

FISICA EN EL DESARROLLO REGIONAL

Doctorante. Delia P. Lopez Araiza Hdz

Planeamiento del Problema

Actualmente hemos visto reflejada en estadísticas lo que la tierra venia diciéndonos desde hace ya algunas décadas, la forma de vida que se vio modificada por el hombre con la aparición de la maquina de vapor y que nos ha llevado a abarcar mayores distancias cambiando la concepción espacial de la ciudad y dejando a tras eso de los treinta minutos a pie como la distancia ideal para un centro de población y llevarla ahora a los treinta minutos en auto, como fueron las primeras ciudades en los Estados Unidos como Chicago, Nueva York , etc...

Al llevar la maquina de vapor a los medios de transporte además del auto, surgieron los trenes, estos a su vez modificaron los patrones de movilidad a nivel regional, gracias a estos adelantos tecnológicos la historia de las ciudades se ve transformada y el comercio aumento considerablemente.

La ciudades con mayor movilidad de bienes y servicios fueron creciendo y desarrollándose sobre áreas agrícolas, de bosque o acuíferos, a su vez esto llevo a un aumento tanto de población como de vehículos, los cuales fueron cambiando conforme la tecnología iba evolucionando, por otro lado los microclimas dentro de estas ciudades iban aumentando su temperatura interior y la extensión en el ambiente de este calor iba restándole humedad a las zonas aledañas para después ser invadidas por construcciones por considerarse poco productivas, este calor se puede medir mediante las leyes de la termodinámica ya que en ella encontramos que se mide el calor y el trabajo producido dentro de un ambiente ya sea abierto o cerrado, para nuestros fines podemos considerar a la ciudad como un ambiente cerrado y a la región como un ambiente abierto y medir dentro de cada uno la producción de calor, que se genera dentro de cada una de estas entidades.

Es importante considerar también que los procesos de consumo de los habitantes de la ciudad contribuyen al aumento de esta temperatura, por la utilización de combustibles fósiles

en la vida cotidiana los cuales elevan no solo la temperatura sino que también incrementan la emisión de gases que contribuyen al efecto de invernadero especificados en el protocolo de Montreal.

Por otro lado la ciudad y su medio ambiente son sistemas íntimamente relacionados, los cuales siguen con los principios de la teoría general de los sistemas que afirma que las propiedades de los sistemas no pueden ser descritas significativamente en términos de sus elementos separados. La comprensión de los sistemas solamente se presenta cuando se estudian los sistemas globalmente, involucrando todas las interdependencias de sus subsistemas, situación que ha sido un poco pasada por alto en el momento de planear para el conjunto.

Antecedentes

A principios del siglo XIX el medico francés Lamarck especializado en botánica, tales fueron sus aportaciones en esta área de la biología que lo llevaron a desarrollar una teoría de la evolución de las especies; Lamarck sostenía que el medio actuaba sobre los hábitos y costumbres de las especies y estas a su vez, modificaban la organización de los seres vivos, con esta idea años mas adelante Ernest Haeckel arrancarí sus estudios.

Ernest Haeckel, alemán, medico de profesión, después de leer la teoría de la evolución en el origen de las especies de Lamarck y la de Darwin, se lanzo a construir su propia opinión sobre el origen del mundo, al comprenderlo crea el término ECOLOGÍA (*ökologie*), del griego ecos (casa) y logos (estudio).

Mas adelante, al darse cuenta de que el planeta es un sistema cerrado en el que se encuentran varios sistemas abiertos y otros cerrados unidos e interrelacionados estos forman un sistema complejo.

Como SISTEMA COMPLEJO, se entiende que cualquier variación en un componente del sistema repercutirá en todos los demás componentes. Por eso son tan importantes las relaciones que se establecen entre ellos (<http://c-n6prim.iespana.es>) y al toparse en esta

época con que las leyes de LA TERMODINÁMICA que estaban cabalmente concebidas lo llevo a relacionar ambos conocimientos.

Sentándose las bases para hablar de que un ecosistema es un sistema termodinámicamente abierto, lejos del equilibrio, por esto genera organización, la que lo mantiene alejado del mismo, por lo cual, puede reorganizarse, "recuperarse" frente a cualquier disturbio a menos que éste atente contra la organización misma. La capacidad de producir su reorganización esta dentro de las características comunes a los sistemas ecológicos y reviste primordial importancia a través los conceptos de *renovación limitada* y de *robustez limitada*, siendo ambos conceptos muy próximos entre sí. (Malpartida 2005)

Nos referimos a SISTEMAS ABIERTOS cuando se trata de sistemas que importan y procesan elementos (energía, materia, información) de sus ambientes y esta es una característica propia de todos los sistemas vivos. Que un sistema sea abierto significa que establece intercambios permanentes con su ambiente, intercambios que determinan su equilibrio, capacidad reproductiva o continuidad, es decir, su viabilidad.

En el estudio de la ecología consideramos también importante a los SISTEMAS CERRADOS los cuales suceden cuando ningún elemento de afuera entra y ninguno sale fuera del sistema. Estos alcanzan su estado máximo de equilibrio al igualarse con el medio (ENTROPÍA, equilibrio). En ocasiones el término sistema cerrado es también aplicado a sistemas que se comportan de una manera fija, rítmica o sin variaciones.

Al ver a la biosfera como un todo, el cual es un Sistema Cerrado en el que los circuitos acuosos, gaseosos y minerales intercambian sustancias y disipan energía. Se puede considerar, que el sistema global está formado por subsistemas comprendidos en otros subsistemas. El hombre, sus máquinas, sus redes de comunicación y su crecimiento son parte del ecosistema y forman parte también, de sus intercambios energéticos y de información.

Que al relacionarlos con las leyes de la termodinámica encontramos conceptos importantísimos a considerar sobre el efecto que tiene sobre las áreas naturales el crecimiento urbano, porque nos dicen:

1° La materia no se crea ni se destruye solo se transforma.

2° La entropía.

3° La entalpía

(Santinelli 2004)

Estas relaciones nos llevan a atender lo que el biólogo austriaco Ludwig von Bertalanffy, (1901-1972), nos informa al explicar lo que es un sistema y la interrelación dinámica de sus componentes, toda relación que se genera dentro de la biosfera está dentro de un sistema; por lo que el ecosistema funda su origen en los primeros conceptos sobre sistemas, pero con la presentación de la Teoría General De Sistemas realizada por von Bertalanffy, el ecosistema deja de ser una simple suma de partes y, como totalidad cobra una característica propia. Ese carácter propio de sistema va más allá de sus partes, las que pueden relacionarse de múltiples formas, como se denomina en la teoría de sistemas, propiedad emergente, caracterizada por su nivel de organización. (www.ucmp.berkeley.edu).

No nos basta con saber que la evolución de los sistemas vivos puede corresponder a un aumento de entropía del universo (en el supuesto de que lo consideremos un sistema cerrado) y cumplir el segundo principio de la termodinámica" (Prigogine, 1988).

Enunciado en 1935, el concepto de ecosistema recién tomó fuerza en la década del 60, al ponerse en claro que la mayoría de las fracciones de un sistema que se estudian como ecosistemas son también parte de otros ecosistemas mayores y, al mismo tiempo, contienen partes más pequeñas que se pueden estudiar, con lo que es clara la estrecha relación entre lo local y lo regional, aun que algunos investigadores tienen una visión disociada y errónea al hablar acerca de ecosistemas naturales y humanos considerando que no existe relación entre ellos.

Tan solo basta con comprender que dentro de los ecosistemas existe una íntima relación entre las tasas de circulación; las tasas de flujo energético y materiales que atraviesan las fronteras hacia el interior y hacia el exterior del sistema, ya sea un sistema local o regional y el grado de información organizada que ha adquirido este durante un lapso considerable en el tiempo (Rueda 2005).

La distinción fundamental entre la noción de sistema ecológico y sistema termodinámico queda así planteada; la ecología se apoya en conceptos sistémicos de la teoría general de sistemas y no en la noción de sistema termodinámico en el sentido de unidad material aislada para estudio. Es decir, los conceptos de sistema en termodinámica clásica son muy anteriores a la Teoría General de Sistemas.

3.1 Termodinámica y asentamientos humanos

La termodinámica es fundamentalmente una ciencia fenomenológica basada en leyes generales, cuyo objetivo es obtener relaciones entre propiedades macroscópicas de la materia, cuando ésta se somete a toda una variedad de procesos. El desarrollo y aplicación de la termodinámica dependen en gran medida, de los conceptos de sistemas termodinámicos, alrededores, equilibrio y temperatura.

Un sistema termodinámico está constituido por cierta cantidad de materia o radiación en una región que nosotros consideramos para su estudio y que en nuestro caso serán los asentamientos humanos. Al hablar de cierta región surge de manera natural el concepto de frontera, esto es, la manera de dividir la región del resto del espacio. Esta frontera, en la mayoría de los casos de las ciudades, esta constituida por las áreas verdes o naturales (fluidos, radiaciones electromagnéticas) o bien, los bienes que se encuentran en la superficie (trozos de metal, agua, aire). Sin embargo puede darse el caso de que la frontera sea una superficie abstracta o de transición, representada por una porción de masa heterogénea en donde convive lo natural y la ciudad, estos elementos son determinados por quien realiza el estudio, Las primeras están impuestas a través de paredes que confinan al sistema a una región finita del espacio.

La parte del universo que interacciona con el sistema constituye sus alrededores. La interacción entre el sistema y sus alrededores estará caracterizada por los intercambios mutuos de masa y energía, en sus diversas formas, la energía puede intercambiarse por medios mecánicos o por medios no mecánicos, esto es por procesos de calentamiento o enfriamiento que veremos depuse.

En el caso de que un sistema esta contenido en un recipiente, lo cual es una situación común en la termodinámica, el grado de interacción con sus alrededores dependerá de la naturaleza de sus paredes, estas pueden ser: adiabáticas, son las que no permiten que un sistema modifique su grado relativo de calentamiento. Los llamados aislantes térmicos a nivel comercial son excelentes ejemplos de materiales con esta propiedad. Las paredes

diatérmicas, son aquellas que permiten interacciones que modifiquen el grado relativo de calentamiento. Los metales son materiales que constituyen excelentes paredes diatérmicas.

En base al tipo de paredes del sistema, los sistemas termodinámicos se pueden clasificar en:

Sistema Cerrado: Tiene paredes impermeables al paso de la materia; en otras palabras, el sistema no puede intercambiar materia con sus alrededores y su masa permanece constante.

El Sistema abierto; puede existir intercambio de materia o de alguna forma de energía con sus alrededores. Por último el **Sistema Aislado:** No puede tener absolutamente ninguna interacción con sus alrededores, la pared resulta impermeable a la materia y a cualquier forma de energía mecánica o no mecánica.

En termodinámica determinaremos el estado de un sistema en términos de ciertos atributos microscópicos, estos describen la condición física del sistema, las cuales están íntimamente relacionados con las restricciones impuestas al mismo. Decimos que un sistema se encuentra en equilibrio termodinámico cuando los valores varían con el tiempo en un mismo sistema. Así, decimos que un sistema se encuentra en equilibrio termodinámico cuando los valores numéricos asignados a las variables termodinámicas que lo describen no varían con el tiempo. Esta es una propiedad universal para todos los sistemas aislados, pues si un sistema deja de interactuar con sus alrededores alcanzará un estado de equilibrio.

Para visualizar y utilizar mejor estos conceptos en la descripción del comportamiento del sistema termodinámico en equilibrio vamos a introducir un espacio de estados microscópicos. En el caso de dos grados de libertad, el espacio de estados estará dado por un plano. Cada punto en este espacio representa estado en equilibrio termodinámico, pues sólo en equilibrio están definidas las variables del sistema.

Ley cero de la termodinámica; Si dos sistemas en equilibrio térmico con un tercero están en equilibrio entre sí, la Ley cero nos permite diferenciar los cuerpos entre sí con respecto a su grado de calentamiento. Este atributo, que es una propiedad del sistema, lo identificaremos con su temperatura, que resulta ser un concepto medible.

Debe destacarse que la formulación de la Ley cero contiene tres ideas firmes:

1. La existencia de una variable de estado, llamada temperatura.
2. La igualdad de temperaturas como una condición para el equilibrio térmico entre dos sistemas, o entre partes del mismo sistema.

3. La existencia de una relación entre las variables independientes del sistema y la temperatura, llamada ecuación de estado.

La primera ley de la termodinámica

La Primera ley de la termodinámica se refiere al concepto de energía interna, trabajo y calor. Nos dice que si sobre un sistema con una determinada energía interna, se realiza un trabajo mediante un proceso, la energía interna del sistema variará. A la diferencia de la energía interna del sistema y a la cantidad de trabajo le denominamos calor, el calor es la energía transferida al sistema por medios no mecánicos.

Cabe aclarar que la energía interna de un sistema, el trabajo y el calor no son más que diferentes manifestaciones de energía. Es por eso que la energía no se crea ni se destruye, sino que, durante un proceso solamente se transforma en sus diversas manifestaciones. Por lo que la energía total en cualquier sistema aislado se conserva, (<http://www.biopsychology.org>)

La primera ley de la termodinámica se aplica a todo proceso de la naturaleza que parte de un estado de equilibrio y termina en otro. La primera ley sigue verificándose, si los estados por los que pasa el sistema de un estado inicial (equilibrio), a su estado final (equilibrio), no son ellos mismos estados de equilibrio.

Permítase que un sistema cambie de un estado inicial de equilibrio, a un estado final de equilibrio, en un camino determinado, siendo el calor absorbido por el sistema y el trabajo hecho por el sistema. Del estudio de la mecánica recordará, que cuando un objeto se mueve de un punto inicial a otro final, en un campo gravitacional en ausencia de fricción, el trabajo hecho depende solo de las posiciones de los puntos y no, en absoluto, de la trayectoria por la que el cuerpo se mueve. De esto concluimos que hay una energía potencial, función de las coordenadas espaciales del cuerpo, cuyo valor final menos su valor inicial, es igual al trabajo hecho al desplazar el cuerpo. La primera ley de la termodinámica, se convierte entonces en un enunciado de la ley de la conservación de la energía para los sistemas termodinámicos.

Podemos expresar la primera ley en palabras diciendo: *Todo sistema termodinámico en un estado de equilibrio, tiene una variable de estado llamada energía interna cuyo cambio en un proceso diferencial está dado por la ecuación antes escrita.* <http://www.monografias.com>

3.2 Entropía en el sistema de la ciudad

La segunda ley de la termodinámica postula la existencia de otra propiedad termodinámica extensiva que se conoce como entropía, que significa evolución.

Antes de definir a la entropía es conveniente establecer lo que reconoce como desigualdad de Clausius; puesto que cualquier ciclo reversible puede sustituirse por una serie de ciclos de Carnot, en donde la igualdad se conserva en ciclos reversibles y la desigualdad en ciclos irreversibles, si observamos que a medida que aumenta la irreversibilidad en una máquina la integral cíclica de dQ/T se vuelve cada vez más negativa.

Una vez establecida la desigualdad de Clausius, considere un ciclo reversible formado por dos tipos de procesos adquiere el mismo valor a lo largo de cualquier trayectoria reversible entre el estado 2 y el 1. En consecuencia, esta cantidad depende de manera única y exclusiva de los estados inicial y final del proceso y es, por tanto, una propiedad termodinámica.

Es decir, el cambio de entropía entre dos estados termodinámicos cualesquiera puede evaluarse válida para cualquier sistema cerrado o masa constante, si es que se desea evaluar la diferencia de entropía entre dos estados; supone, además, un conocimiento de la relación calor trabajo a lo largo del proceso reversible, dado que la entropía es una propiedad termodinámica, la diferencia de entropías entre dos estados es la misma independientemente de que el proceso sea reversible o irreversible.

Considerando a la región como un sistema aislado, esto es, un sistema cerrado en el que no hay transferencia de energía con los alrededores. De acuerdo con la primera ley de la termodinámica, este sistema sólo puede adquirir aquellos estados donde la energía interna total del sistema permanece constante. Por otro lado, la segunda ley de la termodinámica establece, que el sistema aislado puede adquirir solamente aquellos estados en que su entropía se incrementa o permanece constante

De acuerdo con la segunda ley, la entropía solo se conserva en los procesos reversibles, y se crea o produce en los procesos reales o irreversibles.

Dado que el calor suministrado al sistema, así como la temperatura de sus límites pueden variar a lo largo de toda el área que limita el sistema, Ilya Prigogine centró sus investigaciones sobre el estudio de los sistemas termodinámicamente abiertos, que

intercambian materia y energía con el mundo exterior, de manera que adquieren y mantienen estructuras.

Prigogine llegó a la conclusión que el término general de la entropía puede dividirse en dos partes. La primera refleja los intercambios entre el sistema y el mundo exterior y la segunda describe qué cantidad de entropía se produce dentro del mismo sistema. La segunda ley de la termodinámica exige que la suma de estas dos partes sea positiva, excepto en el estado de equilibrio, el primer término será tan positivo que, aún siendo negativo el segundo término, la suma seguirá siendo positiva. Esto significa que, sin violar la segunda ley, los sistemas muy alejados del equilibrio pueden experimentar una disminución de la entropía local. Para los sistemas, esta disminución se manifiesta como un impresionante aumento de organización interna. Para destacar la conexión entre los procesos autoorganizativos y la gran producción de entropía, Prigogine llama a tales relaciones sistemas "disipativos" [Nicolásii Prigogine ,1977]. Al utilizarla para hacer notar la aparición espontánea de la estructura organizada, Prigogine destacó el importante papel positivo que puede desarrollar la producción de entropía [Hayles, N.K , 1993].

Ya que ningún acontecimiento pasa sin dejar huella. En los ecosistemas, son necesariamente complementarios los aspectos disipativos y los autoorganizativos capaces de recuperar, en información persistente, [Margalef, R. , 1995]. En los ecosistemas urbanos también se produce un aumento de organización del sistema pero sin maximizar la recuperación de entropía en términos de información. El actual comportamiento de los sistemas urbanos, en competencia voraz entre ellos, aunque como cualquier otro sistema de la tierra siga las reglas y las leyes de la física, cuando el aumento de la entropía contribuye muy poco a la autoorganización.

Cuando la competencia se manifiesta por caminos apartados de la maximización en la recuperación de entropía. El peligro no es compartir sino competir sin tener en cuenta el aumento de entropía.

La producción de entropía se expresa de manera simple y general en términos de las llamadas fuerzas y flujos termodinámicos asociados a la ocurrencia de un conjunto de procesos irreversibles. Para las entropías no termodinámicas también podríamos hablar de producción de entropía de manera similar a como se hace con la entropía termodinámica. En

este caso, las fuerzas y flujos implicados también están relacionados con procesos irreversibles en la línea temporal que marca la sucesión del ecosistema.

En las conurbaciones, la separación del espacio con funciones diferentes y la segregación social con densidades elevadas de gente con rentas, instrucción, etc, similares, obliga a un aumento del metabolismo externo relacionado con la capacidad de transporte y de control, para apaciguar las interacciones fuertes y los conflictos entre espacios y grupos.

Los atributos son elementos diferenciadores cargados de información que condicionan las relaciones y las trayectorias de las corrientes de materia, energía e información.

3.3 de la teoría general de sistemas al sistema de ciudades

- La teoría general de sistemas (TGS) surgió con los trabajos del biólogo alemán Ludwig Von Bertalanffy, publicados entre 1950 y 1968. La TGS no busca solucionar problemas o intentar soluciones prácticas, pero si producir formulaciones conceptuales que puedan crear condiciones de aplicación en la realidad empírica.

La teoría general de los sistemas afirma que las propiedades de los sistemas no pueden ser descritas significativamente en términos de sus elementos separados. La comprensión de los sistemas solamente se presenta cuando se estudian los sistemas globalmente, involucrando todas las interdependencias de sus subsistemas.

Las tres premisas básicas de la TGS se fundan en:

1. Los sistemas existen dentro de los sistemas. Las colonias existen dentro de las ciudades, las culturas dentro de conjuntos de culturas mayores de culturas y así sucesivamente.
2. Los sistemas son abiertos. En consecuencia de la premisa anterior. Cada sistema que se examine, excepto el de menor o mayor, recibe y descarga algo en los otros sistemas, generalmente en aquellos que le son contiguos.
3. Las funciones de un sistema dependen de su estructura. Para los sistemas vivos esta es una afirmación intuitiva, en el caso de los sistemas sociales es difícil.

El concepto de sistema pasó a denominar las ciencias; en el urbanismo se habla de un sistema de vialidad o de ciudades, el enfoque sistémico, hoy en día es tan común que casi siempre se está utilizando, el análisis sistémico de las organizaciones vivas muestra las propiedades generales de las especies que son capaces de adaptarse y sobrevivir en un ambiente típico. En ese sentido, las propiedades de los organismos son analizadas como sistemas abiertos, que mantienen intercambios continuos de materia/energía/información con el ambiente. La teoría de sistemas permite reconceptuar los fenómenos dentro de un enfoque global, para lograr la interrelación e integración de asuntos que son, en la mayoría de las veces de naturaleza completamente diferentes.

Un sistema es un todo organizado o complejo; un conjunto o combinación de cosas o partes que forman un todo complejo o unitario. Un sistema es un conjunto de objetos unidos por alguna forma de interacción o interdependencia. Los límites (fronteras) entre el sistema y su ambiente admiten cierta arbitrariedad.

En un trayecto imaginario entre el centro de una ciudad y su periferia, la complejidad es diferente hasta llegar a cotas reducidas. Estas consumen gran parte de los recursos de manera acelerada, pasando una parte de la información para mantener y aumentar la estructura más compleja del centro, o dicho de otro modo, para mantener o aumentar la diversidad potencial de comportamientos del centro (en el centro hay de todo y mucho). La periferia se puede alargar tan lejos como se quiera.

Los sistemas abiertos presentan relaciones de intercambio con el ambiente, a través de entradas y salidas, intercambian materia y energía regularmente con su medio circundante, la adaptabilidad es un continuo proceso de aprendizaje y de auto organización ya que los sistemas abiertos no pueden vivir aislados; un sistema abierto mantiene así mismo un continuo flujo de entrada salida, el sistema abierto evita el aumento de entropía y puede desarrollarse en dirección a un estado de creciente orden y organización.

Los sistemas, para ser explotables, se han de mantener abiertos y simplificados [Margalef, 1995]. La explotación que se ejerce sobre grandes zonas del territorio que han estado ocupadas en un proceso acelerado de urbanización es elevada.

La parte disipativa del sistema la constituye, sobre todo, la periferia de la ciudad, que es comparable a un campo de cultivo en términos de explotación. Son subsistemas de crecimiento acelerado con unas tasas E/H elevadas y, como en los sistemas naturales, los excedentes producidos en los sistemas urbanos permiten el aumento relativo de los componentes menos productivos.

El aprovechamiento máximo de los recursos y de minimización de residuos a escala local quiere decir establecer un grado de explotación máximo de los sistemas naturales y agrícolas respetando su permanencia en el tiempo.

El proceso de implantación de nuevos espacios urbanizados es necesariamente lento para poder encajar e interrelacionar los diversos componentes que lo configuran en una flecha temporal dirigida al aumento de la complejidad.

Los sistemas más maduros tienden a preservar testimonios más numerosos del pasado en el mismo lugar, incluyendo información suplementaria [Margalef, R. , 1992].

Incorporar nuevos espacios para nuestra satisfacción, sustrayéndolo a los usos que la naturaleza hacía, parece que habría de tener un significado alejado de la lógica lineal que prescinde de otro objetivo que no sea el propio de la acción de transformación, para insertarse en una lógica sistémica (lógica en circuito) donde el espacio, recurso escaso, ocupa una función propia, pero al mismo tiempo unida formalmente con el resto de componentes del sistema.

El modelo para la dinámica urbana empleado por J. Forrester es un modelo particular de simulación de un área urbana. Como sucede con todos los modelos contiene una visión particular de la estructura urbana y de sus relaciones internas. El modelo constituye una selección, a partir de numerosas alternativas, de los factores que se creen pertinentes para responder a cierto inconveniente detectado.

En dicho modelo se pueden distinguir dos conceptos fundamentales

1. Atracción (repulsión) que el área urbana ejerce sobre las empresas y las distintas categorías sociales de la zona.

2. Interconexión de los problemas. Esto evidencia lo difícil que se hace el tratamiento de estos problemas sobre la base de la sola intuición ya que es imposible actuar sobre alguno de los problemas sin afectar a los demás.

El área urbana que se considera puede ser una ciudad o parte de ella. Tal es así que el modelo ha sido aplicado con éxito.

3.4 Azar, complejidad y cambios en la mancha urbana

El azar, es una de las cuestiones que por tantas noche ha desvelado al ser humano; sin llegar aun a una determinación científica. El término "azar" deriva del árabe "az-zahr". El concepto de "azar" ha sido definido de maneras diversas como son "casualidad, caso fortuito", o "desgracia imprevista". Otra definición es la "supuesta causa de los sucesos no debidos a una necesidad natural ni a una intervención intencionada humana o divina", o como responsable de los resultados de determinado experimento ("los resultados obtenidos son atribuibles al azar"). Gran parte del método estadístico se basa en el muestreo aleatorio, es decir, la obtención de una muestra que sea representativa de una determinada población.

Se puede decir que el azar surge con los juegos a los que la voluntad humana no puede dominar, por ejemplo los dados; por más que queramos, si no tiramos de tal o cual forma no ganaremos.

Casualidad o causalidad. Un motivo de discusión casi permanente entre filósofos, teólogos y físicos. Una es la antítesis del otro; irreconciliable concepto que, de una manera u otra, rigen nuestra vida y nuestros actos. ¿Por qué nos pasa lo que nos pasa? Desentrañar este misterio equivaldría a echar un vistazo a la esencia misma del Universo, un sistema en el que se cree que reina el caos, más allá de las leyes fundamentales que lo rigen.

Depende del contexto en que se incluya el concepto del azar, de este se tomará una u otra acepción, y se captará mayor o menor cantidad de adeptos.

Por otro lado y en lo referente a la ciudad no solo se tiende a dar conforme a las leyes del azar definido como se hizo con anterioridad sino a las de la complejidad que es el conjunto de propiedades que exhiben los sistemas complejos.

La física ha tratado desde finales del siglo XIX con sistemas compuestos por muchas unidades simples y ha buscado su comportamiento colectivo. La materia no es más que un conjunto de moléculas que interactúan entre sí: se atraen si se encuentran a una distancia moderada, se repelen si se encuentran muy cerca. El comportamiento simple de atracción y repulsión, gobernado por las leyes de Newton o por las de la mecánica cuántica, da lugar a diferentes comportamientos colectivos. Algunas veces, complejidad es la cantidad de información de un sistema.

El Análisis de Sistemas trata básicamente de determinar los objetivos y límites del sistema objeto de análisis, caracterizar su estructura y funcionamiento, marcar las directrices que permitan alcanzar los objetivos propuestos y evaluar sus consecuencias. Constituyen el análisis en una serie de etapas que se suceden de forma iterativa hasta validar el proceso completo:

- En los últimos tiempos se está extendiendo el uso del término Ciencias de la Complejidad para referirse a todas las disciplinas que hacen uso del enfoque de sistemas. Los sistemas complejos presentan un comportamiento que puede ser en muchos casos, precisamente el opuesto al que sería intuitivo esperar. Este modo de comportamiento Forrester lo denomina anti-intuitivo.

En los sistemas complejos existe una gran multiplicidad de lazos de realimentación (feedback). De ellos, de ellos algunos son positivos y gobiernan los procesos de crecimiento, mientras que otros son negativos y gobiernan los procesos estabilizadores.

Lo interesante a resaltar es que debido precisamente a la complejidad de las interacciones, la causa de un cierto problema puede estar situada muy lejos en el tiempo de los síntomas que produce, o puede estar situada en una parte completamente diferente y remota del sistema

La dinámica de sistemas es una disciplina que combina la teoría, métodos y filosofía necesarios para analizar el comportamiento de sistemas complejos. Este campo ha avanzado durante las últimas décadas a través del trabajo de un grupo de investigadores del Tecnológico de Massachussets

Los sistemas complejos no solo estudian las características de las redes y de los fenómenos que ocurren en ellas, sino la propia evolución de estas redes. La importancia de la red de interacciones ha creado toda una disciplina dedicada exclusivamente al estudio de sus propiedades.

No es difícil entender por que los comportamientos colectivos en sistemas que están compuestos por muchos agentes suelen sufrir este tipo de transiciones. Algunos de estos comportamientos colectivos son el resultado de una amplificación de lo que ocurre con unos pocos agentes. Por lo tanto, el comportamiento colectivo será muy sensible a los pequeños detalles y a las mínimas asimetrías. (Parrondo2002)

En realidad vivimos en un entorno circular continuo, en el cual cada acción está basada en las condiciones actuales, tales acciones afectan las condiciones y este cambio de condiciones se transforma en el punto de partida para futuras acciones. No hay un principio o fin del proceso y son muchos los lazos que intervienen.

Esta es una conjetura razonable de la posible complejidad de la estructura de las orbitas que pueden ser grandes por los largos dimensionamientos del sistema. De esta manera podemos comprender como es que los sistemas dinámicos complejos van derivando en sistemas caóticos

3.5 Caos y fractales en la expansión de la región

El caos *per se* es impredecible, se requiere una metodología diferente para entender su dinámica, el análisis de estos sistemas se hace en el llamado espacio de fases, un espacio en el que están representadas todas las variables dinámicas del sistema. Por ejemplo, el espacio de fases de un péndulo simple se representaría en función de su posición y su velocidad.

Caos es una movilidad irregular, en donde a cada instante de la evolución del sistema le corresponde un punto en el espacio de fases, estos se sitúan en las llamadas "trayectorias", que no tienen nada que ver con el "recorrido espacial de las partículas", el conjunto de

trayectorias constituyen el retrato del fenómeno. El cual se describe mediante determinadas ecuaciones por ejemplo cuando consideramos dos trayectorias de una solución de ecuaciones con $(F=0)$, encontramos una larga lista de casos típicos, pero es claro, en el caso de la distancia de la trayectoria que va creciendo rápida y exponencialmente en corto tiempo.

Este comportamiento del sistema durante el curso del tiempo es muy sensible a las condiciones iniciales. Cuando las condiciones iniciales no se determinaron ni midieron exactamente, el sistema pueden desarrollarse a lo largo del tiempo en trayectorias absolutamente diversas. (Haken 1984)

Mientras que el movimiento caótico se puede solucionar con el modelo de Poincaré, el estudio de este movimiento encontró un renacimiento después de la publicación del modelo de Lorenz para la turbulencia (Chaos Q 295 H4 1984 pag 6)

El modelo de Lorenz contiene tres diferentes ecuaciones de primer orden y se leen así :

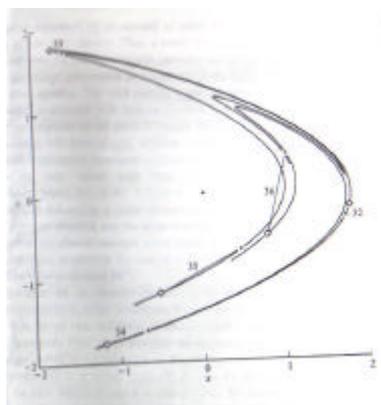
$$\dot{X} = sy - sx$$

$$\dot{Y} = -xz + rx - y$$

$$\dot{Z} = xy - bz$$

Aun cuando Lorenz se concentro en el clima es posible utilizar sus demostraciones térmicas, para explicar otro tipo de sistema caótico con la más mínima perturbación, como podría ser el movimiento generado por las alas de una mariposa produzcan un gran efecto, en las predicciones de largo tiempo. Ya que cada orbita es periódica y el periodo depende de la energía de la partícula.

Se da la dificultad del cómputo exacto, ilustrada en la siguiente figura:



Una respuesta parcial a esta pregunta viene de pruebas matemáticas rigurosas de la característica que sombra para ciertos sistemas caóticos.

Aunque una trayectoria numérica diverge exponencialmente de la trayectoria verdadera con la misma condición inicial, existe una verdadera trayectoria con una condición inicial que permanezca levemente diversa.

El movimiento caótico fue apreciado alta y especialmente por un número de matemáticos, porque demostró que el movimiento irregular puede causar de una manera enteramente determinista, y no es necesario invocar a las fluctuaciones.

En la terminología de Mandelbrot, los objetos con tal geometría son fractales; Cuando el atractor es fractal este se llama atractor extraño. Se dice que la dinámica de un atractor para ser caótica se da si hay sensibilidad exponencial a las condiciones iniciales. Diremos que un atractor es extraño si es fractal (esta definición de extraño se utiliza a menudo pero no se acepta universal) así, caos describe la dinámica en el atractor, mientras que es extraño refiere a la geometría del atractor. Es posible que los atractores caóticos no sean extraños (typically el caso (pag 19 Chaos in Dynamical systems)

Él llama las dimensiones medias o del intervalo las "*dimensiones fractal* ." Mandelbrot acuñó el término fractal de la palabra "fractus." basada en el adjetivo latino Él elige esta palabra porque el verbo latino correspondiente "frangere" significa "romperse," "para crear fragmentos irregulares." Él ha demostrado matemáticamente y gráficamente cómo la naturaleza utiliza las dimensiones fractal, qué él llama "ocasión obligada uno mismo " de crear las formas complejas e irregulares del mundo verdadero.

La investigación ecléctica de Mandelbrot condujo en última instancia a una gran brecha resumida por un fórmula matemático simple: $z \rightarrow z^2 + c$. Este fórmula ahora se nombra después de su inventor y se llama el sistema de Mandelbrot.

El sistema de Mandelbrot es un cálculo dinámico basado en la iteración (cálculo basado en la regeneración constante) de números complejos con cero como el punto de partida. La orden detrás de la producción caótica de los números creados por la fórmula $z \rightarrow z^2 + c$ se

pueden ver solamente por la representación del cálculo y del gráfico de la computadora de estos números. Si no la fórmula aparece generar un sistema totalmente al azar y sin sentido de números.

La fórmula de Mandelbrot resume muchas de las penetraciones que él ganó en la geometría fractal de la naturaleza, el mundo verdadero de la cuarta dimensión. Esto pone en contraste marcado con el mundo idealizado de las formas euclidianas de las primeras, segundas y terceras dimensiones que habían preocupado a casi todos los matemáticos antes de Mandelbrot.

Antes de Mandelbrot, los matemáticos creyeron que la mayoría de los patrones de la naturaleza eran demasiado complejos, irregulares, lejanos, hecho fragmentos y amorfo para ser descrito matemáticamente. Pero Mandelbrot concibió y desarrolló una nueva geometría denominada fractal basada en la cuarta dimensión y los números complejos de la naturaleza. Un operador es simplemente una descripción de cómo debe actuar una función dada, para definir un operador, debemos también especificar su dominio entre las características definen la función en el espacio.

La contribución $(x-1/2)$ a $r(x)$ es por lo tanto la rápida desaparición de la proporción esta relaciona el exponente de Lyapunov, esta función esta seguida por familias de polinomios denominadas polinomios de Bernoulli, son polinomios de alto grado de desaparición por que tienen un alto factor de extinción. Esta es la razón de por que la función de distribución se mueve rápidamente junto con una constante.

3.6 Sinérgica (Teoría de la Acción de los conjuntos) en el nuevo orden regional

Según su definición Sinérgica se refiere a la cooperación de las partes individuales de un sistema que produce estructuras espaciales temporales o de funcionalidad macroscópicas. En física se sabe que un número de sistemas está compuesto de muchos subsistemas, que cambian absoluta y dramáticamente su comportamiento macroscópico cuando varían ciertos parámetros externos.

Cuando ocurren las transiciones del desorden al orden, las fluctuaciones juegan un papel importante, podemos ejemplificar lo que sucede con las matemáticas aplicadas, como fue el

estudio realizado por Weidlich en el cual se analizó bajo la dinámica de la población, aspecto interesante como es saber el movimiento y el establecimiento de diversos grupos sociales en una ciudad.

Desde sus inicios el Desarrollo sustentable ha tenido diferentes acepciones y más aun de país en país, pero la definición se ha enfocado principalmente en diferentes aspectos, el desarrollo económico, el desarrollo y conservación de los recursos ecológicos, las diferencias en el desarrollo, la ideología, fondo cultural y costumbres resulta que se toman diferentes medidas e indicadores del desarrollo sustentable.

Estimando por sistemas computacionales, modelos matemáticos, ciencias gerenciales y otras ciencias, el sistema de ciencias desarrollado como un campo independiente y formado por tres teorías que son la de General de Sistemas, la cibernética y la informática han sido remplazadas por tres nuevas teorías durante los años 70's que son las estructuras disipadas de Prigogine, la Autoorganización de H. Haken y la teoría de las catástrofes de R. Thom, las cuales partes de las leyes de los sistemas abiertos, cambiando el desorden en orden o dentro de los altos niveles de estado mejor conocido como teoría de la autoorganización.

Especialmente la cinética o autoorganización introducida por Haken en 1969, explica y concluye las bases principales del desorden al estado de orden, esta famosa declaración resultados de la coordinación en ordenar, resume con éxito los fenómenos similares que existen en sistemas físicos y sociales abiertos.

Las técnicas que han estado integrando cada vez más un sistema de ayuda para la planeación, señalan la prevención de la planeación y la toma de decisiones del desarrollo sostenible con la información necesaria para la simulación utilizando indicadores sociales, económicos y ambientales, necesarios en el sistema de utilización del suelo y como coordinarlos sin resolver sistemáticamente el resto del sistema.

De acuerdo con los principios de la sinérgica, algunos modelos matemáticos se deben crear para cuantificar el grado de orden del sistema de utilización del suelo, en primer lugar

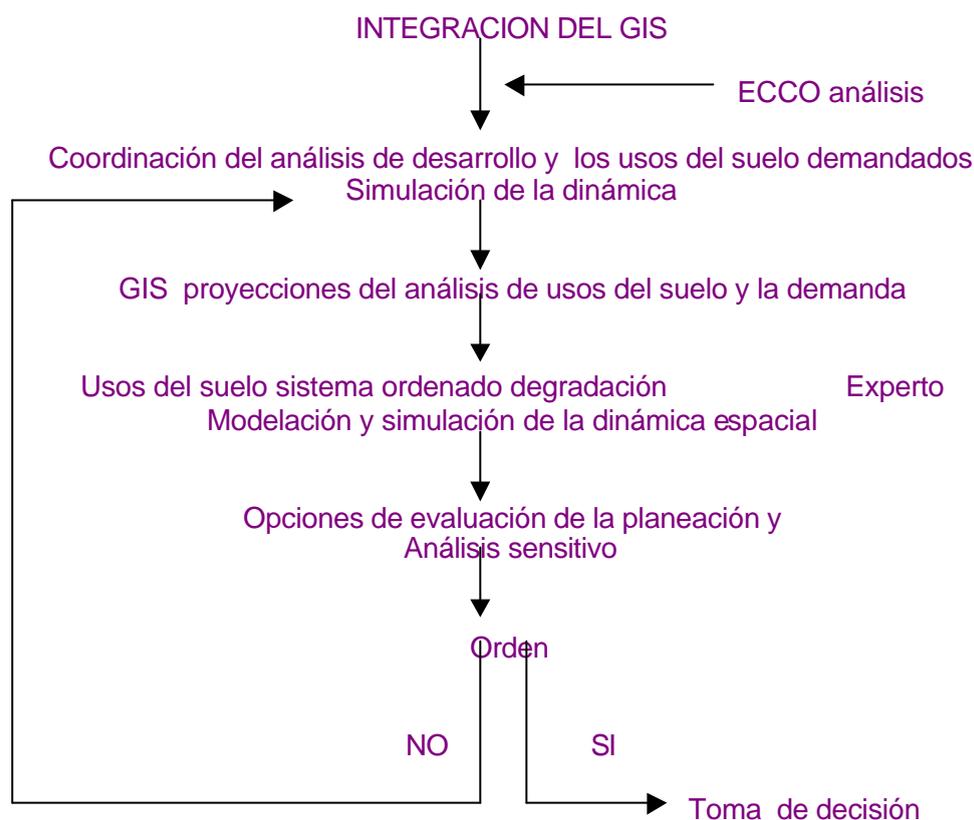
el GIS; luego algunos módulos que podrían desarrollar dinámicamente y simular el efecto espacial de diversos esquemas de planeación de la utilización del suelo y permitir determinar el uso óptimo a largo plazo, considerando que el sistema de la tierra consiste en la tierra, el océano y la atmósfera junto con el intercambio de materiales y energía a través de sus interfaces, pero sin olvidar que el sistema de la tierra es el centro del desarrollo socioeconómico y además es el recurso más importante para los seres humanos, sin embargo, la población aumenta y la evolución del desarrollo económico son básicos para el desarrollo integral del hombre.

En resumen, un sistema complejo de usos del suelo y los sistemas dinámicos abiertos es que cada uno de los subsistemas pueden crear una entropía positiva o negativa, por lo tanto en una interacción complicada no lineal, para asignar todas las actividades de la utilización espacial del suelo, el planteamiento sostenible debe señalar la utilización del suelo mediante un método óptimo de coordinación para alcanzar un equilibrio dinámico y comprensivo entre variables sociales, económicas y ambientales.

Los componentes de los medios deben ser observados no solamente en coordinación dentro del sistema de usos del suelo, dentro del área seleccionada de estudio incluyendo también al sistema en sí mismo y en relación con su ambiente extremo en el tiempo y el espacio

Un marco para la aplicación de la sinérgica, el sistema de usos del suelo es abierto, complejo y ordinario el cual puede ser analizado por los métodos de programación lineal, el análisis de entradas y salidas más el análisis de regresión pueden no satisfacer a la planeación del uso del suelo, pero sí ser una herramienta para hacerlo más práctico.

Cual modelo podría permitir obtener el grado de orden del sistema de uso del suelo, un marco para el proceso de planeación de la sustentabilidad del uso del suelo, está basado en los principios de la sinérgica



Esto se puede llevar a los sistemas de información geográfica GIS, ya que el si puede contener varios tipos de graficas como resultado de datos socio-económicos-ambientales, los cuales son necesarios para la planeación del uso del suelo junto con un modelo de calibración. El proceso de colección de datos esta enfocado principalmente a obtener tanta información como sea posible en la series de tiempo en lo socio-económico ambiental.

Referencias

1. www.ucmp.berkeley.edu
2. <http://c-n6prim.iespana.es>
3. Dr. Santinelli Ramos, Miguel Angel (2004) Apuntes de la Clase de Análisis de Ecosistemas, Colegio de Tlaxcala.
4. Prof. Dr. Alejandro Rodolfo Malpartida (2005) Director del Consejo Editorial del MAE <http://www.eco-sitio.com.ar>
5. Rueda Salvador (1996) Metabolismo y complejidad del sistema urbano a la luz de la ecología. <http://habitat.aq.upm.es/cs/>
6. <http://www.biopsychology.org/apuntes/termodin/termodin.htm>

7. Chiavenato, Idalberto (1995). Introducción a la teoría general de la administración. Mc Graw Hill 3° Ed.
8. Larrondo, J M R (2002) Paradojas y atascos de trafico.
9. Haken, Herman (1984) Chaos and Order in Nature Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
10. Martínez Pons, José Antonio (2002) El tratamiento del caos
11. Otto, Edward (2002) Chaos in dynamic systems. Cambridge
12. Prigogine, Ilya (1997) The End of Certain
13. Haken, Herman (1980) Dynamics of synergetic systems. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
14. Haken, Herman (1983) Synergetics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
15. Jianquan, Cheng (1999) A framework for Application of Synergetics for Sustainable Land-Use Planning. School of Urban Studies (SUS) Wuhan Technical University of Survey and Mapping (WTUSM)