

Mapa de los carsos de Cuba, con las zonas de origen cárstico y las formas cársticas más importantes.

A pesar de que las cuevas fueron utilizadas por nuestros aborígenes como vivienda y como sitios ceremoniales, como refugio por los cimarrones y con múltiples objetivos durante las luchas independentistas, fueron muy pocos los estudios que se realizaron sobre ellas y en general sobre el carso, por lo que puede considerarse que las investigaciones comenzaron sistemáticamente en 1940 al fundarse la Sociedad Espeleológica de Cuba. Pero hasta el triunfo de la Revolución los estudios se desarrollaron sin apoyo oficial. A partir de 1962 las investigaciones se concentran en el Departamento de Carsología y Espeleología del Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba (ACC), y entre 1963 y 1965 se realiza el primer esfuerzo para confeccionar un mapa de los carsos de Cuba, cuando con la colaboración de especialistas checoslovacos se estudiaron y cartografiaron a escala 1:100.000 los carsos de las llanuras occidentales de Cuba, incluyendo las penínsulas de Zapata y Guanahacabibes y de la isla de la Juventud. Entre otras investigaciones se pueden citar: clasificación genética de las cuevas de Cuba (1967), mapa de los carsos de Cuba (1967), la llanura costera occidental de Pinar del Río (1967), clasificación general y descripción del carso cubano (1967), carsos de Cuba (1968), estudio ingeniero-geológico del carso cubano (1971), clasificación genética de las formas negativas superficiales del carso de Cuba (1975) y el Mapa Hidrogeológico del carso cubano (1975, 1982). A partir de 1975, un grupo de trabajo multidisciplinario de la ACC y del Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CENIC) viene desarrollando estudios sobre la geodinámica de los procesos cársticos en áreas representativas del occidente del país, los que están relacionados con la caracterización hidrológica e hidrogeoquímica de estas regiones cársticas y la cuantificación de estos procesos. A partir de 1984, con motivo de un proyecto internacional auspiciado por la UNESCO, este mismo grupo, en colaboración con especialistas de la Universidad de Silesia, Polonia, inició un programa conjunto de investigaciones acerca de la dinámica e intensidad de los procesos cársticos contemporáneos, seleccionándose como área experimental representativa del carso tropical el macizo del Pan de Guajabón, en la provincia de Pinar del Río. Otra etapa del estudio del carso está determinada por las investigaciones realizadas con el Mapa Carsológico de Cuba a escala 1:250.000 realizado, entre 1979 y 1986 en colaboración con especialistas checoslovacos. Los estudios carsológicos en Cuba tienen un gran interés científico, ya que mas del 60 por 100 del territorio está formado por rocas carbonatadas donde los accidentes cársticos dominan en vastas porciones del relieve y subsuelo del archipiélago, lo cual determina consecuencias de gran importancia tanto en el orden físico-geográfico como biológico y socioeconómico.

Cuba está formada en gran medida por rocas carbonatadas con edades que oscilan entre el Jurásico y el Cuaternario, y se encuentra situada en la zona tropical de bosques periódicamente húmedos con una estación seca y otra de altas precipitaciones. Por tal motivo, la topografía cárstica se halla muy extendida, presentando una variedad morfológica realmente importante.

El clima tropical ha ejercido gran influencia sobre el desarrollo de los carsos, principalmente por la temperatura, la cantidad de lluvia y la distribución diaria y anual de las precipitaciones; sin embargo, la intensidad y la tendencia del desarrollo de los procesos cársticos ha sido modificada por muchos otros factores no climáticos, como la litología, la fracturación, los suelos y la vegetación, hasta un grado tal que en el archipiélago cubano, bajo idénticas condiciones climáticas, se originaron y desarrollaron simultáneamente muchos tipos distintos de carsos con características bien definidas.

El desarrollo de los procesos de carsificación en las llanuras está determinado por la estratificación subhorizontal con buzamiento generalmente leve de los estratos hacia las márgenes de la plataforma insular, así como la combadura local de los sedimentos neríticos, predominantemente carbonatados, de edad neógeno-cuaternaria; por la superposición regresiva de los estratos litológicamente distintos, por el alto grado de permeabilidad y por su posición baja con respecto a las alturas adyacentes.

En algunos lugares donde los estratos buzan más abruptamente se desarrolla un relieve de cuevas de origen cárstico-fluvial con pequeñas diferencias de altura relativa como el que origina el sumidero del río Govea o San Antonio de los Baños. Los procesos más importantes en la formación del paisaje cárstico son: la acción disolvente del agua fluvial y la erosión subaérea que están influidas por los sedimentos fluviales, marinos y mixtos, de permeabilidad variable, así como por cortezas carbonatadas firmes y otras cortezas de meteorización. Las amplias crestas interfluviales, las cuevas bajas y los levantamientos locales presentan superficies rocosas expuestas con lapiés y depresiones de varios tipos y dimensiones, como la situada en las cercanías del pueblo de Guara, al sur de La Habana. Debajo de los sedimentos superficiales permeables existen zonas fuertemente corrosionadas de carso cubierto y carso enterrado. Estos sedimentos se acumularon parcialmente en tierras bajas aisladas y en el fondo de valles muy abiertos.

Existen sólo algunos ríos superficiales permanentes, alóctonos, que pronto se pierden en el subsuelo después de su entrada en las llanuras costeras, como el Capellania, o desembocan en las tierras bajas, donde dan origen al desarrollo de pantanos, turberas y lagunas, como el Hatiguanico. Los ríos superficiales autóctonos abundan y los existentes tienen su origen en potentes manantiales cársticos situados en algunos lugares del interior de las llanuras costeras.

Las características y la distribución de los fenómenos cársticos influyen en los rasgos generales de la forma de muchas cuencas acuíferas subterráneas independientes, cuya existencia resulta de las combaduras locales de estratos irregularmente permeables. Debido a la alta permeabilidad de estos estratos, el nivel de agua subterránea es uniforme en algunas cuencas individuales, y las aguas cársticas subterráneas presentan características de agua freática. El movimiento del agua puede seguir la ubicación espacial de las estructuras y a veces promueve el desarrollo de sistemas de cuevas a lo largo de los planos de estratificación. A causa de movimientos tectónicos de la corteza y de las fluctuaciones glacio-eustáticas del nivel del mar se desarrollaron sistemas de cuevas en varios niveles. El nivel más antiguo de cuevas aparece cerca de la superficie actual. Ocurre a menudo que los

Mapa de las formas cársticas más importantes de Cuba, con las zonas de origen cárstico y las formas cársticas más importantes.

techos de las cuevas se desploman, dejando claraboyas o dolinas dispersas en la superficie de la llanura costera. Son las cuevas de tipo Aston, que constituyen verdaderos cenotes. Los niveles de cuevas más bajos ocupados por agua freática se encuentran en la actualidad debajo del nivel del mar, y esta circunstancia determina, por una parte, la existencia de numerosos manantiales cársticos submarinos, como se ve a lo largo de toda la costa meridional del occidente cubano; por otra parte, en ese fenómeno influye también la penetración y difusión del agua marina a gran distancia tierra adentro. Entre las llanuras carsificadas, la plataforma insular cubana ocupa un lugar destacado por su considerable extensión y en ella se han estudiado algunas cuevas, dolinas y furnias actualmente sumergidas, como el Ojo del Mégano, al norte de la provincia de Matanzas.

En la zona oriental abundan numerosas mesetas y alturas aisladas de cimas planas de extensión variada; representan restos de algunas superficies originalmente continuas, constituidas de estratos subhorizontales en su mayoría carbonatados, que descansan sobre bloques dislocados de complejos rocosos heterogéneos. Las formas cársticas diversas y bien desarrolladas de estas mesetas reflejan la litología, el agrietamiento, la estratificación y la posición de las calizas respecto a los niveles de base locales.

Sobre las mesetas constituidas por rocas carbonatadas homogéneas, estratificadas subhorizontalmente, se extienden amplias superficies llanas o sólo ligeramente onduladas con algunos testigos de erosión de poca altura y cima plana, situados en las antiguas divisorias. Como ejemplo se puede citar la Meseta de Maisí, cuya pendiente marginal ofrece un sistema bien conocido de terrazas marinas.

Las superficies aplanadas formadas por estratos poco homogéneos y de buzamiento más pronunciado presentan superficies con rasgos de carso de cúpulas, con crestas monoclinales separadas por depresiones corrosionales de diferentes formas o por tierras bajas erosivo-corrosivas de tipo polja. Tal es el caso de las mesetas situadas al norte de Guantánamo, entre ellas la Meseta del Guaso. Se trata esencialmente de territorios de cuevas bajas de origen cárstico, con restos de antiguos depósitos y productos de meteorización, que se fosilizaron a consecuencia de un levantamiento intenso.

Los rasgos colectivos del carso de las mesetas cubanas son las pendientes marginales altas y abruptas, profundos cañones de ríos alóctonos y autóctonos que se originaron, a menudo, a consecuencia del desplome de altas galerías de cuevas y numerosos niveles de cuevas concordantes con niveles de terrazas fluviales o marinas. Un ejemplo notable es la Caverna del Cusco, por donde corre el río de igual nombre. En la superficie suave de las mesetas abundan igualmente cuevas y furnias profundas que dan acceso frecuentemente a varios niveles de cavernamiento. Además, existen pequeñas dolinas, depresiones corrosionales, poljas y someros valles ciegos, así como potentes manantiales cársticos al pie de las pendientes de las mesetas, condicionados por estratos impermeables. La prolongada sequía típica del clima de la parte oriental de Cuba imprime a la porción más meridional de este carso características semiáridas. Son comunes los carsos desarrollados en estructuras simples, plegado-falladas, anticlinales y sinclinales, que están constituidos por varios tipos de carbonatos. Algunas secuencias de estratos son más bien homogéneas, otras exhiben múltiples variaciones litológicas, tanto horizontales como verticales; otras están considerablemente accidentadas y dislocadas a lo largo de fallas longitudinales y transversales. Los factores más importantes de estos carsos son: el tipo de las deformaciones tectónicas, la velocidad de los movimientos de la corteza, las propiedades litológicas, el espesor y la posición de las secuencias de estratos carbonatados sobre el nivel de base, así como la rápida alteración de superficies altas expuestas, con cortezas de meteorización calcáreas resistentes y de superficies bajas con cubiertas sedimentarias y de meteorización relativamente delgadas y permeables. Como ejemplo puede destacarse el carso de Baire, donde abundan las furnias y las depresiones profundas, limitadas por cúpulas y conos cársticos orientados según el fallamiento y donde se destacan la furnia de Pipe y la cueva Jibara, con 162 y 248 metros de profundidad, respectivamente.

Los carsos que se desarrollan sobre las alturas complejamente plegadas y falladas, en varios estados de desarrollo geomórfico y formados generalmente por rocas afectadas de orogénesis repetidas, se distinguen de los otros tipos de carso principalmente por sus formas superficiales, la profundidad de la carsificación y el tipo de su drenaje, tanto superficial como subterráneo. Las diferencias están condicionadas sobre todo por la estructura heterogénea, la deformación tectónica compleja y el plegamiento de los estratos, por el prolongado desarrollo del relieve estructural y la situación generalmente alta del macizo sobre el nivel de base. En ellos las formas positivas del paisaje están separadas unas de otras por tierras bajas longitudinales o transversales, a menudo cerradas, con fondos llanos, dominadas en algunas partes por lomas carbonatadas aisladas. Los fondos de las tierras bajas están cubiertos de sedimentos pluviales alógenos y de productos de meteorización transportados, cortados someramente por los ríos superficiales que circulan por inmensos y complicados sistemas de cuevas a través de las sierras calizas circundantes. Entre estos carsos se destacan especialmente los desarrollados en los estratos jurásicos-cretácicos de la Sierra de los Organos, o en los estratos jurásicos, y tal vez más antiguos, de las porciones centrales de las montañas de Trinidad-Sancti Spiritus, en las series jurásicas, cretácicas y paleógenas de las alturas del norte de la región central o en los estratos cretácicos de la porción occidental de la Sierra del Rosario.

En la Sierra de los Organos se abren numerosísimas cavernas del tipo cuyaguateteje que atraviesan los mogotes de lado a lado. Son cuevas de origen fluvial y a veces con las galerías subterráneas superpuestas formando impresionantes sistemas, como el de la Gran Caverna de Santo Tomás, que tiene más de 45 kilómetros de largo.

Sobre la superficie plana y baja de las marismas y la llanura costera del Norte de Cuba central, así como en el fondo somero del mar vecino, se elevan, a lo largo de la costa atlántica, varios cerros aislados y cuevas empinadas, condicionados por la existencia de diapiros.

Las variadas características morfológicas e hidrográficas de los distintos

Mapa de las formas cársticas más importantes de Cuba, con las zonas de origen cárstico y las formas cársticas más importantes.

conjuntos de formas cársticas superficiales y subterráneas encontradas en las diferentes macroformas constructivas del archipiélago cubano demuestran la manera tan diferenciada en que se desarrolla el relieve cárstico en esta región casi homogénea de la zona tropical de los bosques periódicamente húmedos.

Por estar dicha diferenciación condicionada por varios factores físico-geográficos y geológicos, que modifican la influencia del clima en la intensidad y carácter de la modelación del relieve sobre las rocas carbonatadas, hasta el punto de que se formaron y se desarrollaron varios conjuntos particulares de formas cársticas, uno al lado del otro, la participación de estos factores se utilizó como el criterio principal para distinguir los conjuntos fundamentales y los secundarios, genéticamente unidos, de formas cársticas. Como los estudios comparativos confirmaron que los distintos conjuntos conservan sus características también durante su evolución, esos conjuntos se designaron como tipos independientes del carso.

Generalmente en las zonas tropicales permanentes y estacionalmente húmedas se estudiaban casi únicamente las mesoformas atractivas del carso cónico y sus variedades, mientras que a los demás conjuntos de formas cársticas, no tan llamativas, aunque de extensión mucho mayor, se les dedicaba mucha menor atención o se les pasaba por alto. Sin embargo, al analizar las interrelaciones y la distribución de los treinta y cuatro tipos de carso en que se han clasificado las superficies y formas cársticas del territorio cubano queda claro que en las condiciones de la zona tropical estacionalmente húmeda pueden desarrollarse tipos de carsos muy diferentes, uno al lado del otro, a causa de la litología, la fracturación, la cobertura y la vegetación de las áreas en que se ha localizado cada uno de ellos.

La forma mas difundida es el lapiés, conocido popularmente por diente de perro, que existe en todos los lugares en que las rocas carbonatadas están desnudas o semidesnudas. Su desarrollo es directamente proporcional a la pureza de las mismas y a la cuantía de las lluvias.

Las formas negativas que van desde las pequeñas casimbas (oquedades entre las crestas de los campos de lapiés) hasta los hoyos (grandes depresiones rodeadas de mogotes) están presentes en mayor o menor grado en todos los tipos de carso, aunque su distribución y características dependen de las condiciones morfoestructurales y litológicas particulares.

Algunas depresiones están cerca del nivel de las aguas subterráneas y constituyen lagos de aguas generalmente dulces en la superficie y saladas en la profundidad, alcanzando algunos hasta 70 metros bajo el nivel del mar, como la Casimba XXXV Aniversario, en las cercanías de Playa Girón.

También hay depresiones en varios puntos de la plataforma insular que alcanzan igual profundidad.

Como una consecuencia de las fluctuaciones del nivel del mar durante el Cuaternario, existen a todo lo largo de Cuba cuevas que se encuentran por debajo del nivel freático local, por lo general muy cercano al nivel del mar, que constituyen verdaderos laberintos inundados, como es el caso de la Cueva del Cristalito de Papaya, en Gibara, con unos 1.200 metros de galerías por debajo del nivel freático actual.

Las cuevas más abundantes son las freáticas, desarrolladas fundamentalmente en los carsos de llanuras, lo que se corresponde con la mayor extensión de ellos; pero las cuevas más largas y de salones mayores son las de origen fluvial, que se relacionan por lo general con los carsos de elevaciones.

Los valores obtenidos acerca de la intensidad de la denudación cárstica en el polígono experimental de Pan de Guajabón para el año hidrológico 1984-85, de 40 a 120 m³ · km^{−2} · año^{−1}, resultan en general superiores a los hasta ahora reportados en latitudes tropicales. Estos valores, aunque se refieren al período considerado, ofrecen una medida de la intensidad anual de los procesos de denudación en este tipo de carso tropical de montaña y resultan los primeros reportados en el país para un ciclo hidrológico completo. El carso constituye el medio acuífero más importante de Cuba. Aproximadamente el 80 por 100 de los recursos de explotación de las aguas subterráneas, evaluados hasta el presente, se encuentran en estas regiones. De acuerdo con su corte hidroeconómico se reconocen tanto holocarsos como merocarsos. En este sentido, los espesores útiles y activos son muy variables, pero generalmente bastante potentes, caracterizándose por presentar valores elevados de caudal específico y altos y variados índices de conductividad hidráulica y transmisividad. Las áreas mejor evaluadas, en lo que concierne a su potencial hídrico, se circunscriben al carso de llanuras, que presentan la especial característica de constituir, esencialmente, carsos litorales, en los que predominan los tipos de yacencia conforme y, en menor grado, contraria; no se ha conocido aún perfectamente el tipo de yacencia transversal. Esto condiciona el mecanismo drenaje-descarga de las aguas cársticas subterráneas, bajos gradientes hidráulicos y otros problemas de interrelación hidráulica con el mar, vinculados también, evidentemente, al régimen de explotación de los acuíferos. Tres tipos de acuíferos se reconocen en estas regiones: de flujo libre, retardado y difuso. Tal composición se restringe al carso de llanuras, donde se encuentran acuíferos amplos y profundos, pero, a la vez, discontinuos. En el carso de montañas medias y bajas el flujo es generalmente libre, pero concentrado según líneas preferenciales de circulación; de este modo, es posible reconocer tanto flujo en capas (mantos) acuíferas, como en conductos, encontrándose, incluso, interesantes superposiciones. Esta coexistencia del sistema de drenaje ha condicionado de manera directa el estudio del carso de llanuras y evidencia un marcado control estructural local y la fuerte influencia del desarrollo del sistema de drenaje de determinadas etapas del desarrollo de la red fluvial superficial y subterránea, indistintamente autóctona o alógena, en la evolución del carso cubano. Los mecanismos de descarga son sumamente variados debido a que el área de alimentación del carso coincide, a más de su propia extensión, con los de los ríos alóctonos que llegan al carso.

La expresión morfológica de las condiciones de alimentación, movimiento y descarga es sumamente variada. Tales formas y grupos de formas responden al distinto grado de desarrollo de la evolución hidrológica del carso, y la descarga sobre todo está en dependencia del control estructural y de la posición del nivel de base local y suele ser, indistintamente, concentrada o difusa, a veces con independencia de que el flujo subterráneo sea de ese tipo. La mayor parte de los sistemas cársticos

Mapa de las formas cársticas más importantes de Cuba, con las zonas de origen cárstico y las formas cársticas más importantes.

son hidrológicamente activos, y el tiempo de residencia de las aguas es variable. Con técnicas isotrópicas se han detectado aguas de hasta 11.000 años, pero los estudios de los paleocarsos cubanos se encuentran en sus inicios.

Una atención especial se ha dedicado al control de la calidad de las aguas cársticas superficiales y subterráneas. Un activo monitoreo del régimen en general se lleva a cabo disponiéndose, en muchos casos, de más de veinte años-dato. Esto ha permitido precisar tanto los procesos de explotación de las aguas cársticas subterráneas como el diseño y ejecución de una acertada política de control de calidad y reposición artificial de las aguas subterráneas. La circulación matemática de algunos recipientes acuíferos ha conducido a la formulación del pronóstico de su comportamiento bajo las más variadas condiciones de alimentación y explotación.

Entre los principales problemas científicos actuales del estudio del carso en Cuba se encuentra la morfogénesis, la edad, la evolución y la dinámica de las regiones carsificadas. La ejecución de estos trabajos permitirá dar solución a un conjunto de aspectos fundamentales de la actividad socioeconómica.

El desarrollo económico acelerado, tanto agrícola como industrial, impone consumos de agua siempre crecientes, lo que se satisface fundamentalmente por la formación de acumulaciones artificiales en embalses y por la prospección y alumbramiento de las aguas hipogeas. Entre estas últimas son muy importantes las que circulan en los macizos de rocas solubles, o sea, las aguas cársticas. Estas reservas hídricas son muy ricas, pero todavía no han sido completamente estudiadas y aprovechadas, lo que es consecuencia de las dificultades relacionadas con su captación.

En muchos casos, simas y galerías cársticas se han utilizado como vías de eliminación de residuos orgánicos e incluso como incipientes alcantarillados, lo que ha dado lugar a contaminaciones del agua del acuífero, aun en regiones alejadas, y a inundaciones cuando ocurren precipitaciones excepcionales, por estar selladas las vías naturales de las aguas. Otras contaminaciones a considerar son las relacionadas con el lavado de los fertilizantes y los plaguicidas.

La construcción de embalses en relieves cársticos necesita un estudio metucloso carsohidrológico para evitar pérdidas del agua acumulada o, en cambio, para modificar el nivel del agua en los embalses por el aporte de manantiales cársticos. La excavación inadecuada de los canales construidos como vías de desagüe de pantanos cársticos puede producir daños ecológicos y económicos irreparables, al convertirse en vías de penetración del agua del mar. En las montañas, las aguas cársticas pueden ser fuentes de producción de energía al aprovechar los fuertes desniveles entre los resolladeros y los valles.

Las cavernas sirvieron de habitación al hombre y en ellas se acumularon productos de su actividad diaria, e inclusive sus propios restos, de ahí que muchas de ellas posean un valor espeleo-arqueológico notable. Son ellas los lugares donde mejor se conservan las pictografías aborígenes.

En la actualidad, las cuevas tienen múltiples usos, y posiblemente el más difundido sea el turismo, aunque hay muy pocas cuevas preparadas para este fin. Existe un amplio plan de visitas a cuevas desde las Bases de Campismo Popular. También se utilizan las galerías cársticas como almacenes naturales y como el sitio ideal para el cultivo del champiñón en condiciones tropicales. La utilización militar de las cavernas y de los carsos se conoce muy bien desde el inicio de las luchas independentistas. Sirvieron de refugio a los aborígenes y a los negros cimarrones; más tarde se utilizaron como almacenes, talleres, hospitales y refugios a lo largo de nuestras guerras libertadoras, y en la actualidad se presta marcado interés al inventario espeleológico con el objetivo de instalar hospitales, refugios o fábricas en caso de conflictos nucleares.

En la explotación de yacimientos carbonatados para la construcción, las obras de ingeniería en los frentes de cantera deben proyectarse con un conocimiento cabal del carso, ya que algunos fenómenos hidroeconómicos y geológicos pueden ocasionar trastornos en el laboreo minero y el consiguiente encarecimiento de las obras. El relleno de las cavidades o depresiones cársticas es a veces objeto de explotación con alto rendimiento económico, como en los yacimientos de fosfatos, que resultaron de las precipitaciones bioquímicas o de acumulaciones de restos orgánicos, y las bauxitas, que están en gran medida relacionadas con los rellenos cársticos.

Las labores de explotación de estos yacimientos requieren del conocimiento preciso de la constitución, de la estructura y de la dinámica actual del carso como única vía para garantizar la veracidad de las previsiones económicas de explotación y su rentabilidad. Frecuentemente están relacionados con el carso y yacimientos de minerales metálicos, como los depósitos secundarios de óxido de hierro y manganeso. Además, existen en Cuba varios manantiales de aguas cársticas con propiedades hidrotermales y medicinales. En las investigaciones futuras para la búsqueda de yacimientos exógenos resulta imprescindible la determinación del carácter original del relieve antiguo, el establecimiento del cuadro evolutivo y la intensidad y distribución de los procesos pasados, lo cual permitirá comprender las regularidades y particularidades de la formación, la preservación, la destrucción y el redepósito y ubicación de este tipo de yacimiento.

Es importante, además, el estudio de las relaciones entre el sistema cárstico y otros sistemas no cársticos, ya que hay muchos aspectos geomorfológicos que no han sido abarcados plenamente y que inciden directamente en la estructura vertical y la horizontal del carso, en la génesis, la filogénea y la dinámica.

Debido a que el proceso de carsificación transcurre bajo la influencia de una gran variedad de condiciones de manifestación simultánea, los estudios futuros están encaminados a la sistematización de las investigaciones sobre una base amplia de datos cuantitativos y cualitativos y un análisis integral de ese sistema realmente complejo.

A partir de estas consideraciones, la tarea más importante de la carsología cubana es la acumulación de datos y argumentos científicos encaminados a influir efectivamente en la planificación y proyección del desarrollo del país, y junto a los organismos de protección de la naturaleza debe servir para la defensa firme e infatigable de la protección y racional utilización del medio ambiente.