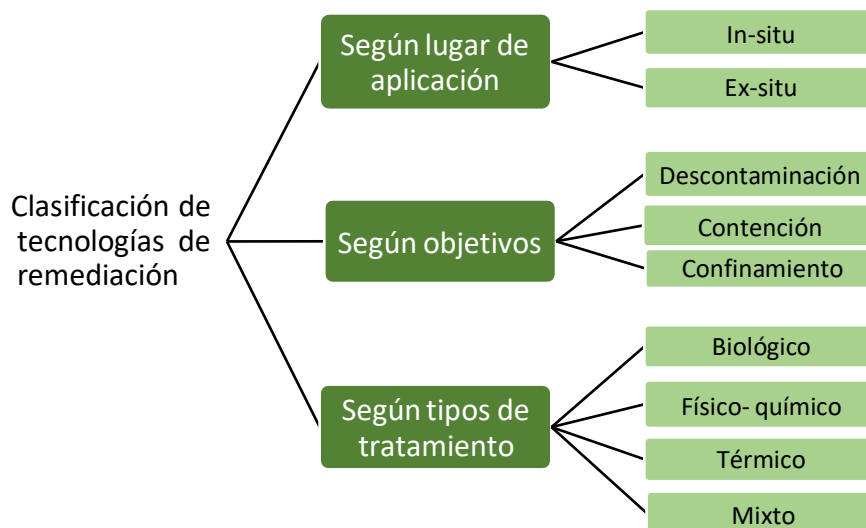


FIGURA 9. Tipos de remediación

Según el lugar de realización de la remediación, puede ser:

- ✓ **In situ.** Son las aplicaciones en las que el suelo contaminado es tratado, o bien, los contaminantes son removidos del suelo contaminado, sin necesidad de excavar el sitio. Es decir, se realizan en el mismo sitio en donde se encuentra la contaminación.

- ✓ **Ex situ.** La realización de este tipo de tecnologías, requiere de excavación, dragado o cualquier otro proceso para remover el suelo contaminado antes de su tratamiento que puede realizarse en el mismo sitio (on site) o fuera de él (off site).

Según objetivos de la remediación, se denomina:

- ✓ **Contención:** aíslan el contaminante en el medio, sin actuar sobre él.
- ✓ **Confinamiento:** se actúa mediante la alteración de las condiciones fisicoquímicas del medio reduciendo la movilidad del contaminante
- ✓ **Descontaminación:** enfocadas en la disminución o eliminación de la concentración de contaminantes presentes en el medio.

Según la estrategia de tratamiento del suelo

- ✓ **Tratamientos biológicos** (biorremediación). Utilizan las actividades metabólicas de ciertos organismos (plantas, hongos, bacterias) para degradar, transformar o remover los contaminantes.
- ✓ **Tratamientos fisicoquímicos.** Utilizan las propiedades físicas y/o químicas de los contaminantes o del medio contaminado para destruir, separar o contener la contaminación.
- ✓ **Tratamientos térmicos.** Utilizan calor para incrementar la volatilización (separación), descomponer o fundir (inmovilización) los contaminantes en un suelo.

A modo de ejemplo se indicará en clase un Estudio de caso: “Reinserción de un antiguo basural para uso agrícola en la provincia de Mendoza, Argentina” y esta publicación quedará subida al aula abierta.

VII. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

Hasta épocas recientes no ha habido una conciencia clara sobre el problema que se genera en el proceso de transformación de las materias primas en un producto de consumo y la consiguiente etapa final de transformación de producto en residuo, una vez finalizada su vida útil. Desde este enfoque, los residuos pueden considerarse como subproductos “sin valor” de la actividad humana. Físicamente contienen los mismos materiales del producto del cual provienen, y en muchos casos la desvalorización está relacionada a la composición mixta y desconocida de los residuos.

El concepto de residuo se refiere a toda sustancia u objeto generado por una actividad humana productiva o de consumo, que no resulta útil para su poseedor y por la cual tenga la intención, o bien la obligación de desprenderse (Elías Ed., 2009a).

Los sistemas practicados anteriormente: dejarlos a cielo abierto y quemarlos, enterrarlos o verterlos al mar, río o lago, ya no son admisibles. Hoy el problema de la recogida y eliminación del residuo sólido domiciliario, no solo representa mayor costo para la sociedad, sino que constituye una de las formas de deterioro del medio ambiente. Se plantean entonces los siguientes interrogantes:

- . Como prevenir la generación de residuos
- Cómo recoger los residuos
- Cómo tratarlos
- Dónde y cómo depositarlos.

En general, analizados los factores que han incrementado de manera alarmante el problema de los residuos sólidos urbanos, se pueden señalar cuatro causas principales.

- El rápido crecimiento demográfico
- La concentración de la población en los centros urbanos
- La utilización de bienes materiales de rápido envejecimiento y deterioro

- El uso cada vez más generalizado de envases sin retorno.

Los problemas que podríamos llamar directos, originados por los residuos sólidos urbanos cuya gestión no es correcta son los siguientes:

- La presencia de residuos abandonados en las carreteras, parques, calles, terrenos, deterioran el paisaje.
- Los depósitos incontrolados de residuos urbanos, debido a su gran contenido de materia orgánica putrescible, producen al fermentar olores muy molestos.
- Los residuos fermentables son fácilmente autoinflamables, y suelen producir incendios que provocan humos malolientes, opacos y nocivos. Estos incendios donde la combustión es incompleta, ocasionan una contaminación atmosférica muy desagradable para la vecindad y en ocasiones peligrosas para la circulación.
- Un vertido de residuos en terreno, sin ningún tipo de control presenta un grave riesgo de contaminación de las aguas tanto superficiales como subterráneas, con el consiguiente peligro para la salud si son utilizadas para el abastecimiento de agua potable a la población.
- Los residuos orgánicos favorecen la existencia de gran cantidad de roedores, insectos y otros vectores, que son agentes portadores de enfermedades y algunas contaminaciones bacterianas.

VI.1 Clasificación de residuos sólidos urbanos

Considerando los distintos **orígenes de generación** dentro del núcleo urbano, los residuos presentan características diferentes y se puede agrupar de la siguiente manera:

Residuos domiciliarios: Proceden de las distintas actividades diarias de la comunidad. Se presentan en dimensiones manejables y generalmente en recipientes más o menos normalizados (bolsas, contenedores).

Residuos voluminosos: Son materiales de desecho de origen domésticos que por su forma, tamaño, volumen o peso son difíciles de ser recogidos y/o transportados por los servicios de recogida convencionales. Tal es el caso de electrodomésticos, muebles, colchones.

Residuos comerciales: Están constituidos por los residuos de la actividad de los diferentes circuitos de distribución de bienes y consumo. Son esencialmente embalajes, residuos orgánicos de mercados, y todo aquel derivado del sector servicios.

Residuos de construcción y demolición (RCD): Proceden de obras de construcción, reparación o demolición de pequeñas obras.

Residuos de limpieza de calles y áreas verdes. Son los residuos de poda y limpieza viaria.

Residuos patogénicos: Son los derivados de actividades sanitarias procedentes de hospitales, clínicas, ambulatorios, laboratorios de análisis clínicos, laboratorios de investigaciones biológicas y establecimientos similares. Estos residuos se caracterizan por la presencia tanto de gérmenes patógenos como de restos de medicamentos diversos. En Mendoza, se regulan por legislación especial (Ley N° 7168/03).

Nota: Residuos industriales: Son los generados en cualquier actividad industrial y han de recogerse o depositarse en recipientes adecuados por estar preceptivamente prohibido su vertido en las redes de alcantarillado público, en el suelo, en el subsuelo o en los cauces públicos. Estos residuos son los aceites, los disolventes químicos, las sustancias orgánicas de conservas y los productos químicos propios de efluentes industriales, entre otros. No se consideran residuos urbanos y su gestión y legislación asociada son diferentes.

Considerando **su naturaleza** los residuos sólidos se clasifican en inertes, no peligrosos y peligrosos o especiales. A continuación se define cada tipología:

Inertes: son residuos no-peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas; no son solubles ni combustibles, no reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no son biodegradables, no afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. La lixiviabilidad total, el contenido de contaminantes de los residuos y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes, y en particular no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales y/o subterráneas.

No especiales o reciclables: estos residuos tienen la característica de no-peligrosos, y deben ser almacenados o tratados en las mismas condiciones que los residuos domiciliarios. La mayoría de estos materiales poseen altas posibilidades de reciclaje, actividad que se lleva a cabo en instalaciones industriales juntamente con otras fracciones provenientes de distintas corrientes de residuos, tales como domiciliarios o industriales.

Especiales o peligrosos: son los RCD que tienen características que los hacen potencialmente peligrosos, tales como sustancias inflamables, tóxicas, corrosivas, irritantes, cancerígenas

VI.2 Cantidad

La cantidad de residuos domiciliarios producidos por una comunidad es muy variable y depende de gran número de parámetros. Es fundamental obtener datos de generación para planificar la gestión de los residuos. Depende fundamentalmente:

- Del nivel de vida de la población. Crece con éste en una proporción muy importante.
- De la época del año. Para igual número de habitantes generalmente es menor en verano.
- Del modo de vida de la población. Está influenciada por la migración diaria entre el centro de la ciudad y la periferia.
- Del movimiento de la población durante los períodos de vacaciones, los fines de semana y los días de fiesta.
- Del clima.
- De los nuevos métodos de acondicionamiento de mercancía con la tendencia actual de utilizar envases y embalajes sin retorno.

El conocimiento de la cantidad total de residuos recogidos en un núcleo urbano se obtiene a través de pesada y, de los datos existentes.

Podemos decir, a título informativo, que en algunas ciudades los índices de producción por habitantes son los siguientes:

En zonas rurales.....	190 a 300 kg/hab./año
Equivalente a	0,55 a 0,82 kg/hab./día
En zonas urbanas.	295 a 400 kg/hab./año
Equivalente a	0,80 a 1,10 kg/hab./día

VI.3 Composición

El conocimiento de la composición de los residuos domiciliarios tiene “gran importancia para la toma de decisiones en la elección de los sistemas de tratamiento”.

Lo mismo que en la producción, numerosos factores influyen sobre la composición y las características de los residuos urbanos.

Las características de la población. Zonas rurales o núcleos urbanos, áreas residenciales o zonas de servicios, etc.

El clima y la estación. Los residuos recogidos en verano presentan un mayor contenido de restos de frutas y verduras.

El modo y nivel de vida de la población. El consumo de productos alimenticios ya preparados hace que aumente el contenido de envases y embalajes de todo tipo, vidrio, plástico, aluminio, papeles y cartones, pero por otra parte se produce una disminución de restos de vegetales, carnes y grasas; los jardines de las viviendas individuales.

Los residuos sólidos domiciliarios están constituidos por un conjunto de materiales muy heterogéneos (Ver Tabla 4). Por ello se plantea la necesidad de reagrupar sus distintos componentes en categorías de cierta homogeneidad, cuyo número variará evidentemente según los objetivos que cada clasificación persiga.

Una agrupación posible es dividirlos en SECOS y HÚMEDOS.

- Residuos secos: vidrios, bolsas y films plásticos, envases de tetra-brick, telas, latas, botellas, envases, plásticos, metales, poliestireno expandido, papeles y cartones, vacíos, limpios y secos.
- Residuos húmedos: materiales susceptibles de ser compostados, es decir los resultantes de la elaboración de comidas, restos vegetales y animales.

Se observa un incremento de plásticos y vidrio, generalmente en forma de envase sin retorno o de un solo uso. También puede darse una disminución de aluminio, papeles y cartones, sobre todo en épocas de crisis económica, ya que una vez que los residuos son depositadas en los contenedores, recuperadores urbanos realizan una selección de estos materiales que tienen un determinado valor económico en el mercado de los productos recuperados.

Tabla 4. Composición ejemplo de residuos domiciliarios

	FRACCIÓN	%
1	Orgánicos	58%
2	Metales	1.6%
3	Plásticos	12%
4	Pañales	13%
5	Trapos	1.4%
6	Vidrios	4%
7	Cartón y Papel	5%
8	Otros	5%
Total		100%

VI.4 Características

Existen cuatro características de los residuos sólidos cuyo estudio resulta básico a la hora de tomar decisiones para establecer el sistema de tratamiento o eliminación más adecuado. Estas son:

- La densidad.
- El grado de humedad.
- El poder calorífico.
- La relación carbono-nitrógeno.

La **densidad**, debido al carácter heterogéneo de los distintos componentes de los residuos, puede variar entre 110 y 200 kg/m³.

En general, se acepta que la densidad es siempre menor en los barrios céntricos, donde oficinas y comercios alternan con viviendas, mientras que crece en las zonas periféricas donde predominan las viviendas.

La **humedad** de los residuos sólidos es otra de las características importantes. Tiene una gran influencia sobre su poder calorífico, así como en la transformación biológica de las materias fermentables. Son muy variables los factores que inciden en el porcentaje de agua contenida en los residuos:

- Contenido de orgánicos.

- Climatología de la región.
- Procedencia.

Los ensayos efectuados sobre muestras de residuos, sin compactar, indican que la humedad oscila entre 40 y 60% en peso. Esta variación depende principalmente del contenido en orgánicos fermentables siendo así máxima la humedad en los residuos procedentes de mercados (70-80%) y mínima en los procedentes de áreas comerciales (10-20%).

Otro parámetro importante, que nos ha de servir para la toma de decisiones al tratar los residuos por incineración es, el **poder calorífico inferior** (PCI) de los residuos sólidos. En el caso de los residuos domiciliarios, debido a su heterogeneidad, el poder calorífico inferior, tiene sensibles variaciones, por lo que sólo tiene sentido hablar de un valor medio que oscila entre 800 y 1.600 kcal/kg. El PCI tiende a aumentar cuando hay incremento en el contenido de papel, cartón y plásticos, pues el poder calorífico de estos materiales es muy elevado, mientras que disminuye cuando es alto el contenido de materia orgánica y por lo tanto de humedad.

La **relación carbono-nitrógeno** es un índice de gran importancia en los procesos de compostaje e indica la capacidad mineralizadora del nitrógeno, El intervalo óptimo para los procesos de transformación biológica se estima entre los 20 y 35, pues para valores inferiores, la pérdida de nitrógeno en forma de amonio gaseoso es tan elevada que el compostaje de esta materia orgánica carece de interés.

VIII. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

A través de los años, el desarrollo de la sociedad y la industria, junto con la creciente toma de conciencia de los problemas medioambientales, ha llevado a la aplicación de métodos tecnológicos cada vez más sofisticados y seguros para el manejo de residuos.

Entre los años 1970 y 1990 se concretan tecnologías de eliminación con discusiones muchas veces irracionales y en términos extremos acerca de su conveniencia sin ninguna referencia al contexto específico. Por ejemplo, quienes estaban a favor de la incineración eran contrarios a los vertederos y la recuperación, mientras que las personas que apoyaban el vertido difamaban los otros métodos, y así sucesivamente.

Desde el punto de vista ambiental, la gestión actual de residuos sólidos debe cumplir numerosos requisitos que se derivan de una mayor conciencia y percepción de los problemas ambientales por parte del público, y de los avances científicos centrados en dar solución a problemas como limitación de recursos, cambio climático, contaminación generalizada, crecimiento demográfico, agotamiento de las fuentes de energía no renovables, etc. Así, desde este planteamiento, la gestión de residuos debe incorporar los siguientes requerimientos (Cossu, 2009):

- disminución de la producción de residuos
- garantía de un servicio eficiente de recolección y disposición
- optimización de la recuperación de materiales
- énfasis en el cambio climático y la minimización de los gases efecto invernadero
- reducción de los volúmenes de residuos destinados a los vertederos
- optimización del balance de energía con el uso de energía procedente de residuos
- reducción de las emisiones, monitoreo de efectos toxicológicos y minimización de riesgos para la salud.

VII.1 Jerarquía de gestión de los residuos

Una forma de planificar estrategias de gestión de residuos, anterior al enfoque integral, lo constituye la implementación de la "jerarquía de residuos". La misma establece en general un orden de prioridad de lo que constituye la mejor opción global para el medio ambiente en la legislación y la política en materia de residuos. La jerarquía de opciones de manejo de residuos,

en orden descendente de preferencia, se define según la Directiva 2008/98/EC (2008), y se ilustra en la Figura 10.



FIGURA 10. Jerarquía de la gestión de residuos

VII.2 Fases de un sistema de gestión

Se entiende por gestión de residuos sólidos urbanos el conjunto de operaciones encaminadas a dar, a los residuos producidos en una zona, el destino global más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, coste del tratamiento, posibilidades de recuperación y de comercialización y directrices administrativas en este campo.

Se denomina gestión integral de residuos domiciliarios al conjunto de actividades interdependientes y complementarias entre sí, que conforman un proceso de acciones para el manejo de residuos domiciliarios, con el objeto de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población (Ley Nacional N° 25916/2004).

La gestión de los residuos comprende las fases de Pre-recogida, recogida, transporte, tratamiento y disposición final de los mismos. En lo que sigue se describirán algunas alternativas de tratamiento y su vinculación al resto de las etapas de gestión.

Tratamientos

Se entiende por tratamiento de residuos el conjunto de operaciones o procesos encaminados a su eliminación o al aprovechamiento de los recursos contenidos en ellos. Los sistemas actualmente más utilizados son:

- Clasificación
- Reciclaje
- Compostaje.
- Vertido controlado.
- Incineración.

a) Reciclado

El reciclado es un proceso que tiene como objeto la recuperación de los componentes que contienen los residuos urbanos y su introducción a un nuevo proceso.

Este sistema de tratamiento viene impuesto por el nuevo concepto de gestión de los residuos sólidos que debe tender a lograr los objetivos siguientes:

- Conservación o ahorro de energía.

- Conservación o ahorro de recursos naturales.
- Disminución del volumen de residuos que hay que eliminar.
- Protección del medio ambiente.

La recuperación de los materiales puede efectuarse de dos formas:

- La primera consiste en la separación de los componentes presentes en las basuras, para su recuperación directa, dando así origen a lo que se conoce como “recogida selectiva”. Para la efectividad de este sistema se necesita, por un lado, la participación ciudadana al tener que depositar en recipientes distintos los diferentes componentes de los residuos que intentan recuperarse (habitualmente se usan tres recipientes, uno para el vidrio, otro para los papeles y un tercero para el resto de la basura), y por otro lado la recogida de dichos componentes ha de realizarse por separado bien en vehículos distintos o en vehículos especiales compartimentados. La Figura 11 muestra contenedores de recogida selectiva.



FIGURA 11. Contenedores de recogida selectiva

- La segunda forma de efectuar el reciclado es partiendo de los residuos brutos, o sea efectuando un tratamiento global de los residuos sólido urbanos mediante técnicas comunes de selección manual una vez rota la bolsa que los contiene o bien técnicas comunes a la industria minera y metalúrgica, tales como la trituración, cribado y clasificación neumática para lo concerniente a la preparación del residuo y separación de fracciones ligeras y sistemas de clasificación por vía húmeda electromagnética, electrostáticos, ópticos y flotación por espuma para la obtención y depuración de metales y vidrio.

La Figura 12 muestra un esquema de un separador magnético y la Figura 13, sistemas de clasificación mecanizados.

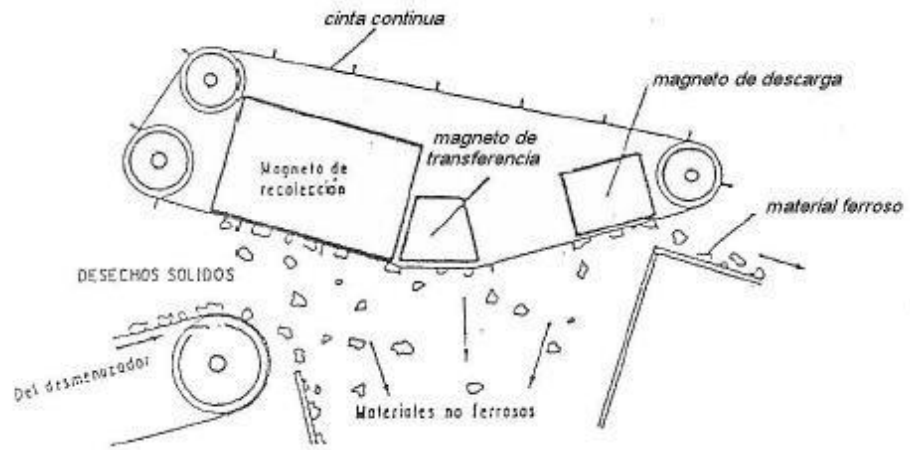


FIGURA 12: Separador magnético

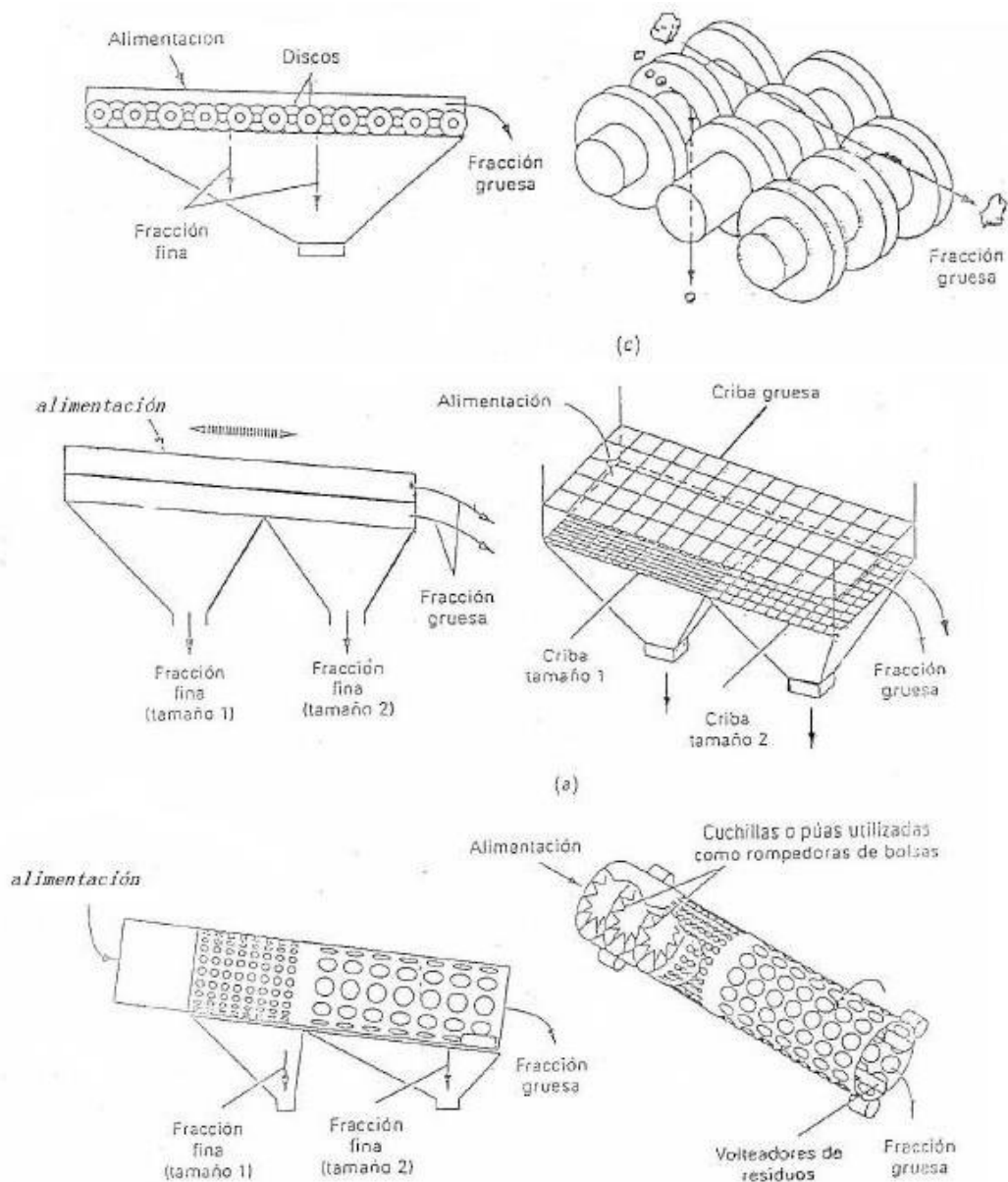


FIGURA 13. Sistemas de clasificación por tamaño mecánicos

La **Figura 14** muestra una cabina de separación manual de residuos.



FIGURA 14: Cabina de separación manual de RSU

Teniendo en cuenta la composición media de nuestros residuos se puede afirmar que anualmente tiramos a la basura un porcentaje muy elevado de metales, vidrio, papeles y cartones y materia orgánica, que oscila en un 40 % aproximadamente de la producción de dichos materiales, por lo que difícilmente podrá justificarse una política basada simplemente en la eliminación de los residuos sólidos.

Pero no solo perderemos estos recursos, sino que, al no hacer uso de la recuperación, el consumo de materias primas y energía va en constante aumento con el consiguiente efecto sobre la economía.

Como ejemplo gráfico bastan los siguientes datos:

- Para conseguir una tonelada de pasta para la fabricación de papel son necesarios 14 árboles y cada uno tarda en crecer 20 años.
- Con la recuperación de 2 toneladas de plástico ahorraremos una tonelada de petróleo crudo.
- Para la producción de una tonelada de acero, si utilizamos material recuperado evitamos un barril y medio de crudo.
- En la fabricación de una tonelada de aluminio se invierte 29 barriles de crudo, y así consecuentemente con el cobre, el vidrio y los demás recursos que componen la basura, al tiempo que se disminuye el consumo de materias primas generadores a su vez de contaminación.

Sin embargo, los procesos industriales de clasificación que se han mencionado suponen un consumo energético a tener en cuenta. Cuanto mayor sea la fracción de subproducto a recuperar, pueden ser mayores y más sofisticados los medios necesarios para su recuperación.

De ahí que únicamente se justifique la recuperación cuando la diferencia de calidad con las materias primas originales quede compensada por la diferencia de precio, o la componente de contaminación así lo determine.

La recuperación presenta ventajas e inconvenientes que podemos resumir así:

- Las ventajas se derivan del aprovechamiento de materias primas, economía energética, uso racional de los recursos naturales y devolución a la tierra de su riqueza orgánica.
- Los inconvenientes pueden ser las fuertes inversiones iniciales, de acuerdo a la tecnología empleada, el sometimiento a paros y averías, que impone un sistema alternativo, la producción de rechazos que exige un vertedero complementario, la gestión especializada y cuidadosa.

b) Compostaje

El compostaje es un proceso de descomposición biológica, por vía aerobia, de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos en condiciones controladas.

Las bacterias actuantes son termofílicas, desarrollándose el proceso a temperaturas comprendidas entre 50 y 70°C, lo que produce la eliminación de los gérmenes patógenos y la inocuidad del producto.

El proceso lleva consigo la separación manual o mecanizada de la mayor parte de los metales, vidrios y plásticos. La fermentación puede ser natural (al aire libre) o acelerada (en digestores) Ver Figura 15. En el primer caso tiene una duración de tres meses y de 15 días en el segundo.

Realmente se puede considerar como un proceso de reciclaje en el que se recupera la fracción orgánica para su empleo en la agricultura, lo que implica una vuelta a la naturaleza de las sustancias de ella extraídas.

El tratar el compostaje como un proceso independiente de los incluidos en el reciclaje, se debe a que es un proceso con independencia propia, desarrollado después de haber hecho su aparición los sistemas de recuperación integral.

El material resultante del proceso, llamado compost, no es enteramente abono, aunque contiene nutrientes y oligoelementos, sino más bien un regenerador orgánico del terreno, razón por la que se le ha denominado "abono orgánico".

Sus efectos positivos sobre el suelo son:

- Suelta los terrenos compactos y compacta los demasiado sueltos.
- Aumenta la capacidad de retención de agua por el suelo.
- Es fuente de elementos nutritivos (nutrientes más oligoelementos).
- Aumenta el contenido de materia orgánica del suelo.

Esta última acción es fundamental en los suelos de nuestra provincia, cuyo déficit de materia orgánica es enorme.

Hasta el momento, el medio principal de enmienda orgánica de los suelos en Mendoza ha sido el estiércol. Por lo que el compost puede ser el sustituto adecuado para esta importante función.

Las causas de su escasa utilización en nuestro país, y el fracaso experimentado por algunas plantas de fabricación, han sido las siguientes:

- Mala calidad del producto ofrecido al agricultor.
- Inestabilidad en el tiempo de la fermentación
- Fabricación de una sola calidad
- Falta de información al agricultor para su uso.
- Montaje de la fábrica pensando en su rentabilidad absoluta.
- Distancia de suministro excesivo.
- Capacidad de producción pequeña.

No es rentable montar plantas para producciones menores de 100 t/día. Como resumen podemos decir del compost que:

- Tiene doble carácter, de enmienda y abono orgánico.

- Es aséptico, libre de bacterias patógenas, semillas, huevos de acarios, larvas, etc., pero con intensísima vida bacteriana que activa los procesos bioquímicos del suelo.
- Sus elementos nutritivos están en forma de humus, fácilmente asimilable.
- Mejora química, física y biológicamente el suelo, ahorrando fertilizantes, pero no sustituyéndolos.



FIGURA 15. Compost en digestores.

c) Vertido o Vertedero Controlado

Hay que hacer constar que si bien el vertido incontrolado es una forma muy utilizada aún por varios municipios provinciales y de varios países latinoamericanos para eliminar los residuos, no puede considerarse como sistema de tratamiento, sino como simple abandono de los mismos.

El vertido controlado consiste en la colocación de los residuos sobre el terreno extendiéndolos en capas de poco espesor y compactándolos para disminuir su volumen. Asimismo se realiza su cubrimiento diario con material adecuado para minimizar los riesgos de contaminación ambiental y para favorecer la transformación biológica de los materiales fermentables. (Figura 16)

Las medidas preventivas y de control que han de tomarse son las que tienen como objetivos fundamentales:

- Limitar la producción de lixiviados
- Recoger los lixiviados que se produzcan (Figura 17)
- Dar salida a los gases generados
- Limitar los ruidos y olores
- Evitar los vuelos de plástico y papeles.
- Evitar la proliferación de roedores e insectos
- Impedir la formación de polvo y humos.



FIGURA 16. Impermeabilización del fondo de un vertedero



FIGURA 17. Tratamiento de lixiviados

La elección de un terreno adecuado para el emplazamiento del vertedero es de gran importancia. Debe estar a la distancia adecuada, tener capacidad suficiente para el período de proyecto, ser accesible desde la red general de carreteras, sin ser visibles para los transeúntes, sobre todo, debe estar garantizada la preservación de las aguas superficiales y subterráneas contra la contaminación por lixiviados, lo que exige estudios hidrogeológicos de viabilidad.

El tratamiento a que se someten los residuos en un vertedero controlado puede ser:

- Con compactación ligera y cubrición diaria
- Con compactación media y cubrición de mayor periodicidad
- Con compactación intensa y sin cubrición.

El primer tipo es el comúnmente usado cuando se dispone de material de cubrición en el propio vertedero o en sus inmediaciones, aunque para trabajos diarios importantes hay cierta tendencia a aumentar el grado de compactación y espaciar la cubrición. La compactación intensa es necesaria cuando no hay posibilidad económica de obtener material inerte.

Para conseguirse puede recurrirse a trituración previa de las basuras o al empleo de maquinaria de compactación especial, de gran peso, que compacta y tritura los residuos al mismo tiempo.

Los vertederos controlados presentan frente a los otros sistemas de tratamiento las siguientes ventajas:

- Fácil implantación
- Coste reducido de instalación y funcionamiento
- Capacidad de absorber variaciones de producción
- Escaso impacto ambiental cuando su proyecto y gestión son correctos.
- Posibilidad de utilización, una vez clausurado, como campo de deportes, zona ajardinada, lugar de acampar, etc.

Como inconvenientes se pueden considerar:

- La necesidad de grandes superficies de terreno
- Su ubicación alejada de los núcleos urbanos con el consiguiente encarecimiento del transporte de los residuos.
- La imposibilidad de aprovechamiento de los recursos contenidos en las basuras.

En cualquier caso hay que considerar que el vertido es un sistema complementario de cualquier otro tipo de tratamiento, puesto que todos producen rechazos que hay que eliminar

Bibliografía de referencia

- Tchobanoglous, G., Theisen, H. & Vigil, S. (1994). Gestión Integral de Residuos Sólidos. Vol. I y II. McGraw-Hill. 1º Ed. en español. Madrid. España.
- Recursos de la tierra: origen, uso e impacto ambiental. Craig J, Vaughman D, Skinner B. Editorial Pearson. 2007
- Ingeniería y Ciencias Ambientales. D.Mackenzie, S. Masten. Editorial Mc Graw Hill. 2004.
- Residuos sólidos: un enfoque multidisciplinario. ISBN: 978-1-59754-787-1. 2012. Capítulo IV-11: Restauración de sitios contaminados con residuos. Autores: Llamas S.; Mercante, I. Editorial Libros en Red. Adjunto Portada y Primera Página.