

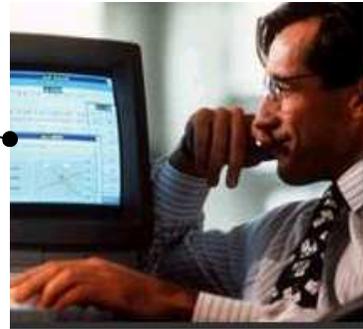
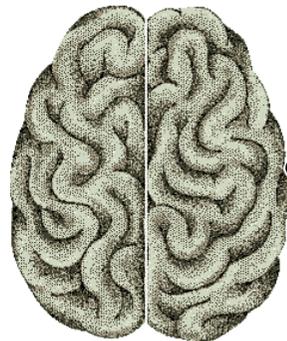
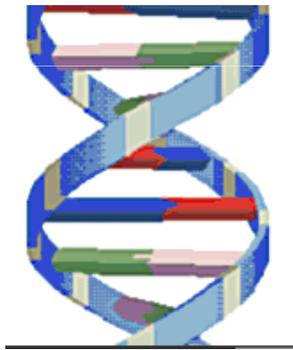
La Inteligencia Colectiva como Sistemas Emergentes

Jose L. Aguilar C.

*CEMISID, Dpto. de Computación, Fac. de
Ingeniería*

Universidad de los Andes. Mérida, VENEZUELA

La emergencia como una forma de reflexión, modelado y análisis de nuestro entorno, que transforma nuestra comprensión del desarrollo biológico y social, impactando áreas como la neurociencia, diseño de software, estudios urbanísticos, entre otros.



Sistema Emergentes

- Bases teóricas de los Sistemas Emergentes
 - Construcción y reconocimiento de Patrones
 - Retroalimentación
 - Control Distribuido
 - Interacciones locales: directas e indirectas

- Algunos Modelos Reales de Sistemas Distribuidos Emergentes
 - Ciudades
 - Cerebro
 - Hormigas
 - Web

Sistema Emergentes

- Software y Modelos Emergentes
 - Sistemas de Inteligencia Colectiva
 - Sistemas Artificiales Hormigas
 - Sistemas de Umbral de Respuesta
 - Juegos: starlogo, Simcity
 - Sistemas de Recomendación de la Web: Amazon, e-Bay, etc.
 - Redes Neuronales Artificiales
- Sistemas Emergentes Distribuidos
 - Búsqueda y selección de componentes
 - Hacia la Automatización de la producción de software libre
 - Medio de Gestión de Servicios Inteligente (reflexivos, conscientes del entorno, etc.)

Sistema Emergentes

- Un científico japonés llamado Toshiyuki Nakagaki anunció que había entrenado a un organismo ameboideo llamado moho de fango (*slime mold*) para encontrar el camino de salida más corto de un laberinto.
- A pesar de ser un organismo increíblemente primitivo (un pariente cercano de los hongos comunes), sin sistema cerebral central, el moho de fango se las arregló para recorrer el camino más eficaz hacia el alimento, adelgazando su cuerpo

Sistema Emergentes

Para ser un organismo tan simple, el moho de fango posee un nivel intelectual asombroso



Sistema Emergentes

- En verdad, el comportamiento del moho de fango es tan extraño que para comprenderlo fue necesario pensar más allá de los límites de las disciplinas tradicionales;
- El estudio de la conducta del moho de fango forma parte de un conjunto de investigaciones que han ayudado a transformar la comprensión del
 - Desarrollo biológico
 - La neurociencia,
 - El diseño de *software*
 - Los estudios urbanísticos
 - ...

Sistema Emergentes

¿Cómo consiguen funcionar tan bien todas mis células juntas?

- Las células del moho de fango son relativamente simples pero han atraído una atención de varias disciplinas—embriología, matemática, ciencias informáticas—, ya que ofrecen un ejemplo fascinante del comportamiento de un grupo coordinado.
- Cuando el entorno es menos favorable, el moho de fango se comporta como un organismo aislado; cuando el tiempo es más frío y el moho dispone de una cantidad de alimento mayor, “él” se transforma en “ellos”. El moho de fango oscila entre ser una única criatura y una colonia.

Sistema Emergentes

Se creía que las colonias de moho de fango se formaban al mando de células “marcapasos” que ordenaban a las otras células comenzar dicho proceso de agregación.

(B. M. Shafer, Harvard, 1962)

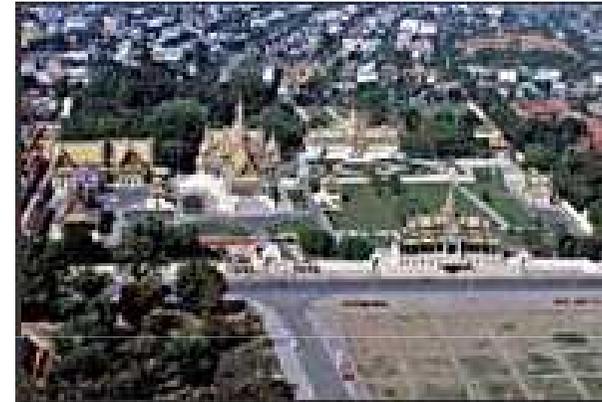
Sistema Emergentes

- Estamos naturalmente predispuestos a pensar en términos de “marcapasos”, tanto si hablamos de hongos como de sistemas políticos o de nuestro propio cuerpo.
- La mayoría de nuestros actos parecen gobernados por las células “marcapasos” del cerebro, y durante milenios hemos construido células “marcapasos” para nuestras organizaciones sociales, tanto si toman la forma de reyes como de dictadores o alcaldes.

Buena parte del mundo que nos rodea puede explicarse en términos de sistemas de mando y jerarquías

- La teoría de Shafer presuponía la existencia de una monarquía celular que gobernaba a las masas, pero resultó ser que todas las células del moho de fango eran iguales.

Este mito de la hormiga reina es la creencia mágica de las ciudades antiguas de la salud y del bienestar del monarca depende el bienestar de la sociedad y de allí la importancia de su seguridad.



EL *MITO* DE LA HORMIGA REINA

Genéticamente portamos de los antecesores un



75%



50%

Sistema Emergentes

- Turing publicó antes de su muerte, en 1954, un trabajo que trataba de la “morfogénesis”: capacidad de todas las formas de vida de desarrollar cuerpos cada vez más complejos a partir de orígenes increíblemente simples.
- Turing, usando herramientas matemáticas demostró cómo un organismo complejo podía desarrollarse sin ninguna dirección o plan maestro.
- Keller y Segel (70) hicieron una aproximación basados en Turing: la agregación de las células del moho de fango era un ejemplo real de esa conducta.
- Demostraron que las células del moho podían disparar la agregación sin seguir a un líder:
 - Alterando simplemente la cantidad de una sustancia común llamada acrasina que liberaban individualmente y
 - Rastreado la feromona que encontraban en su vagabundeo por los alrededores.
- Si las células del moho de fango bombeaban suficiente acrasina comenzarían a formar racimos. Las células empezarían siguiendo el rastro de otras células, creando un circuito de retroalimentación positiva que estimularía más células a arracimarse.

Sistema Emergentes

- Probaron que las células del moho de fango se organizaban desde abajo: “en términos de fenómeno colectivo”

simulación del moho de fango de Mitch Resnick:
<http://ilk.media.mit.edu/projects/emergence/contents.html>

La agregación del moho de fango es reconocida como un caso clásico para el estudio de la conducta ascendente o *bottom-up*.

- El descubrimiento de Segel y Keller puede compararse con una de las primeras piedras que provocan una avalancha:
 - Desenterró una historia secreta de pensamiento descentralizado,
 - Contribuyeron a la desconocida **ciencia de la autoorganización**,
- Algunas de las grandes mentes de los últimos siglos que intentaron comprender las **leyes de la emergencia** : Adam Smith, Friedrich Engels, Charles Darwin, Alan Turing.

Reglas sencillas y auto-organización

- Fenómenos naturales y sociales regidos por principios universales (vuelo de una parvada, tráfico vehicular, formación de un organismo, interacción de moléculas, organización de una ciudad, procesos de votación, propagación de incendios)
- Proceso de auto-organización: patrón emergente que resulta de la interacción de distintos actores y cuyas características no se pueden inferir al analizar las reglas de comportamiento de dichos actores.
- Interacción local → retroalimentación positiva (acciones individuales se magnifican con el tiempo)
- Ejemplos de procesos descentralizados en el mundo natural:
 - el vuelo sincronizado de las golondrinas que no siguen a un líder;
 - colonias de hormigas especializadas que crean y protegen sus nidos sin un planificador central y una reina que los dirija.

Sistema Emergentes

- Se limitaban a tratar aspectos específicos:
 - cómo aprenden las colonias de hormigas a aprovisionarse y a construir sus hormigueros;
 - por qué los barrios industriales se forman de acuerdo con las clases sociales;
 - cómo aprende nuestro cerebro a reconocer los rostros.
- Estas cuestiones pueden responderse sin apelar a las ciencias de la complejidad y la autoorganización, pero todas las respuestas comparten un mismo patrón,

Sistema Emergentes

- ¿Qué características comparten estos sistemas?
 - Resuelven problemas recurriendo a masas de elementos relativamente no inteligentes en lugar de hacerlo recurriendo a un solo “brazo ejecutor” inteligente.
 - Son sistemas ascendentes, no descendentes. Extraen su inteligencia de la base.
 - En estos sistemas, los agentes que residen en una escala comienzan a producir comportamientos que yacen en una escala superior a la suya:
 - las hormigas crean colonias,
 - los habitantes de una ciudad crean barrios,
 - un *software* de reconocimiento de patrón simple aprende a recomendar libros.

Son sistemas complejos de adaptación que despliegan comportamientos emergentes

La evolución de reglas simples a complejas es lo que llamamos “emergencia”.

Sistema Emergentes

- La forma más elemental de comportamiento *complejo*: un sistema con agentes múltiples que interactúan en forma dinámica de múltiples maneras, siguiendo reglas locales e independientes de cualquier instrucción de un nivel superior.
- Este sistema no es considerado *emergente* si las interacciones locales no son, en alguna forma, de macroconducta observable.

Eso indicaría el comienzo de la emergencia, un patrón de un nivel superior que surge de interacciones complejas paralelas entre agentes locales.

- El sistema estaría usando reglas locales entre sus agentes para crear un comportamiento de nivel superior adecuado a su entorno.
- La complejidad emergente sin adaptación es como los intrincados cristales que forman un copo de nieve: un bello diseño que no tiene ninguna función.

Las formas de comportamiento emergente interesantes exhiben la cualidad peculiar de hacerse más inteligentes con el tiempo y de responder a necesidades cambiantes y específicas de su entorno.

Historia de la emergencia

- **Primera fase:** mentes agudas intentaron entender la autoorganización sin darse cuenta a qué se enfrentaban.
- **Segunda Fase:** se comenzó a ver la autoorganización como un problema que trascendía las disciplinas establecidas. A través de la observación de las células del moho de fango, cotejada con las colonias de hormigas, pudo verse el comportamiento compartido, algo imposible si se las observaba en forma aislada.
 - La autoorganización se transformó en un objeto de estudio por derecho propio,
 - Aparecieron célebres estudios acerca de la complejidad en todas sus diversas formas.
- **Tercera fase** (finales década de 1990 a la actual): se deja de analizar la emergencia y comienza a generarse. Se empieza a construir sistemas autoorganizados en aplicaciones de *software*, en los videojuegos, en el arte y la música, para recomendar nuevos libros, reconocer voces, encontrar amigos.

en años recientes nuestra vida cotidiana se ha visto invadida por la emergencia artificial

Sistema Emergentes

- Lo que une a estos distintos fenómenos es una misma forma y patrón:

Una red de autoorganización, de agentes dispares, que crean un orden de un nivel superior sin proponérselo.

- Ejemplos:
 - juegos informáticos que simulan sistemas ecológicos vivos;
 - el sistema de gremios en la Florencia del siglo XII;
 - la división celular inicial que marca el principio de la vida;
 - el *software* que permite ver los patrones del cerebro humano.

¿Cual será el futuro de la emergencia artificial y que ocurrirá cuando nuestras experiencias mediáticas y movimientos políticos se formen en su mayoría a través de fuerzas ascendentes y no descendentes?.

Dinámica de sistemas complejos

¿Cómo y por qué el comportamiento emergente surge a partir de las interacciones locales?

Es decir...

¿Cómo cambian los sistemas complejos en el tiempo?

Evolución

Ciclos de realimentación

Auto-organización

Y entonces la complejidad es...

Plegere : tejer; *Plexus*: tejido, red.

Complexus: tejido conjunto

Un sistema entretejido con propiedades emergentes. Hilo, tela, ropa.

El ensamble de componentes (reconocibles) en una unidad que debido a sus interconexiones desarrolla nuevas características muchas de las cuales no se relacionan con las características individuales de los componentes.

“El todo es más que la suma de las partes”

Relaciones

Interacciones

Emergencia



Alan Turing

- Estuvo estudiando los patrones matemáticos
- Eso lo llevo a estudiar el problema del desarrollo biológico en términos matemáticos, lo que lo llevo a escribir su trabajo sobre morfogénesis: comienzo de la forma
- Su trabajo se había concentrado en la detección de patrones agazapados en el aparente caos del código
Como sabe una semilla construir una flor?
- Objetivo: construir maquinas automatizadas que pudieran reconocer patrones de señal sonora o secuencia numérica



Warren Weaver

Warren Weaver

- Genero las ideas básicas de la teoría de la complejidad, reuniendo la investigación en:
 - Biología molecular
 - Genética
 - Física
 - Ciencia Informática
- Resumió la investigación científica en tres grandes campos
 - Sistemas Simples: problemas de 2 o 3 variables como la rotación de la tierra
 - Complejidad desorganizada: millones de variables cuya resolución es a través de mecánica estadística o teoría de probabilidades: ejemplo es la explicación del comportamiento de la herencia genética
 - Complejidad organizada: numero moderado de variables interrelacionadas



Warren Weaver

Weaver

- Ejemplo mesa de billar:
 - Simple: Mesa de billar corriente
 - Complejidad desorganizada: millones de bolas en colisión (no se pueden hacer predicciones acerca del comportamiento de cada bola)
 - Complejidad organizada: bolas tienen un motor que sigue reglas específicas , y a través de sus variadas interacciones crean una macroconducta particular, formando un patrón en el tiempo (comportamiento de nivel superior)
- Morfogénesis fue uno de los primeros intentos de imaginar el desarrollo como un problema de complejidad organizada

Por qué la Inteligencia Artificial lo estudia?

- Comprender el modo en que los sistemas cambian, como evolucionan; en una palabra, como aprenden
- Experimentar con modelos de inteligencia ascendente, distribuida y no unificada de forma descendente
- Holland: Reglas simples podían llevar a conductas complejas (idems a Turing)
 - Gran hallazgo: usar un sistema ascendente, el de selección natural

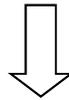
Nacimiento a la Computación Evolutiva

- Enjambre de partículas, de programas, etc.!!

Inteligencia Artificial

- Al principio sistema es errático, pero después va aprendiendo

- Va reconociendo (asociando grupos)
- Necesita ser entrenado



Software emergente:

- Programación genética en la construcción de software
- Programas de reconocimiento de patrones
- Pandemonium: Modo de aproximarse a un problema. Enjambre de miniprogramas organizados jerárquicamente de forma ascendente con instancias retroalimentadoras

Lógica del Enjambre

J. Aguilar

Lógica del enjambre

Agentes con un limitado vocabulario (p.e. feromona) y habilidades cognitivas mínimas, se encargan de resolver colectivamente problemas que requieren sutileza e improvisación

- Pericia para la coordinación social
- Incapaces de ponderar una situación global pero la coordinación la hacen a partir de *información local*

Piensan y actúan localmente, pero su acción colectiva produce comportamiento global
- Usan variables con valores locales para tomar decisiones o inferir (p.e: tamaño de la colonia, cantidad de comida, etc.)

Lógica del enjambre

- Principios del Sistema donde la *macro inteligencia* y la adaptabilidad derivan del conocimiento local:
 - Requiere de una *masa critica*.
 - La *ignorancia es útil*, no un defecto. Es mejor un sistema de elementos simple densamente interconectado (ej. Neurona conciente)
 - *Alentan los encuentros casuales*, ya que sistema depende de fuertemente de las interacciones
 - *Buscan patrones* en los signos: dependen de los patrones que detectan (meta información)
 - *Prestan atención a los vecinos*: información local produce sabiduría global

Lógica del enjambre: Caso Hormigas

- *Hormigas *Selonopsis invicta**: vocabulario de 10 signos, 9 de los cuales se basan en feromonas (excepto la táctil entre hormigas). Codifican:
 - Reconocimiento de tareas: estoy recolectando comida
 - Atracción de rastros: aquí hay comida
 - Alarma: huyamos
- Distinguen gradientes en las feromonas y donde es mas intenso el olor. Basándose en la señal de la feromona como su frecuencia en el tiempo pueden definir una conducta propia
- Regulación de Tareas:
 - Perciben la diferencia de encontrar 10 o 100 hormigas en un lapso de tiempo
 - Llevan una muestra estadística local del tamaño de la población global: basada en el encuentro casual con otras hormigas
 - Si encuentra mas de lo esperado haciendo algo, ella no lo hace

retroalimentación local base de la planificación descentralizada
en vez de usar un sistema de mando lo resuelven con probabilidad estadística
- Puede haber error (p.e sobreestimar), pero siempre será despreciable y compensable (se neutraliza por otra, p.e subestimación)

Lógica del enjambre

- Colonias de hormigas atraviesan ciclos: infancia, adolescencia y madurez
 - Colonias jóvenes mas inestables y peleonas
 - Hormigas pueden vivir 1 día, pero colonia 15 años
 - Conducta global sobrevive a sus partes
 - Generaciones van y vienen, no obstante colonia cada vez es mas estable, organizada y resistente.

Igual células del cuerpo, abejas!!!

Cerebro de la colonia es la suma de miles de decisiones de las hormigas tiene la colonia personalidad

Hormigas



Neuronas

feromonas



Neurotransmisores

Colonias de hormigas



Cerebro humano



Lógica del enjambre: caso Células

- Células obedecen al ADN, pero también aprenden de sus vecinas para autoorganizarse
- Las células se comunican a través de sales, aminoácidos, azúcares, etc.
- Comunidad de células emerge ya que cada célula se fija en su vecina para saber como comportarse
- Dado que cada célula tiene una copia del feromona, puede actuar según su propia información y con las señales que recibe de sus vecinas

Lógica del enjambre: caso Ciudades

- Conducta de las ciudades sigue la lógica del enjambre
- SimCity sigue esa lógica: reproduce comportamiento del embrión y de colonias de hormigas
- Explota las posibilidades de la emergencia: manzanas tienen valores (precio, contaminación), que cambian según valores de sus vecinas y decisiones que tomen los jugadores (poner comisaría de policía, etc.)
 - Se organiza espontáneamente patrones (p.e. barrios)
 - Motivos locales conllevan a macroconducta en un nivel superior (ciudades)
 - No necesariamente hay reglas que lo rigen: emergen a partir de consensos tácitos: la banca se sitúa en una zona, los latinos en otra zona, etc.

SimCity

- El juego ofrece también gran variedad de objetos para decorar la ciudad, ya sea para fines decorativos o para lograr conseguir una mayor aprobación como alcalde por parte de los residentes (Sims).
- La gran comunidad que rodea al juego ha logrado extenderlo, mejorando el algoritmo de búsqueda de objetos, añadiendo cantidad de edificios al juego, o hasta convirtiéndolo en juegos totalmente diferentes (urbaniza Marte, o crea un paraíso vacacional).

Lógica del enjambre

- Ciudades reales: las aceras son importantes
 - Interacciones locales conducen a un orden global
 - Conductor primario de flujo de información de los residentes (comunicación banda ancha)
 - Produce tanto la cantidad y calidad correcta de interacciones locales
- Permiten crear un orden complejo y ofrecen la posibilidad de cambiar la conducta
 - Retroalimentación (aprendizaje de nivel superior)
- Por ser mas inteligentes que las hormigas, los patrones sociales que formamos son superiores que el de las colonias de hormigas

Fijarse en el comportamiento de los vecinos para saber que acción se ha de realizar

Dichas interacciones posibilitan a los sistemas complejos, colonias de hormigas, ciudades, crear sistemas emergentes.



En realidad cada individuo (ser humano) que conforma una ciudad piensa, a diferencia de cada individuo (hormiga) que conforma una colonia, por eso creamos organismos más complejos.





En el mundo real cada uno
somos como termostatos
sociales:

Leemos la temperatura grupal y
ajustamos nuestra conducta o
comportamiento de acuerdo con
ella.

Lógica del enjambre

- Igual que las hormigas, trabajamos en dos escala:
 - Escala de la vida humana
 - Escala milenaria de las ciudades
- Macro-desarrollo pertenece a la ciudad:
acontecimiento global significativo del pasado
- Por que triunfa ese macroorganismo?: por sus capacidades emergentes:
 - Almacenan y recolectan información
 - Reconocen y responden a patrones

Todo contribuimos!!!

Lógica del enjambre: caso Web

Es inteligente la web?

- Web cada vez interconecta mas a seres concientes
- Inteligencia requiere tanto conectividad como organización (p.e patrones) y como se estructuran.
 - Ciudades= barrios
 - Cerebro= zonas
- Portales y buscadores surgen por desorganización de la web



Internet

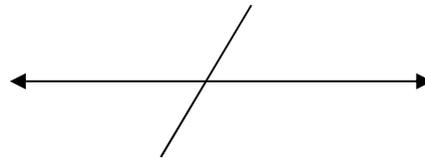
- Exceso de información.
- Desorganización de la información por cualquier parte de la web.

La inteligencia requiere tanto conectividad como organización.



Cerebro humano

- Información organizada para hacer algo.
- Organización específica.
- Dirigida a unos fines.



Lógica del enjambre

- Organización sirve para seguir fines:
 - Mover musculos para alcanzar objetivos
- Web genio con la conexión y pésimo con la estructura
- Pero ya empiezan a aparecer macro-patronos:
 - Distribución de sitios web y su publico
 - Pero es como bola de nieve que como barrio
- Autoorganización reviste energía creativa y poder, pero debe canalizarse para producir inteligencia
- La web con ciertos cambios puede ir hacia allá.
 - P.e las relaciones deben ser reciprocas (link html es unidireccional!!)
 - para pasar vía la retroalimentación a estructuras mas organizadas

Reconocimiento de Patrones

- Patrón en el tiempo es uno de los milagros de la emergencia: barrios, etc.
- Requiere de mecanismos de aprendizaje
- Aprendizaje no dependen siempre de la conciencia. También se aprende de forma inconsciente:
 - Almacenar una información y saber donde encontrarla
 - Reconocer y responder a patrones

ENCONTRAR PATRONES

Creación del sistema gremial.



Reorganización que cambió literalmente el mundo

SER CAPAZ DE RECONOCER Y RESPONDER AL CAMBIO DE PATRONES.

Hacer el sistema más eficaz respecto a los objetivos.



Se presentan cambios de fase o cambios de estado organizacional en cuanto a las ciudades y estados se refiere debido a cambios en los niveles de energía que los recorren.

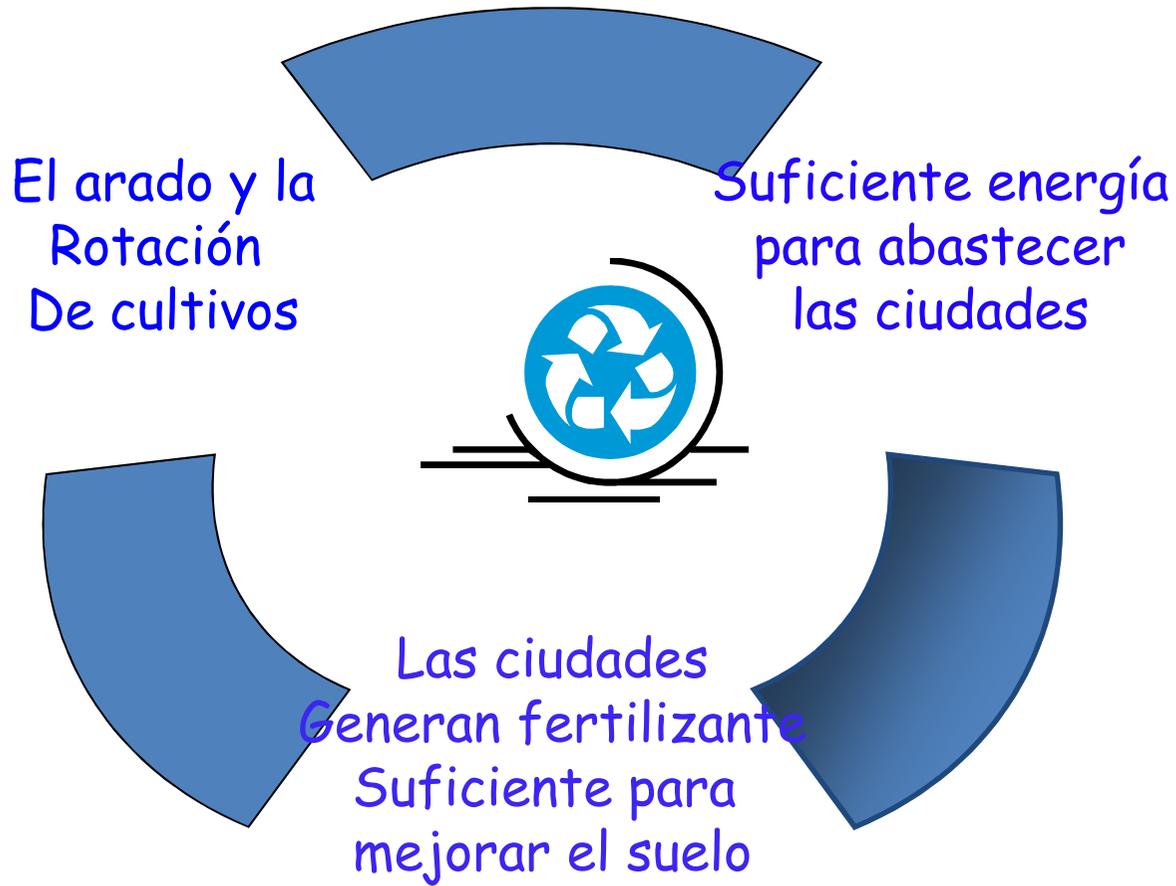
Cambios repentinos, instantáneos y definidos.

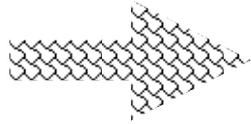
ESCUCHAR A LA RETROALIMENTACIÓN

Todos los sistemas descentralizados dependen en gran medida de la retroalimentación, tanto para su crecimiento como para su regulación.

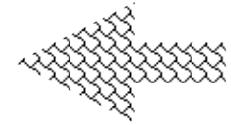
Hasta el incidente más pequeño puede convertirse en gran acontecimiento.

RETROALIMENTACIÓN





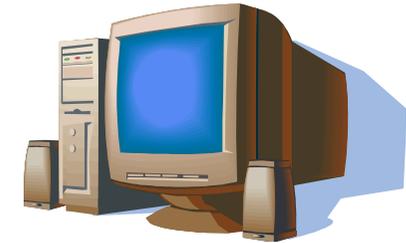
Retroalimentación negativa: para llegar a condiciones adecuadas manejando cambios aleatorios.



“Cuando deseamos que un mecanismo siga un patrón, la diferencia entre el patrón y el mecanismo se usa como dato para la autorregulación” (homeostasis)

PC moderno)

(Cómo la llamó Wiener el precursor del



La retroalimentación de nosotros con el medio que nos rodea, permite que estemos al día y coordinemos con el tiempo real.

Bases para un sistema emergente

- Un sistema emergente debe ser adaptador
- Ajustarse a diferentes tipos de retroalimentación
 - Retroalimentación positiva: pone en movimiento
 - Retroalimentación negativa: alcanza puntos de equilibrio

Autorregulación

Homeostasis: que un mecanismo siga un patrón dado



Se puede lograr un sistema emergente como el de una colonia de hormigas o una democracia virtual (comunidad web) combinando

- retroalimentación positiva y negativa,
- aleatoriedad estructurada,
- interacciones entre vecinos (acera, no autopista) y
- control descentralizado (todos los miembros aportan en cierta manera para el control del sistema global)



Reconocimiento de Patrones clave para la Web

- Arte emerge de las simetrías percibidas

Lo que diferencia a la música del ruido es que la música tiene patrones y nuestros oído están entrenados para detectarlos

- Algoritmos que buscan patrones generan capacidades emergentes
- Semántica Web
 - Rastrear asociaciones de sitios web
 - Registrar hábitos de visitas

Reconocimiento de Patrones en la Web

- Redes sociales
- Wikipedia
- Desarrollo del Software Libre

Wikipedia

Enciclopedia de contenido libre basada en tecnología wiki (*tecnología que permite que páginas web alojadas en un servidor público sean escritas de forma colaborativa a través de un navegador, conservando un historial de cambios que permite recuperar de manera sencilla cualquier estado anterior de la página*). El calificativo "libre" se aplica tanto al uso del contenido como al desarrollo del mismo, por ello es de contenido abierto y su utilización está regida por la licencia GFDL ("GNU Free Documentation License").

Wikipedia

Es una aplicación que utiliza la inteligencia y colaboración de sus miembros para proporcionar servicios interactivos en red dando a cada miembro el control de sus datos.

- Comportamiento Emergente
- Mezcla consenso-democracia y monarquía.
- Tiene mecanismos de revisión de artículos, de políticas o normas, entre otros (Cada comunidad por idioma tiene sus propias normas)
- Cualquier usuario desde su navegador puede crear o editar cualquier artículo.
- Se guarda un "historial" de versiones.

Caso de las Ciudades

Ciudades

- Caso Manchester
 - Asentamientos en la época romana (y un fuerte militar)
 - En 1301 se le otorgo una cedula pero dependía de otra ciudad vecina (1400 primera Universidad)
 - En el siglo XVII se convirtió en uno de los corazones de la revolución comercial y tecnológica. Hitos:
 - Convergen 4 momentos históricos: aparición de la tecnología textil a vapor, de los sindicatos, los mercados globales, y la cercanía al sistema financiero de Londres
 - Tasa de crecimiento poblacional sin precedente
 - Sin embargo, se le reconoció como ciudad en 1853!!

Ciudad caótica y poco planificada

Ciudades

- Engels, llegó a la ciudad en 1842, y escribió un clásico llamado “La situación de la clase obrera en Inglaterra”
- En medio de la locura de la ciudad que trata Engels, describe un modelo de autoorganización:

La ciudad está construida de modo que puede vivirse en ella durante años y años y pasearse diariamente de un extremo al otro sin encontrarse con un barrio obrero o tener contacto con obreros... Esto se debe principalmente a que, sea tácito acuerdo, sea con intención consciente y manifiesta, los barrios habitados por la clase obrera están netamente separados de los de clase media ... igualmente que los comerciantes minoristas, ..., deben ocupar las calles principales, ... Y sin embargo Manchester está construida con pocas reglas

Diseño de ciudades estructuración y organización adecuada aunque sin premeditación en la cual las diferentes clases están lo suficientemente aisladas como para no cruzarse con la clase opuesta al realizar sus recorridos cotidianos.

Clase media alta - Clase
media media, media baja -
clase baja

Esta situación perdura y perdurará por muchos años. “La ciudad parece tener vida propia”.

Ciudades

Esta combinación de orden y anarquía es lo que llamamos *comportamiento emergente*

- Complejidad en la ciudad:
 - Sobrecarga sensorial: la ciudad tensa al sistema nervioso humano
 - Sistema autoorganizado: describe al sistema de la ciudad en si mismo y no la percepción empírica por parte del habitante. Tiene una personalidad

Complejidad sistémica

- Complejidad sistémica:
 - Un extraño tipo de orden: un patrón en las calles a partir de acciones locales no coordinadas
 - Eso fue lo que observo Engels: patrones de conducta humana y toma de decisiones que han sido escritos en la textura de los edificios de la ciudad, patrones que retroalimenta a los residentes de Manchester y alteran sus decisiones futuras

Ciudades

- Ciudad: Máquina de amplificar patrones a través de los barrios
 - Mide y expresa la conducta repetida de colectivos mayores
 - Recoge información sobre la conducta global y la comparte con el grupo
 - Esos patrones retroalimentan a la comunidad, por lo que pequeños cambios de conducta pueden conducir a cambios mayores:
 - Grandes tiendas en los bulevares
 - Clase obrera relegada a callejones
 - Los artistas viven en la ribera izquierda, etc.
- Para crear esas estructuras no son necesarias regulaciones ni planes urbanísticos deliberados
 - Lo único que se necesitan son miles de individuos y unas pocas reglas simples de interacción
 - Solo hace falta unos pocos patrones de conducta repetidos, amplificados a formas mayores que perduren durante generaciones: barrios, vecindarios, etc.

Ciudades

La historia del urbanismo es una historia de signos mudos, contruidos a partir de la conductas colectiva de grupos mas pequeños y difícilmente detectados por quienes no pertenecen al grupo

Ejemplo nacional: metro de Caracas

Ciudades

- Planificadores urbanos han atacado el problema de los barrios desde un enfoque descendente:
 - Demoler barrios enteros y construir desoladores edificios dormitorios, rodeados de jardines, etc.
 - Es una mejora en cuanto al espacio e infraestructura
 - Pero, se convierte en zona de guerra que incrementa la tasa de criminalidad y destruye la sensación de pertenencia
- Otro enfoque de revalorizar el barrio y restaurar la urbanidad dinámica de la vida en la ciudad consiste en observar las calles si funcionan y aprender de ellas

Bajo el desorden de la ciudad, en los sitios donde la ciudad funciona bien, hay un orden que mantiene la seguridad en las calles y libertad en la ciudad

Ciudades

- Implica una visión de la ciudad que se corresponde con algo mayor que la suma de sus residentes, mas próximo a un organismo vivo, con capacidad de adaptación

Jacob (1961)

- Toman su orden desde abajo, son maquinas de aprender, de reconocer patrones (un siglo después de Engels!!)
- Es decir, se modelo la vida urbana como una “complejidad Organizada” (ver a Weaver mas adelante)

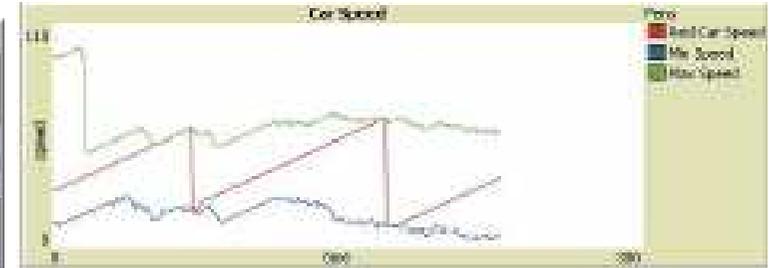
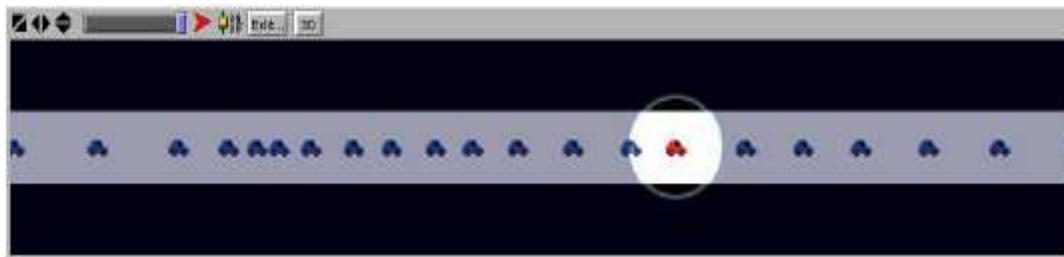
Un orden superior puede emerger espontáneamente del caos subyacente

Ejemplos de procesos descentralizados en la ciudad

- humanos responden de manera consciente ante condiciones del entorno.
- Modelo de tráfico vehicular: congestionamiento sin una causa aparente; efecto 'serpiente'
- Modelo de segregación de Schelling: individuos muy tolerantes pero comunidades segregadas
O agregación!!!
- Modelos de desplazamientos en un espacio: flujos peatonales y pánicos en estadios

El tráfico vehicular

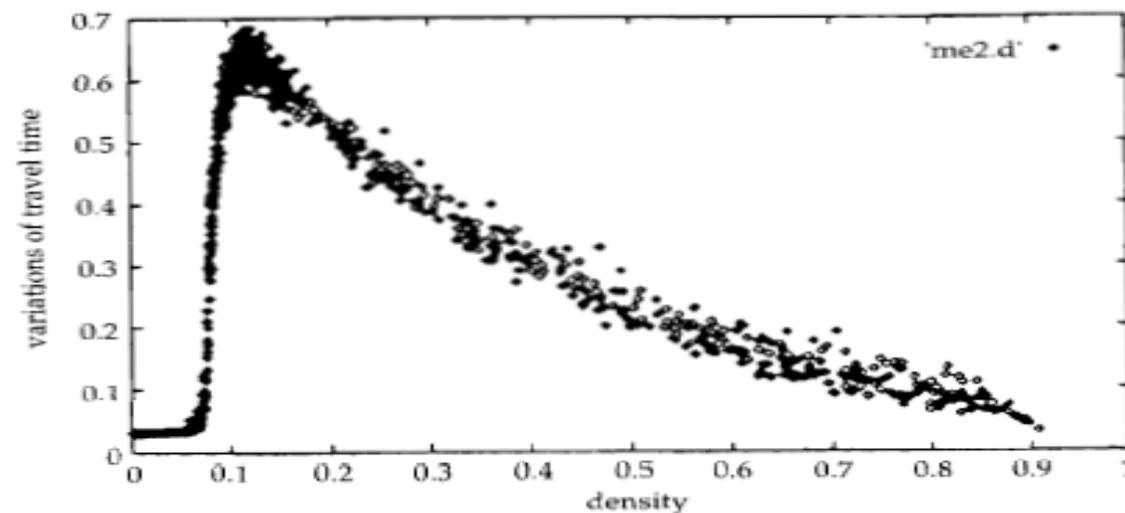
- Observador determina: número de vehículos, velocidad de arranque y freno. Interfaz describe velocidades máximas, mínimas y promedio.
- Posicionamiento de los carros aleatorio → patrón emergente con oleadas de congestiónamiento que van de derecha a izquierda



- En la realidad los atascos se producen por la presencia de algún factor exógeno: cuellos de botella, accidentes, maniobras descabelladas.

El tráfico vehicular

- En un sistema complejo no es posible pronosticar comportamientos con precisión.
- En el sistema de tráfico existe una transición de fase en donde la variación en los tiempos de recorrido se incrementa súbitamente.



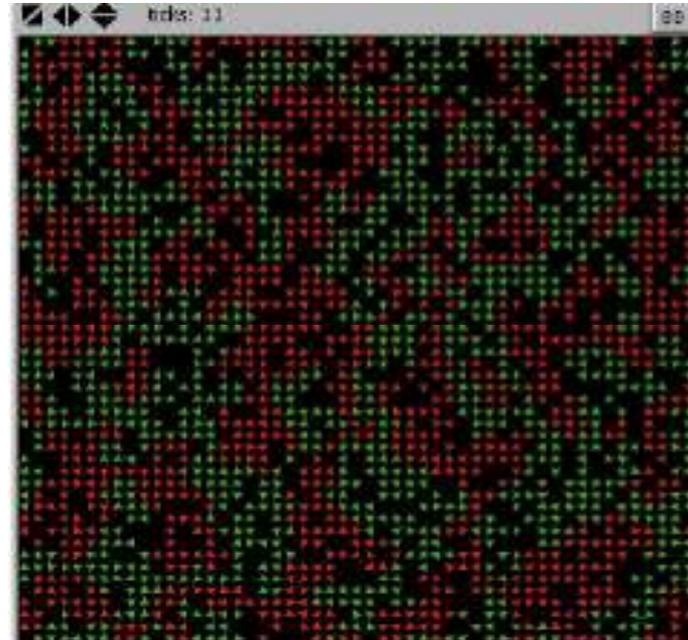
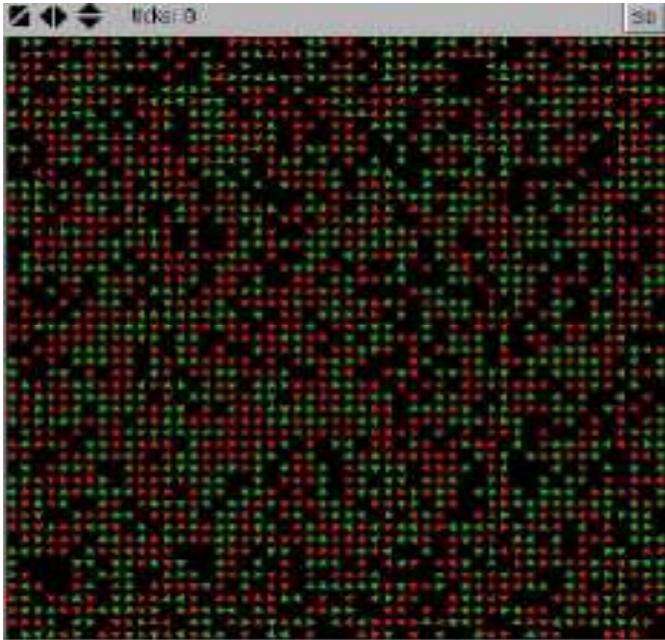
Segregación de las comunidades

- % mínimo de gente del mismo color en la vecindad para estar contentos.
- Al pasar un umbral de tolerancia la persona se mueve aleatoriamente a un espacio vacío (área negra) en otro barrio que inicialmente cumple con sus preferencias.
- Un barrio que parecería adecuado puede terminar no siéndolo
- Migración se detiene cuando todas las personas están contentas con la composición de su barrio.

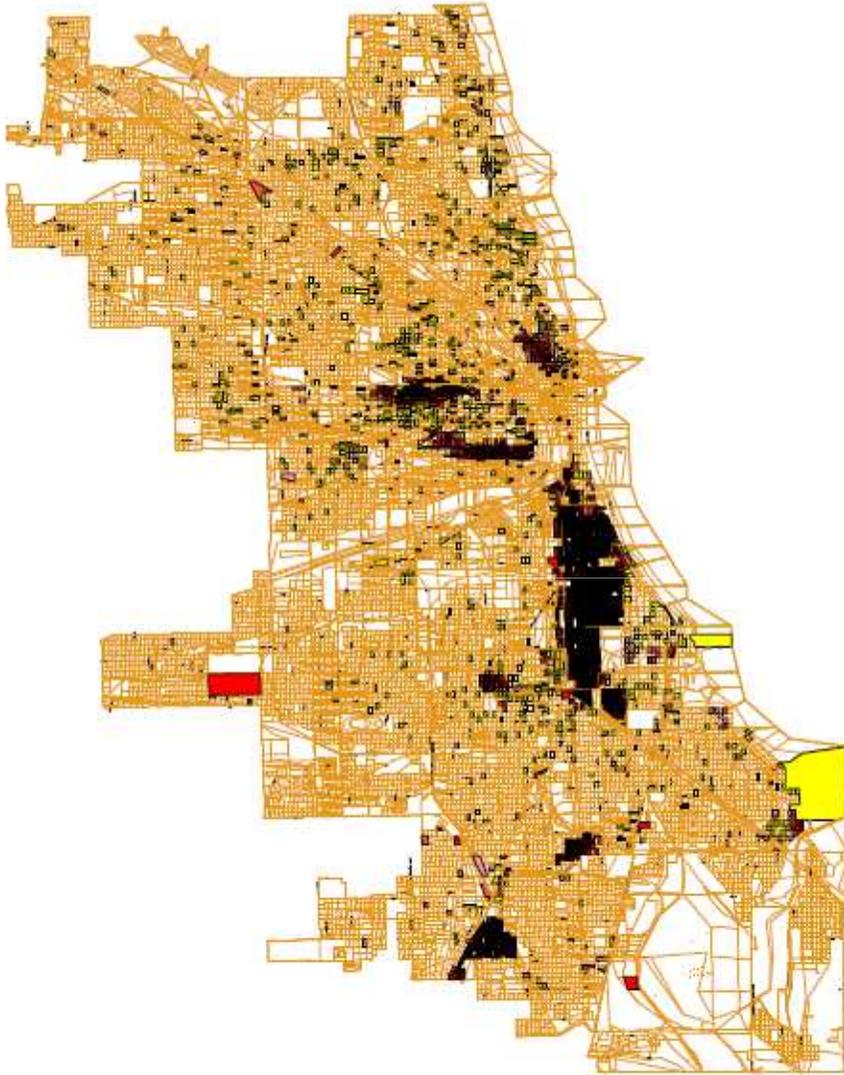
Ejemplo de patrones que emergen

- Patrón emergente 1: interacciones con individuos aparentemente tolerantes (sólo 30% afines)
equilibrio de segregación.
- Patrón emergente 2: alto nivel de intolerancia (e.g. 90% de personas afines).

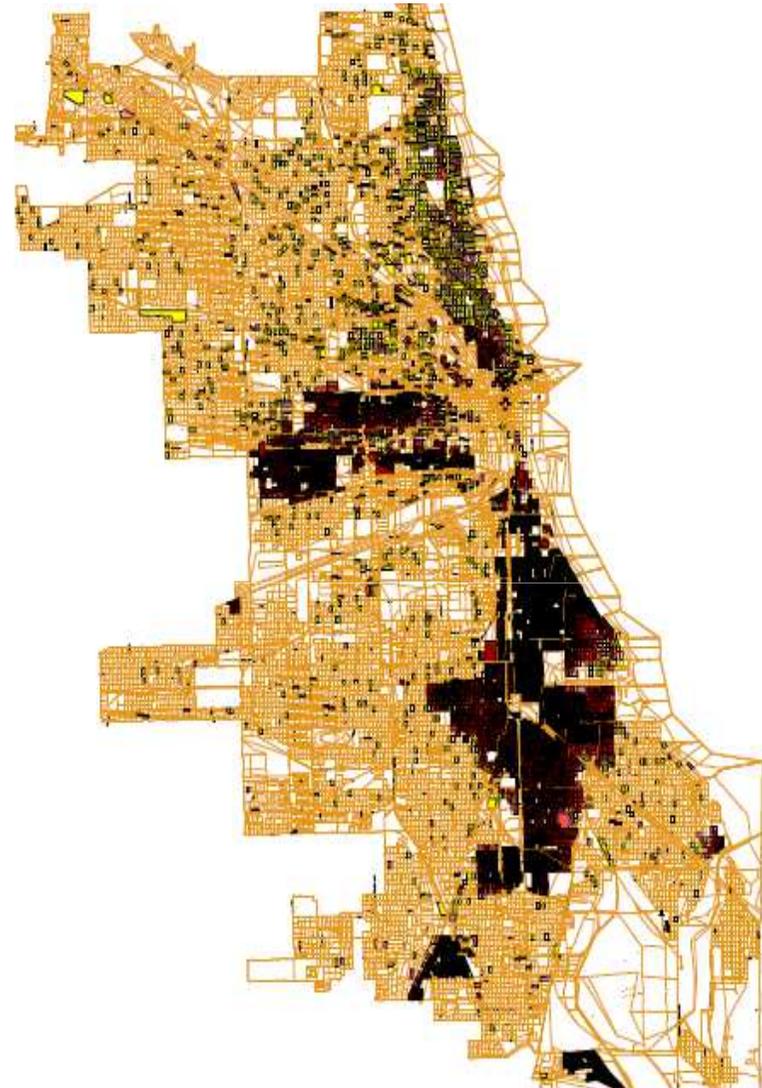
continuo desequilibrio



Segregación en Chicago



Mapa Étnico de Chicago 1949

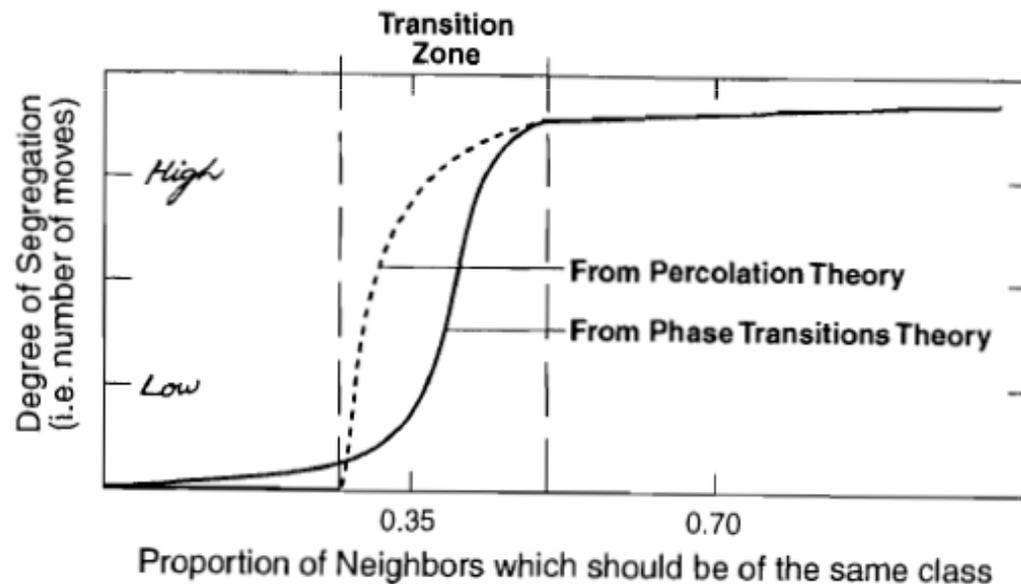


Mapa Étnico de Chicago 1960

Zonas con 1-5% de hogares de gente negra en amarillo, 5-10% rosa, 10-25% naranja, 25-50% rojo, 75-95% marrón y >95% negro

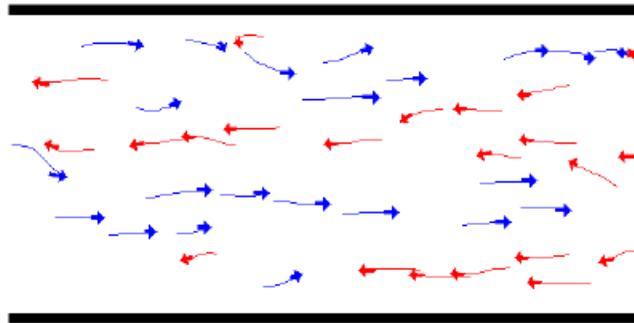
Transición de fase

- El nivel de segregación se incrementa repentinamente cuando el nivel de tolerancia pasa de cierto umbral

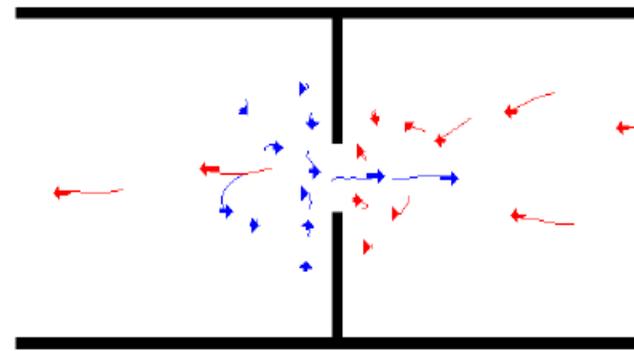
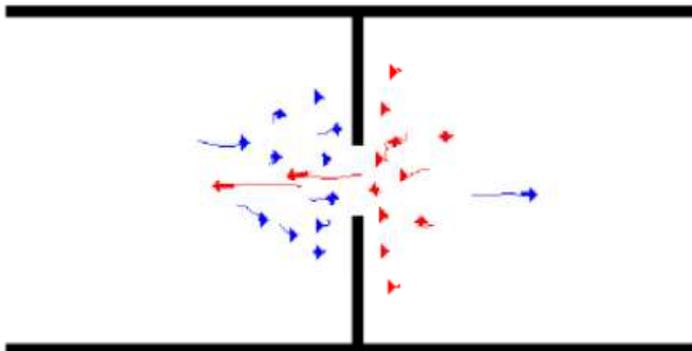


Movimiento de masas en los espacios

- Flujos de personas que se mueven en sentidos opuestos sin presencia de normas

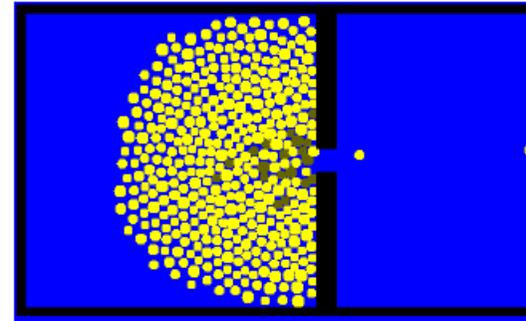
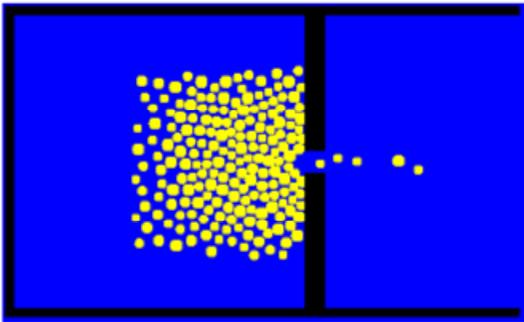


- Solo se combina de intereses personales con percepción del entorno ('espacio local personal')
- Grupos que se intercalan para pasar por una puerta: la aparición de obstáculos.

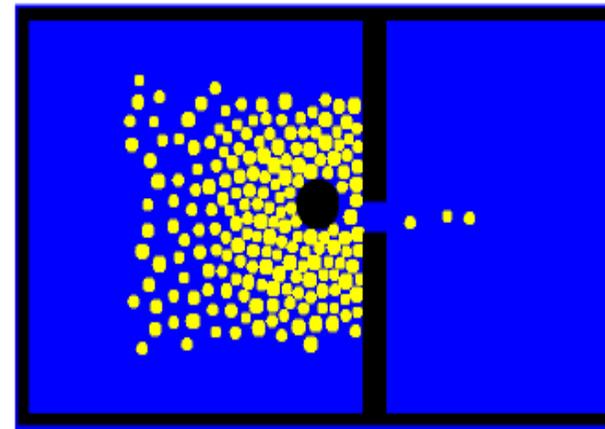
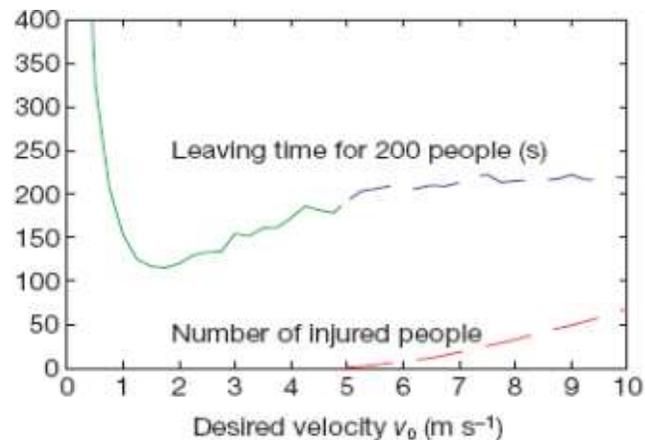


Caso de contextos de pánico

- Se eliminan restricciones que impiden tocarse, las fatalidades crean obstáculos



- En contexto de pánico el tiempo de evacuación se incrementa con la velocidad de desplazamiento



Dinámica de los Peatones

modelo del Comportamiento Colectivo de los Peatones
modelo de fuerza social (MFS)

(Helbing et al., 1995)

- Fuerza Impulsora.

$$\vec{F}_\alpha^0(\vec{v}_\alpha, v_\alpha^0 \vec{e}_\alpha) = 1/\tau_\alpha (v_\alpha^0 \vec{e}_\alpha - \vec{v}_\alpha)$$

Donde $\vec{r}_\alpha(t)$ es la posición actual del peatón α en el tiempo t . Además, el peatón en cada momento t se dirige a \vec{r}_α^k (vector de posición del k -ésimo punto más cercano a α en el camino más corto al sitio destino). Si el movimiento de un peatón no se altera caminará hacia la dirección deseada $\vec{e}_\alpha(t)$ a una cierta velocidad deseada v_α^0 . \vec{v}_α es la velocidad actual, y τ_α es el tiempo de relajación en el cual no hay mayores cambios de velocidades en el peatón

$$\vec{e}_\alpha(t) = \frac{\vec{r}_\alpha^k - \vec{r}_\alpha(t)}{|\vec{r}_\alpha^k - \vec{r}_\alpha(t)|}$$



Dinámica de los Peatones

- Efectos Repulsivos. hacia los demás peatones β ,

$$\vec{F}_{\alpha,\beta}^D(\vec{r}_{\alpha,\beta}) = -\nabla_{\vec{r}_{\alpha,\beta}} V_{\alpha,\beta}(\vec{r}_{\alpha,\beta})$$

Donde $V_{\alpha,\beta}$ es el potencial repulsivo, el cual define la distancia entre el peatón α y los otros peatones β , $\vec{r}_{\alpha,\beta}$ es la anchura del paso del peatón β

- Efecto repulsivo con los bordes B de estos objetos

$$\vec{F}_{\alpha,B}^D(\vec{r}_{\alpha,B}) = -\nabla_{\vec{r}_{\alpha,B}} U_{\alpha,B}(\vec{r}_{\alpha,B})$$

Donde $U_{\alpha,B}$ es un potencial repulsivo y monótono decreciente y $\vec{r}_{\alpha,B}$ indica la ubicación del borde B más cercano al peatón α



Dinámica de los Peatones

- Efectos de Atracción.

$$\vec{F}_{\alpha i}(\vec{r}_{\alpha, i}, t) = -\nabla_{\vec{r}_i} W_{\alpha, i}(\vec{r}_{\alpha, i}, t)$$

Donde $W_{\alpha, i}$ es el potencial atractivo que depende del tiempo, y $\vec{r}_{\alpha, i}$ es la distancia de i con respecto al peatón α, β

- Motivación total de un peatón

$$\vec{F}_{\alpha}(t) = \vec{F}_{\alpha}^0(v_{\alpha}^0, v_{\alpha}^0 e_{\alpha}^0) + \sum_{\beta} \vec{F}_{\alpha, \beta}^0(r_{\alpha, \beta}) + \sum_{B} \vec{F}_{\alpha, B}(r_{\alpha, B}) + \sum_i \vec{F}_{\alpha i}(r_i, t)$$

- Y la dinámica de MFS es definida por:

$$\vec{w}_{\alpha}(t) = \vec{F}_{\alpha}(t)$$

Donde $\vec{w}_{\alpha}(t)$ es la velocidad del peatón α . Se le agrega un término de fluctuación que considera las variaciones aleatorias del comportamiento

