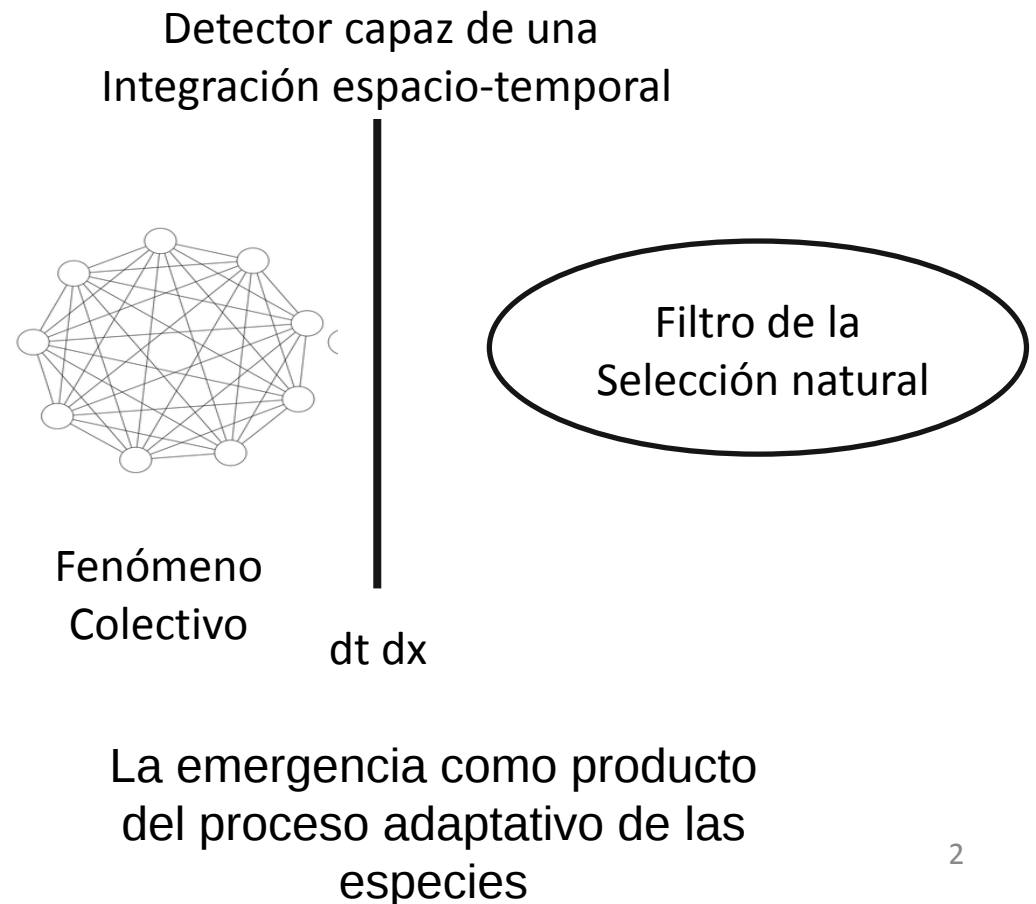


Computación Emergente: Conceptos Vecinos

Emergencia y Biología

La biología es quizás una de las áreas donde más naturalmente se comprende la emergencia.

- Los biólogos han señalado la necesidad de la caracterización biológica a diferentes niveles: genes, células, órganos, organismos y sociedades.
- La emergencia ha permitido dar explicaciones a la biología sobre diferentes aspectos de los organismos vivos: sus comportamientos, sus organizaciones, sus orígenes, sus evoluciones.



Emergencia y Biología

En general, la emergencia en la biología considera los siguientes supuestos

- Todo lo que existe en el mundo espacio-temporal son partículas elementales.
- La evolución es un proceso de cambio universal, que es producto de una novedad cualitativa.
- La emergencia de propiedades equivale a una novedad cualitativa cuando los agregados de partículas de materias alcanzan un nivel adecuado de organización.
- Las propiedades emergentes son irreducibles a la micro estructura desde donde emergen
- Las entidades de nivel superior manifiestan nuevos poderes causales que afectan a sus constituyentes.

El cerebro

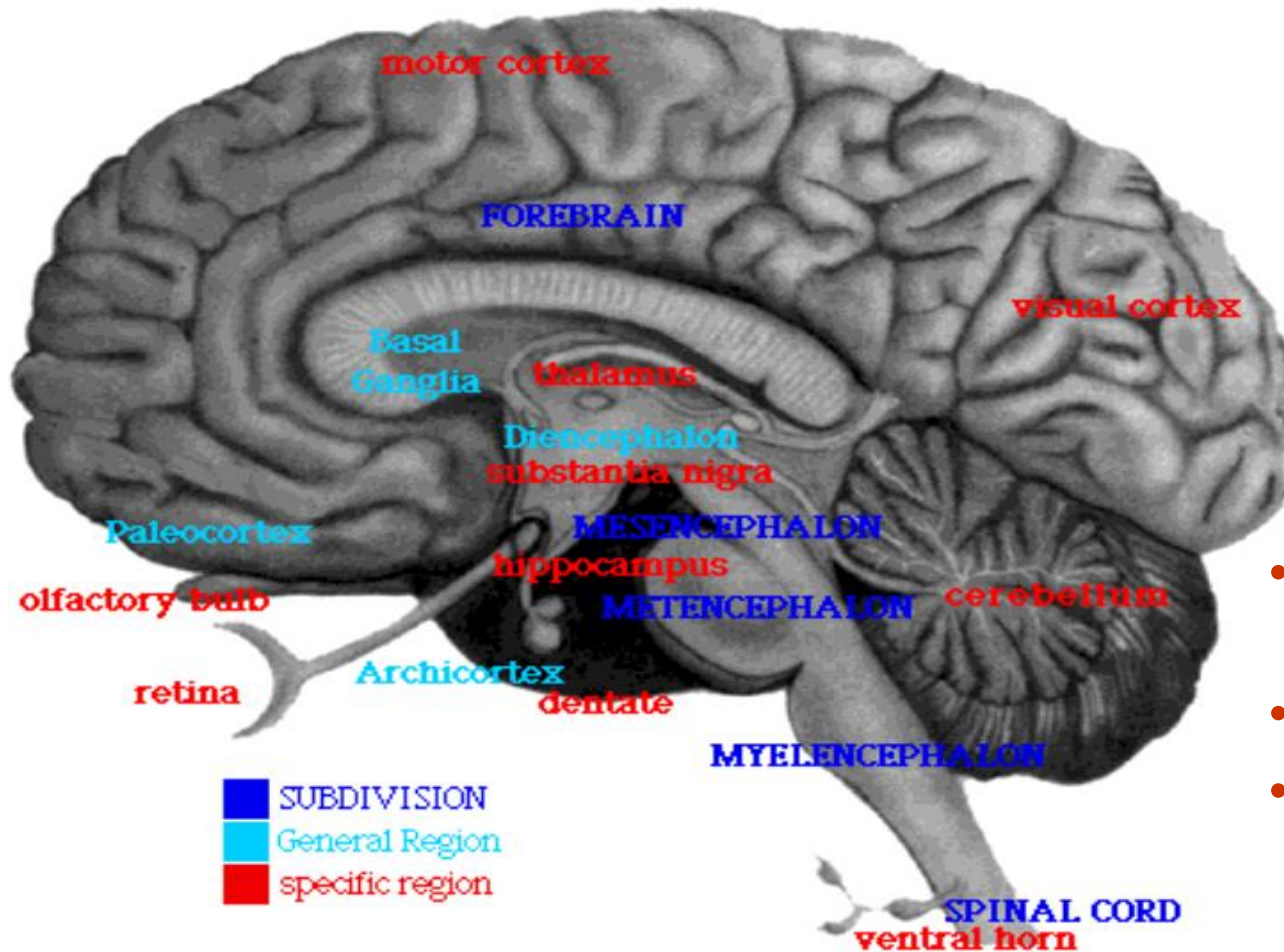
es el órgano central del sistema nervioso animal y contiene de 50 a 100 mil millones de neuronas con funciones especializadas, de las cuales aproximadamente 10 mil millones son células piramidales corticales, las cuales transmiten señales por medio de 1000 billones de conexiones sinápticas.

- Recibe información proveniente de los sentidos, la cual es procesada con una gran velocidad mediante la combinación de la información almacenada dando respuestas que controlan y regulan las acciones y reacciones del cuerpo.

El cerebro

***TIENE COMO PROPOSITO EL CONTROL
CENTRALIZADO DE VARIAS FUNCIONES
BIOLOGICAS, POR EJEMPLO EL ABASTECIMIENTO
DE ENERGIA, FUNCIONES MOTORAS Y
SENSORIALES, ETC.***

Cerebro Humano



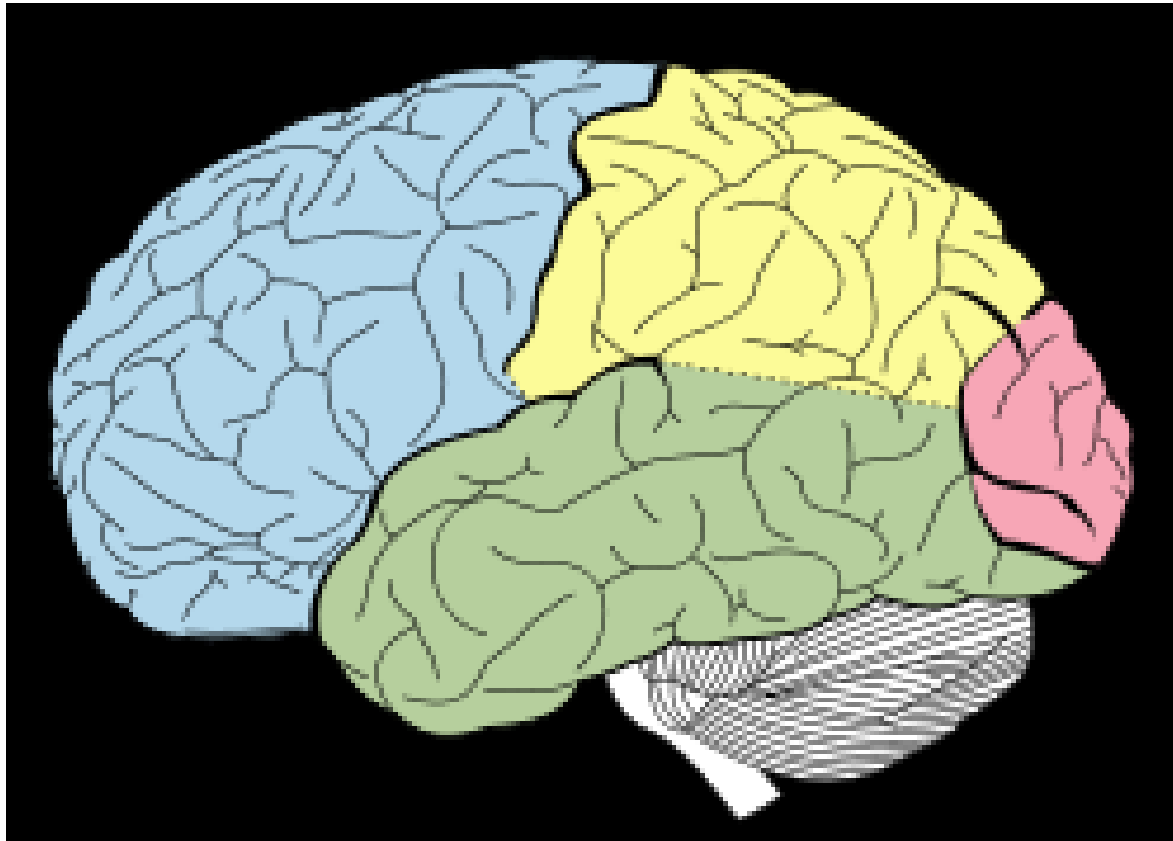
- 10^{11} Neuronas (procesadores)
- Poder desconocido
- 1000 – 10000 conecciones por neurona

El cerebro

Lobulo
Parietal

Lobulo
frontal

Lobulo
temporal



Lobulo
occipital

El cerebro

- ***CONJUNTO DE MUCHAS NEURONAS INTERCONECTADAS***
- ***PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN BASADA EN LA DESCOMPOSICIÓN DE LA MISMA***

MODELO BIOLOGICO

- ***NEURONAS: CELULAS VIVAS***
- ***CARACTERISTICAS:***
 - ***ELEMENTOS SIMPLES INTERCONECTADOS***
 - ***FUNCIONAMIENTO EN PARALELO, ASINCRÓNICAS Y NO ALGORÍTMICAS***
 - ***INTERACCIONES COMPLEJAS***

PROPIEDADES DE LAS REDES NEURONALES

- ***MUCHAS CONEXIONES PARALELAS ENTRE NEURONAS***
- ***MUCHAS CONEXIONES PARALELAS PROVEEN MECANISMOS DE RETROALIMENTACIÓN PARA ELLA U OTRAS***
- ***ALGUNAS NEURONAS PUEDEN EXCITAR UNAS NEURONAS MIENTRAS INHIBEN A OTRAS***
- ***EJECUTAN UN PROGRAMA QUE ES DISTRIBUIDO***
- ***TIENEN PARTES PRE-HECHAS Y OTRAS QUE EVOLUCIONAN***

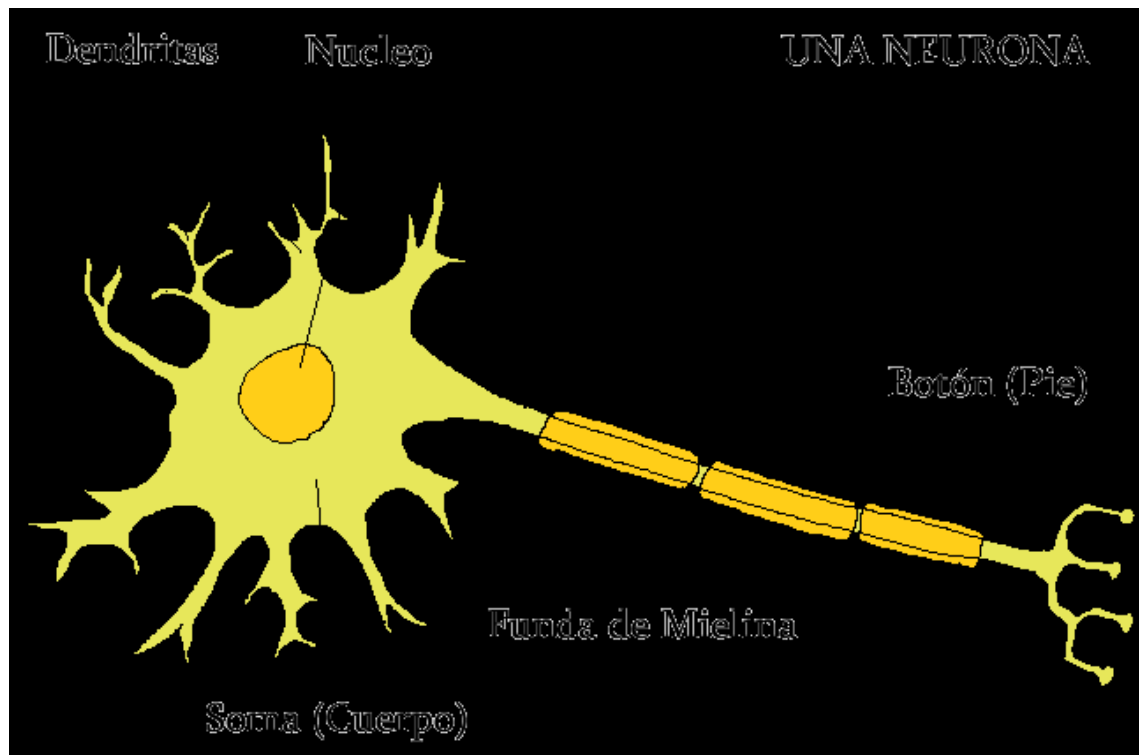
PROPIEDADES DE LAS REDES NEURONALES

- ***SON SINCRÓNICAS***
- ***EJECUTAN UN PROGRAMA QUE ES
DISTRIBUIDO***

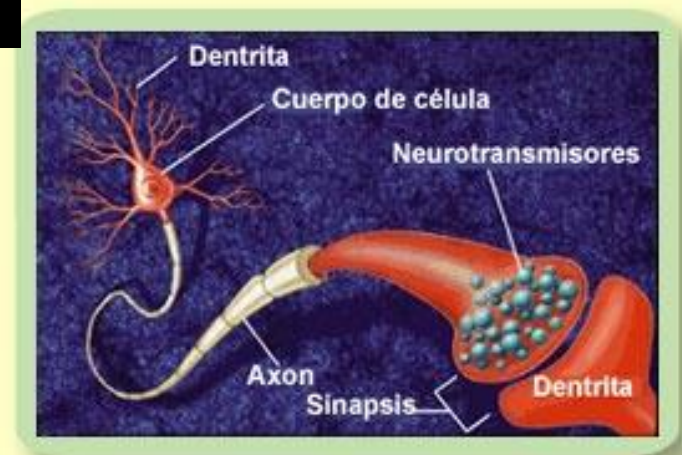
NEURONA

- ***UNIDAD FUNDAMENTAL DEL SISTEMA NERVIOSO***
- ***PROCESADOR DE SEÑALES ELÉCTRICAS Y BIOQUÍMICAS***
- ***RECIBE Y COMBINA SEÑALES DESDE MUCHAS NEURONAS***
- ***SINAPSIS: UNIDAD FUNCIONAL QUE INTERRELACIONA LAS NEURONAS***
- ***POTENCIAL POSTSINÁPTICA: PUEDE SER POSITIVO (EXCITACIÓN) O NEGATIVO (INHIBICIÓN)***
- ***NEUROTRANSMISOR: GENERA POLARIZACIÓN PARA LA MEMBRANA POSTSINÁPTICA***

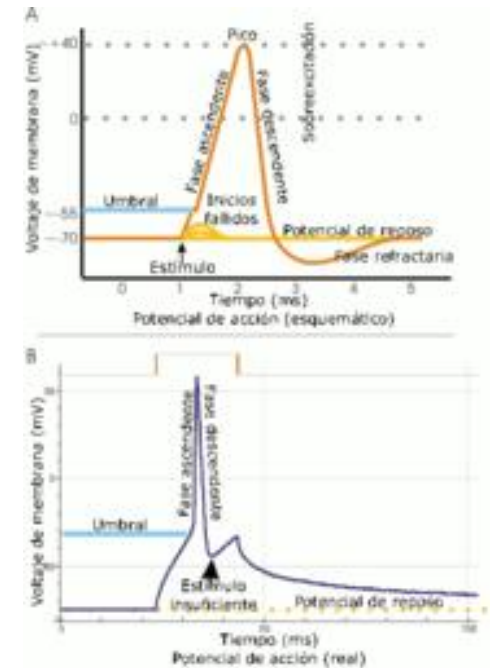
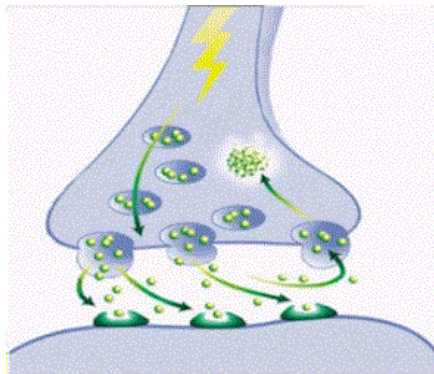
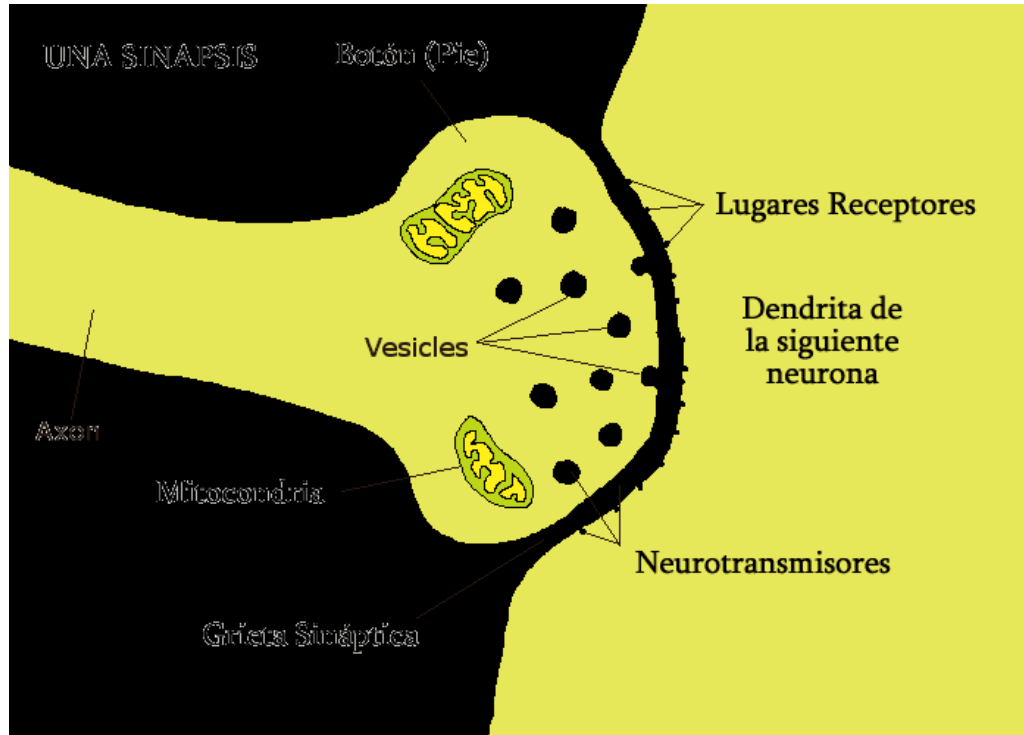
NEURONA



J. AGUILAR



NEURONA



NEURONA BIOLÓGICA

- ◆ Se nace con alguna estructura neural
- ◆ Se crean nuevas conexiones y otras se gastan; se desarrollan a través del aprendizaje propio de la etapa de crecimiento.
- ◆ La estructura neural cambia a través de la vida. Esos cambios consisten en reforzamiento o debilitamiento de las junturas sinápticas.
- ◆ Se forman nuevas memorias al modificar o reforzar algunas sinapsis.
- ◆ Por ejemplo, memorizar la cara de una persona que nos presentan, consiste en alterar varias sinapsis.

Capacidades emergentes

- Capacidad de procesamiento paralelo.
- Capacidad adaptativa.
- Capacidad asociativa.
- Capacidad de auto-organización.
- Capacidad de generalización, clasificación, extracción y optimización.
- Tolerancia a Fallas
- Operación en tiempo real

Modelos Neuronales

BUSQUEDA DE LA MEJOR EMULACION CEREBRAL

PROGRAMA DISTRIBUIDO DE ALMACENAMIENTO DE
SINAPSIS

ALGUNOS MODELOS

PERCEPTRON

BOLTZMAN

HOPFIELD

KOHONEN

ART (ADAPTIVE RESONANCE THEORY)

ADALINE

RBf (RADIAL BASIC FUNCTION)

MODELO NEURONAL ALEATORIO

Y MUCHOS MAS

Emergencia e Internet

Es inteligente la web?

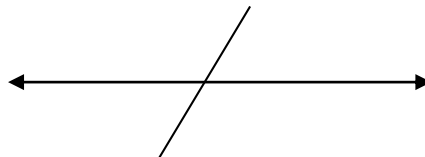
- Cada vez más la Web interconecta a seres conscientes

*La inteligencia
requiere tanto
conectividad como
organización.*

- Portales y buscadores surgen por desorganización de la Web

Internet

- Exceso de información.
- Desorganización de la información.



Cerebro humano

- Información organizada para hacer algo.
- Organización dirigida a unos fines.

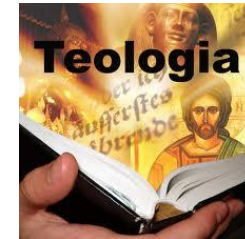
Emergencia e Internet

- Web genio con la conexión y pésimo con la estructura
- Pero ya empiezan a aparecer macro-patrones:
 - Redes sociales, listas de interés, etc.
 - Están yendo desde bolas de nieve a barrios

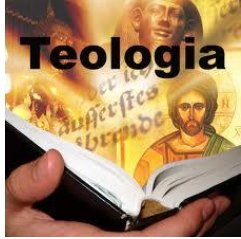


Emergencia y Teología

Algunos autores han argumentado que Dios es el iniciador de la emergencia



- Clayton
afirma que Dios es un sistema emergente que está más allá de la consciencia humana.
- La razón para postular eso es:
"puesto que la actividad de razonamiento no puede explicarse por sí sola"
- Así, Clayton argumenta que el naturalismo no puede dar cuenta de todo.



Emergencia y Teología

Clayton sostiene que la ciencia no será capaz de entender la conexión entre la mente y el cerebro, hasta que la emergencia no sea tomada en serio

Relación entre la **evolución y la causalidad**,

- La influencia casual biológica,
- La idea de *causalidad inesperada/emergente*
- La causalidad divina.
- La causalidad evolutiva.

"Dios orienta el proceso de emergencia mediante la introducción de nueva información (causalidad formal), y manteniendo un ideal que influye en el desarrollo, sin alterar los mecanismos de la evolución (causalidad final)

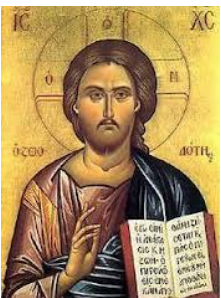
Emergencia y Teología

- Una versión más compleja la ha propuesto el físico P. Davies.

El indica que las leyes básicas de la física se combinan con las ambientales para dar lugar a la emergencia.

- No hay supervisión divina de los detalles de la evolución, pero, dice Davies

"... Dios 'inicialmente' selecciono las leyes del universo, ... Dios fue capaz de otorgar una rica creatividad al cosmo, ...para canalizar, estimular y facilitar la evolución de la materia y la energía que conduce a una mayor complejidad organizativa".

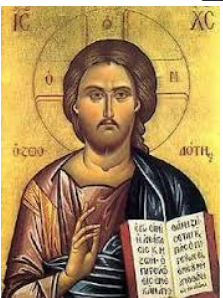


Emergencia y Teología

Peacocke

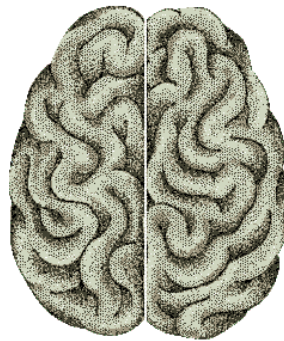
- Dios está presente de **forma ubicua y activo** para elaborar las intenciones divinas, "en, con y bajo" el nexo con la naturaleza en su conjunto.
- La **causalidad de arriba hacia abajo** (o "todo-parte"): " ... Dios podría hacer que se produzcan patrones particulares ... que expresan las intenciones de Dios. Estos últimos no habrían sucedido si Dios no lo hubiese previsto”.
- Sugiere que Dios obra a través de un mundo de **procesos emergentes**.

Estos procesos no sólo se pueden describir como un medio para la acción divina, sino que son vistos como inherentemente flexibles, para que **Dios ejerza una influencia continua en el curso de la evolución.**



Conceptos Vecinos

- Construcción y reconocimiento de Patrones
- Retroalimentación
- Inteligencia Social
- Interacciones locales: directas e indirectas (estigmergia)
- Auto-organización



Conceptos Vecinos a la Emergencia

Auto-organización

- Dos conceptos fundamentales en los **sistemas complejos** son la emergencia y la auto-organización.
- el término “auto-organización” se usa ampliamente en la literatura científica **sin una definición clara del mismo**.
- La auto-organización ha sido usada para **explicar fenómenos** biológicos (por ejemplo, la organización de las sociedades de insectos), físicos (por ejemplo, la formación de tornados), químicos (por ejemplo, la formación de estructuras disipativas), e incluso matemáticos (como los producidos con autómatas celulares).

lo más relevante es la gran confusión entre los términos emergencia y auto-organización.

Conceptos Vecinos a la Emergencia

Auto-organización

- La emergencia y la auto-organización **consideran diferentes propiedades en un sistema**, representan aspectos diferentes de un sistema. Incluso, ambos fenómenos pueden existir de manera aislada.

"La auto-organización se refiere a sistemas que pueden organizarse sin una dirección, manipulación o control externo".

- Dos aspectos claves para la auto-organización son la **"autonomía"** y **"ajuste de la estructura"**.

Conceptos Vecinos a la Emergencia

Reina

Relación de dependencia y protección...

AUTOORGANIZACIÓN

obrera

obrera

obrera

obrera

obrera

...más no de control (dominio) y obediencia

Conceptos Vecinos a la Emergencia

Auto-organización requiere de

- *Retroalimentación Positiva.*
- *Retroalimentación Negativa.*
- *Amplificación de las Fluctuaciones (Aleatoriedad).*
- *Múltiples Interacciones.*

Conceptos Vecinos a la Emergencia

Emergencia	Auto-organización
<i>Efecto Micro-Macro</i>	<i>Aumento del Orden</i>
<i>Novedad Radical</i>	<i>Autonomía</i>
<i>Coherencia</i>	<i>Adaptación (aprendizaje, evolución)</i>
<i>Interacción de las partes</i>	<i>Robustez</i>
<i>Control Descentralizado</i>	<i>Anticipación (cognición</i>
<i>Relación Bidireccional</i>	
<i>Robustez y flexibilidad</i>	

la esencia de la emergencia es la existencia de un comportamiento global nuevo, diferente del de los elementos constitutivos del sistema. La esencia de la auto-organización es un comportamiento adaptable que de forma autónoma adquiere y mantiene un orden

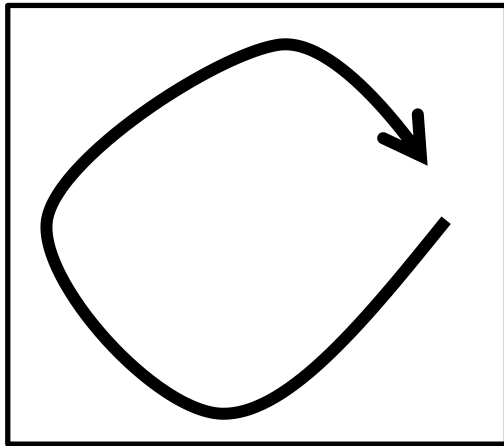
Conceptos Vecinos a la Emergencia

Auto-organización

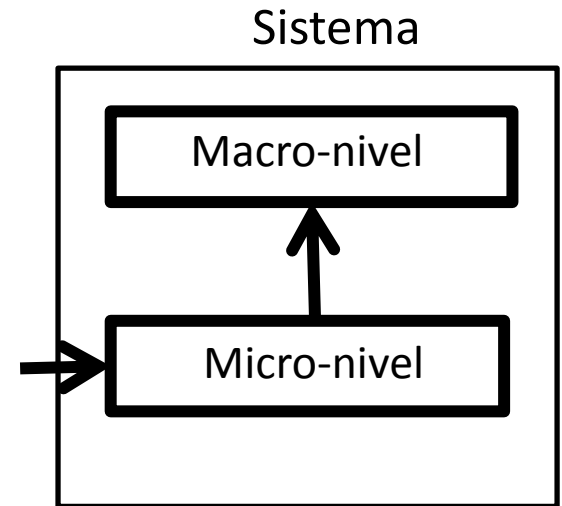
- **La esencia de la emergencia** es la existencia de *un comportamiento global nuevo*, diferente del de los elementos constitutivos del sistema. **La esencia de la auto-organización** es un *comportamiento adaptable* que de forma autónoma adquiere y mantiene un orden (es decir, una estructura).
- **La principal similitud** es que la emergencia y la auto-organización son **procesos dinámicos**, qué le confieren robustez a un sistema. **Sin embargo**, la robustez en la emergencia consiste en que *la falla de una parte del sistema no resultará en una falla general* de la propiedad emergente, mientras que en la auto-organización consiste en la *capacidad de adaptabilidad al cambio* y de aumentar el orden.

Conceptos Vecinos a la Emergencia

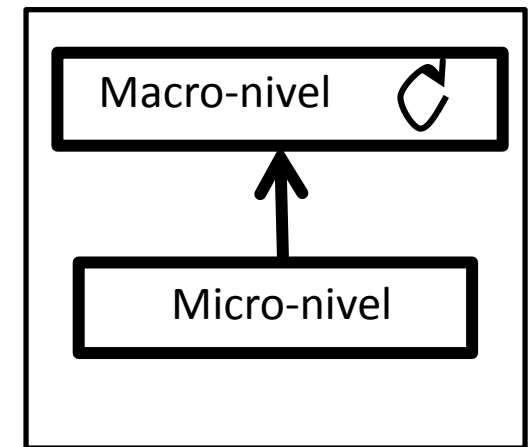
Sistema



Sistema Emergente
no auto-organizado



Sistema



Sistema auto-organizado no emergente

Por ejemplo, sin ningún efecto micro-macro

Sistema en que la auto-organización es el
resultado de la emergencia

Reglas sencillas y auto-organización

Fenómenos naturales y sociales regidos por principios universales



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

SER CAPAZ DE RECONOCER Y RESPONDER AL CAMBIO DE PATRONES.

Hacer el sistema más eficaz respecto a los objetivos.

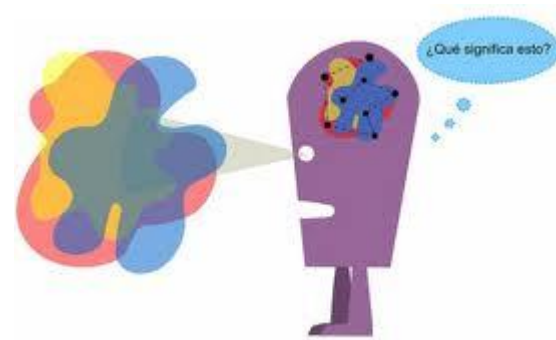


Figura 48. Reconocimiento de patrones

Se presentan cambios de fase o cambios de estado a seguir.

Cambios repentinos, instantáneos y definidos.

Conceptos Vecinos a la Emergencia

Auto-poyesis

- Proviene del griego 'auto' y 'poiesis' (producción, creación).

propiedad de un sistema para producirse por sí mismo (o también mantenerse, definirse a sí mismo).



- Maturana y Varela usaron el término para caracterizar sistemas que:
 - Mantienen la definición de su organización a pesar de perturbaciones del medio ambiente
 - Regeneran sus componentes en el curso de su operación

La autopoyesis es más que la auto-organización

Conceptos Vecinos a la Emergencia



Auto-poyesis

un sistema autopoiético se organiza como una red de procesos de producción de componentes que:

- Se regenera continuamente y se da cuenta de la red que lo produce,
- Se constituye como una unidad distinguible en el dominio en el que existe.

El ejemplo clásico de un sistema autopoiético es la célula biológica.

La célula biológica está hecha de componentes bioquímicos diferentes (ácidos nucleicos, proteínas, etc.), y está organizada según diferentes estructuras. Estas estructuras, basadas en las moléculas que la componen y la energía "producida" por los flujos de sus componentes, se mantienen y crean nuevos componentes.

Conceptos Vecinos a la Emergencia

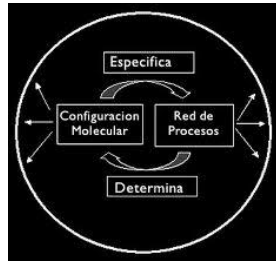


Los sistemas autopoieticos, según Maturana, basado en la idea de auto-referencia, se definen

“como redes de producción de componentes que, **por sus interacciones, generan de forma recursiva la red que los produce y constituye**, en el espacio en el que existen, y los límites de la red son elementos que intervienen en la construcción de la red”

El concepto de autopoiesis fue pensado originalmente para definir qué es la vida, o lo que hace que algunos sistemas estén vivos

Conceptos Vecinos a la Emergencia



Auto-poyesis

No toda emergencia es auto-poyetica ni todo proceso auto-poyetico es emergente.

- **Un sistema emergente será auto-poyetico** si lo que emerge es su auto-creación desde su auto-referencia,
- **Un sistema auto-poyetico será emergente** si la auto-creación es una novedad producto de las interacciones de sus componentes (irreductible a ellos).

Conceptos Vecinos a la Emergencia

Estigmergia

- Introducido por Grassé para describir una forma de comunicación indirecta mediada por modificaciones al medio ambiente
- Viene de los términos griegos “marca” (estigma) y “trabajan” (ergon).
- Es la base del proceso de cooperación en las sociedades de insectos
- Permite concebir un mecanismo de retroalimentación basado en esas interacciones indirectas entre los agentes y el entorno



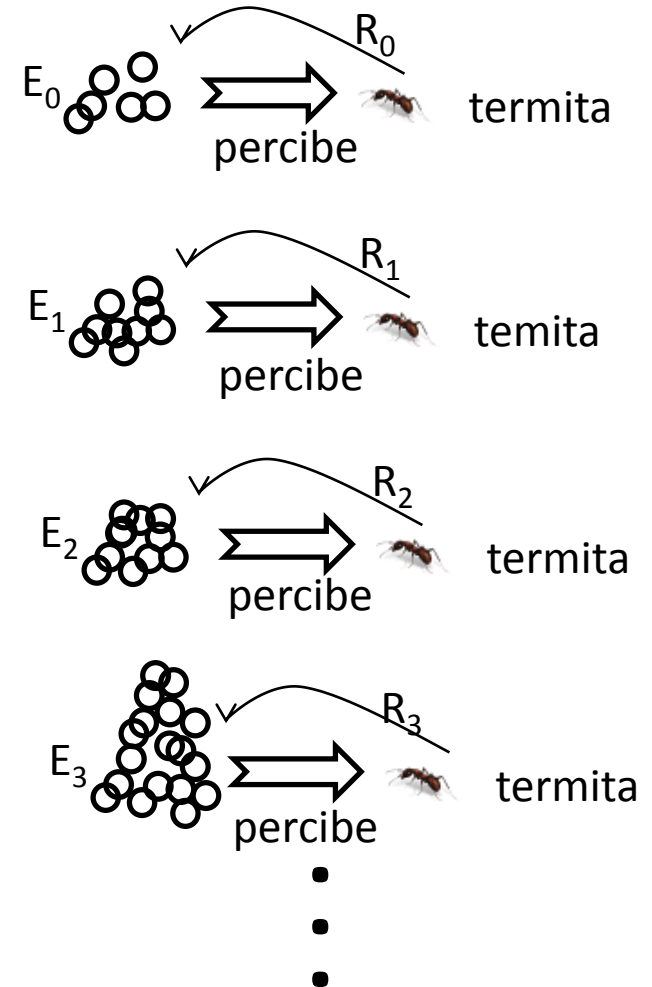
Conceptos Vecinos a la Emergencia

Estigmergia

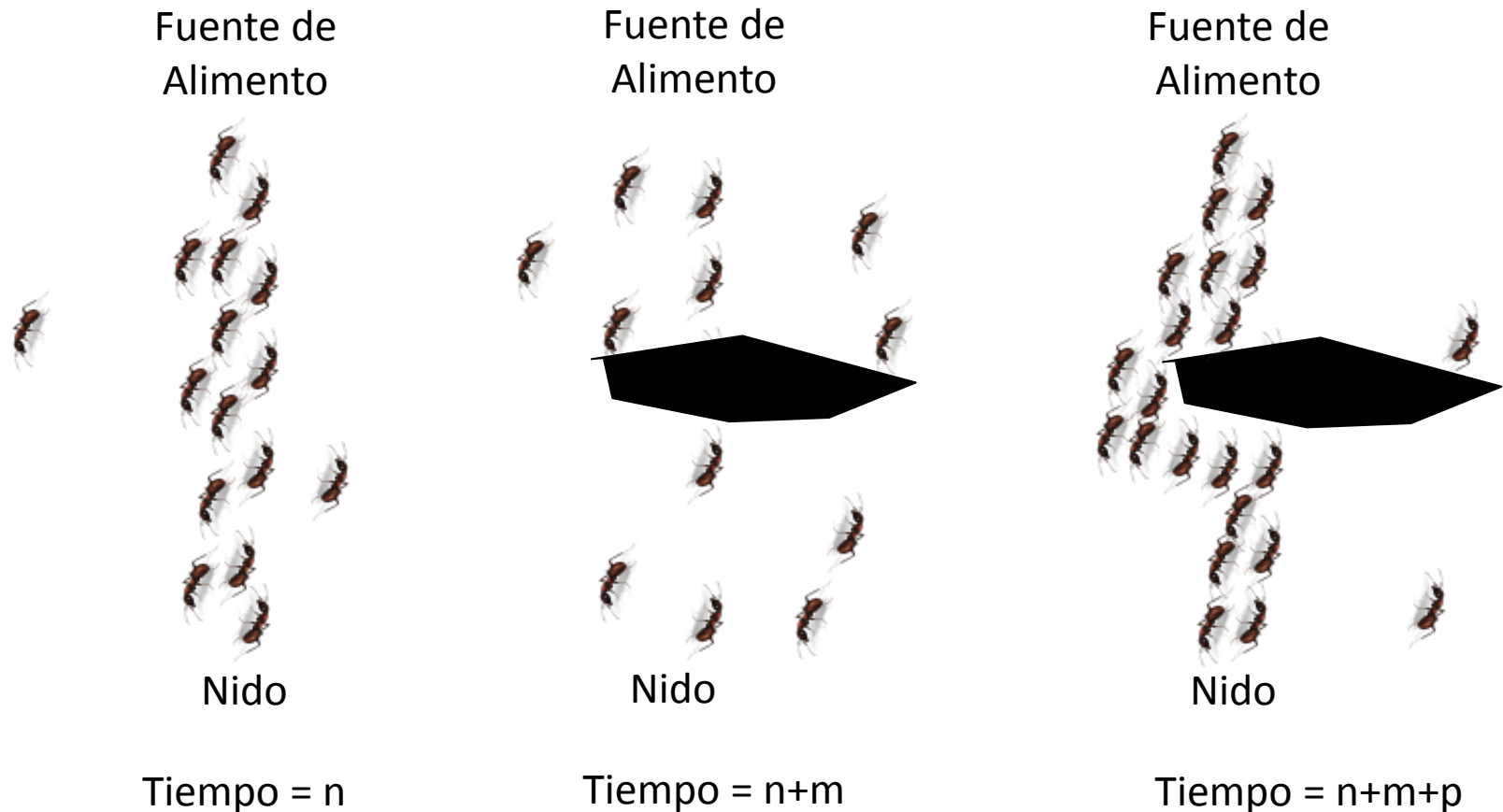
Proceso estigmérgico en la construcción de pilares en las termitas (E_i : estado actual, R_i , respuesta de la termita)

En la stigmergia se pueden dar dos situaciones

- Una en la que la comunicación es a través de la modificación de un entorno físico.
- Otra en la que la comunicación es a través de una marca de un mecanismo de señalización.



Conceptos Vecinos a la Emergencia



Fenómeno de estigmergia en las colonias de hormigas

Conceptos Vecinos a la Emergencia

Estigmergia

- Como mecanismo de **coordinación social** basada en la interacción a través de modificaciones locales de un entorno compartido,
- Las modificaciones al medio ambiente **son susceptibles de una interpretación** en el contexto de un sistema convencional de signos compartidos,
- Los agentes **interactúan en función de las capacidades cognitivas usadas en las interacciones**,
- El medio ambiente es un **espacio de trabajo** compuesto de artefactos necesarios para el proceso estigmérgico (señales u objetos).
- Algunos de los mecanismos básicos estigmérgicos que pueden ser incrustados en los artefactos son ***Difusión Agregación, Selección y Evaporación o disipación:***

Conceptos Vecinos a la Emergencia

Paradoja de la coordinación estigmérgica

- **Los insectos interactúan indirectamente:** cada uno de los insectos (hormigas, abejas, termitas) afecta la conducta de otros insectos a través del medio ambiente.
- **El medio ambiente no es simplemente un paisaje pasivo,** donde todas las interacciones se producen, sino más bien es un mediador, donde las reglas de interacción se dan.
- **La interacción estigmérgica se produce localmente,** y afecta directamente a una parte del medio ambiente.
- **El medio ambiente es visto limitado a elementos bien definidos** (por ejemplo, feromona, nido, etc.) que **encapsulan la lógica de la interacción local.**

Conceptos Vecinos a la Emergencia

Características generales de un sistema estigmérgico

- Un medio ambiente (que puede ser virtual) parcialmente perceptible.
- Una multiplicidad de agentes que lo pueblan.
- Las características emergentes surgen de las interacciones entre los agentes y con el medio ambiente, características que no son ni predecibles ni reducible a sus componentes.
- El comportamiento de los agentes es afectado por los cambios en el medio ambiente.

el concepto de estigmergia está muy vinculado a la emergencia, debido a que las interacciones, en este caso indirectas, son necesarias para la creación de un "patrón" en un nivel macro

Conceptos Vecinos a la Emergencia

Características generales de un sistema estigmérgico

- Un medio ambiente (que puede ser virtual) parcialmente perceptible.
- Una multiplicidad de agentes que lo pueblan.
- Las características emergentes surgen de las interacciones entre los agentes y con el medio ambiente, características que no son ni predecibles ni reducible a sus componentes.
- El comportamiento de los agentes es afectado por los cambios en el medio ambiente.

el concepto de estigmergia está muy vinculado a la emergencia, debido a que las interacciones, en este caso indirectas, son necesarias para la creación de un "patrón" en un nivel macro

Conceptos Vecinos a la Emergencia

Retroalimentación

- En un sistema habitualmente hay una propagación de una señal externa desde la entrada hacia la salida,

La retroalimentación describe la propagación de la señal en el sentido inverso.

- La retroalimentación ha sido usada para generar procesos **auto-catalíticos y de auto-reforzamiento.**

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.

Conceptos Vecinos a la Emergencia

Retroalimentación

- ***Retroalimentación Positiva.*** son reglas de comportamiento simples que promueven la creación de estructuras. La característica clave de la retroalimentación positiva es que las pequeñas perturbaciones se amplifican.
- ***Retroalimentación Negativa.*** ayuda a estabilizar un patrón colectivo, tomando formas como saturación, agotamiento o competición. En el caso de esta retroalimentación, contrario a la retroalimentación positiva, lo que se busca es la estabilización.

los bucles de retroalimentación positiva son controlados por la Retroalimentación Negativa para limitar sus efectos.

Bases para un sistema emergente

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

“Cuando deseamos que un mecanismo siga un patrón, la diferencia entre el patrón y el mecanismo se usa como dato para la autorregulación”(homeostasis)
(cómo la llamó Wiener el precursor del PC moderno))

El ejemplo de RETROALIMENTACIÓN



Conceptos Vecinos a la Emergencia

Inteligencia Colectiva o Social

También llamado *Inteligencia de Enjambre*, es un paradigma relativamente nuevo que se aplica en una serie de entornos compuesto de entidades distribuidas que interactúan entre sí.

- El concepto de *enjambre* sugiere multiplicidad, aleatoriedad y desorden; y el concepto de *inteligencia* sugiere que es un método racional de resolución de problemas

Conceptos Vecinos a la Emergencia

Inteligencia Colectiva o Social

También conocida como **sabiduría global**, requiere de ciertos principios asociados al “**Paradigma de la Sabiduría de las Multitudes**”,

- ***Diversidad de Opinión:*** los individuos deben poseer opiniones, o conocimientos sobre un tema, lo suficientemente diversos como para poder abarcar todo el espectro de posibles opiniones.
- ***Independencia de Opinión:*** cada persona debe sentirse verdaderamente libre para expresar su opinión.
- ***Descentralización:*** cada quien ponga a prueba su propio punto de vista, en vez de responder a directrices que vengan desde arriba.
- ***Agregación:*** debe haber un mecanismo que exprese, resuma, y convierta los aportes individuales (conocimiento individual) en aportes colectivos (conocimiento de grupo).

Conceptos Vecinos a la Emergencia

Problemas que pueden ser resueltos Inteligencia Social

- ***Problemas Cognitivos:*** Se refiere a problemas que siempre tienen una solución. Y si no existe una única solución, hay unas mejores que otras. Además, un problema cognitivo requiere mucho conocimiento que es difícil que este concentrado en un experto.
- ***Problemas de Coordinación:*** En estos tipos de problemas, los miembros de un grupo se ven en la necesidad de armonizar sus comportamientos entre ellos..
- ***Problemas de Cooperación:*** Se refiere a como los grupos de personas pueden formar redes de confianza, sin que un sistema central controle sus comportamientos, o directamente obliguen a un acatamiento.

Conceptos Vecinos a la Emergencia

La inteligencia colectiva requiere de marcos teóricos

- ***Un conjunto de principios básicos sobre las leyes de la naturaleza, que subyacen en la inteligencia colectiva:*** teorías evolutiva y selección natural (describen eficientemente el comportamiento dinámico en las colonias de insectos).
- ***Un marco que describa el comportamiento adaptativo.*** Los problemas de optimización en los insectos constan de una variedad de objetivos para sobrevivir, algunas veces conflictivos entre sí. El desafío que se presenta es optimizar múltiples objetivos sujetos a algunas restricciones.
- ***Un conjunto de métodos eficaces para la determinación de los óptimos de Pareto.*** En tales circunstancias, el sistema puede moverse a lo largo de la frontera de óptimos de Pareto

Conceptos Vecinos a la Emergencia

La inteligencia colectiva requiere de cuatro funciones

- La **coordinación** y la **colaboración** forman estructuras sociales, temporales y espaciales que resultan del trabajo de la colonia.
 - La **coordinación** regula la densidad espacio-temporal de los individuos,
 - La **colaboración** regula la asignación de sus actividades.
- La **cooperación** y **deliberación** proveen herramientas para que la colonia pueda enfrentar los retos ambientales.
 - La **deliberación** permite los mecanismos que apoyan las decisiones de la colonia,
 - La **cooperación** representa los mecanismos que superan las limitaciones individuales.

Conceptos Vecinos a la Emergencia

Algunos ejemplos de enjambres en la naturaleza y sus comportamientos colectivos

Tipo de Enjambre	Comportamiento
Bacterias, Moho Fangoso	Generación de patrones
Hormigas	Formación de caminos
Hormigas	Organización de nidos
Hormigas	Transporte cooperativo
Hormigas, Abejas	Selección de la fuente de alimentos
Abejas	Termo-regulación
Avispas	Asignación de tareas
Abejas, Avispas, Avispones, Termitas	Construcción de colmenas
Luciérnagas, bancos de peces, bandadas de aves	Sincronización
Arañas	Construcción de redes
Peces	Cardumen
Aves	Bandadas
Lobos	Asedio de presas