



Generación Automática de Contenidos para Videojuegos mediante Programación Genética

Francisco Fernández de Vega



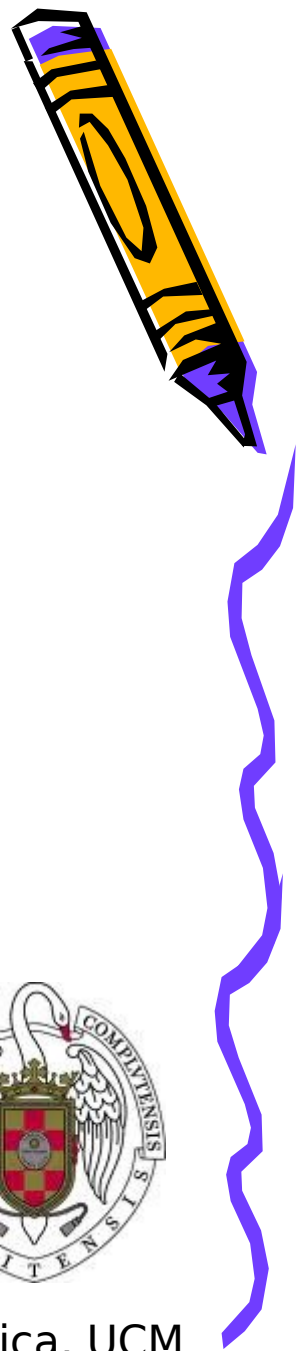
fcofdez.wordpress.com

fcofdez@unex.es



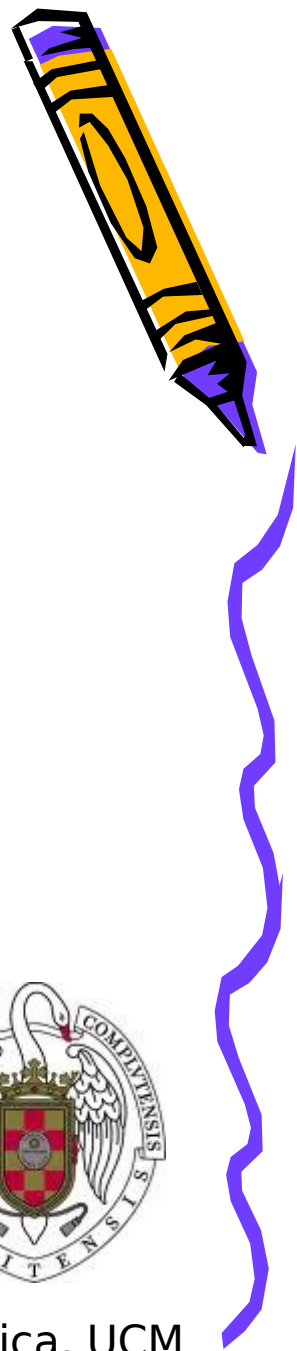
Índice

- El negocio de los videojuegos.
- Videjuegos y CI.
- Generación Procedimental de Contenidos.
- Genetic Terrain Programming.



Índice

- El negocio de los videojuegos.
- Videjuegos y CI.
- Generación Procedimental de Contenidos.
- Genetic Terrain Programming.

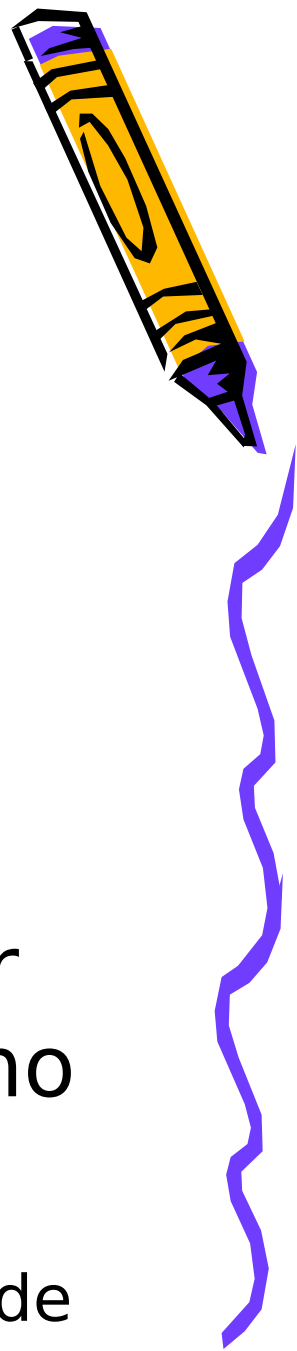


Facturación

- En 2014 creción un 31%.
- 83.600 millones en 2014.
 - 413 millones de euros en España y más de 400 empresas censadas.
- GTA V recaudó en 24 horas 815 millones de dólares (Harry Potter recaudó 220 millones en el mismo tiempo)

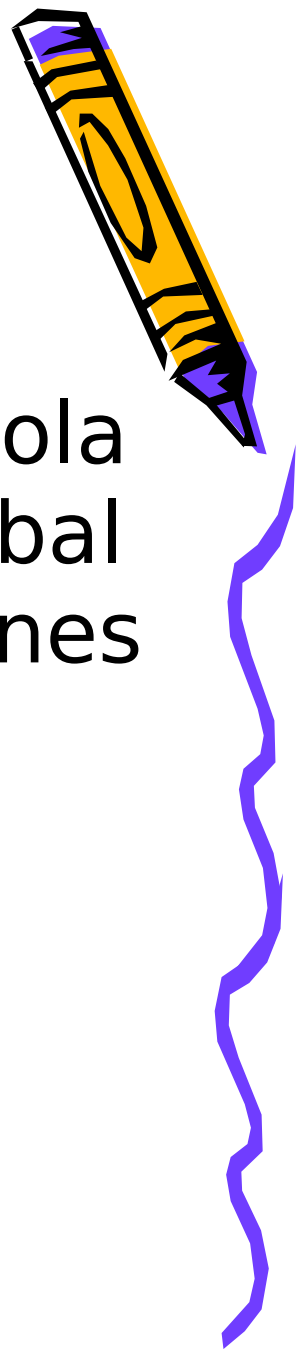


Libro blanco desarrollo español de videojuegos 2015.

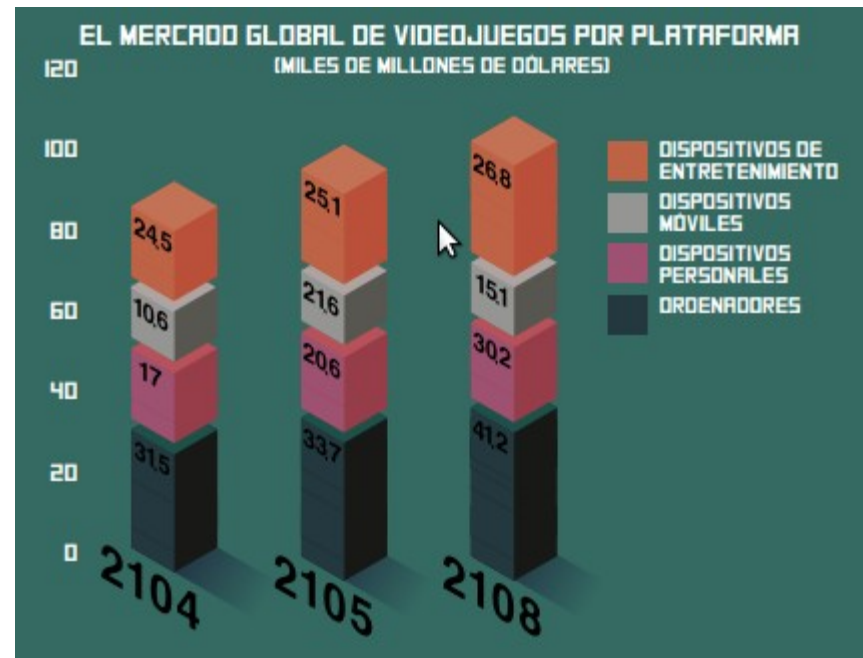
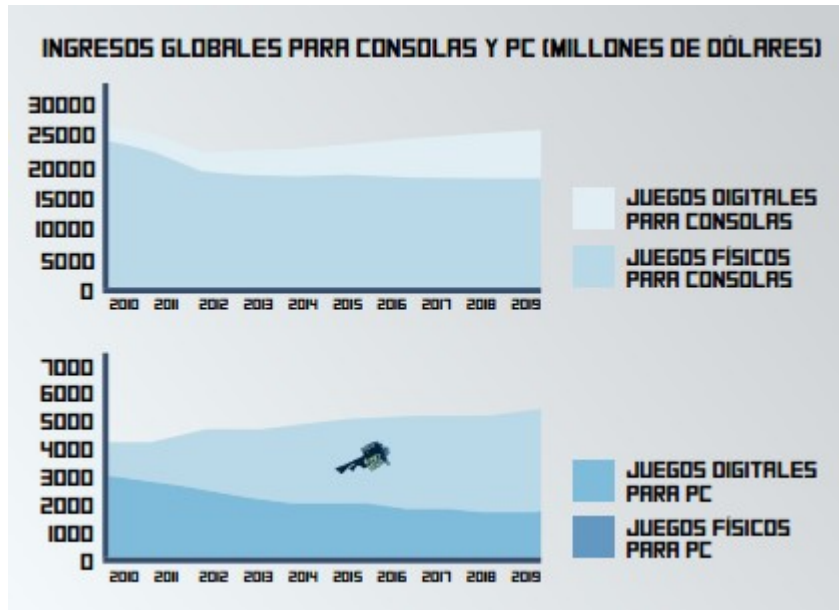


Consumo

- Según la AEVI (Asociación Española de Videojuegos), el consumo global superó en España los 1000 millones de euros.
- En España, 13 millones de videojugadores.

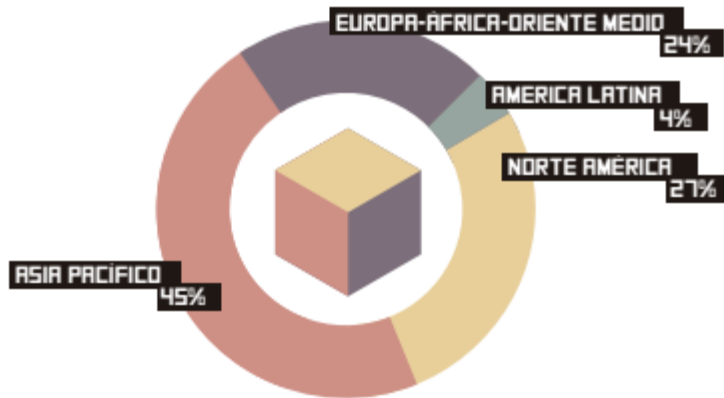


Facturación



Cuota de Mercado

CUOTA DE MERCADO POR REGIONES

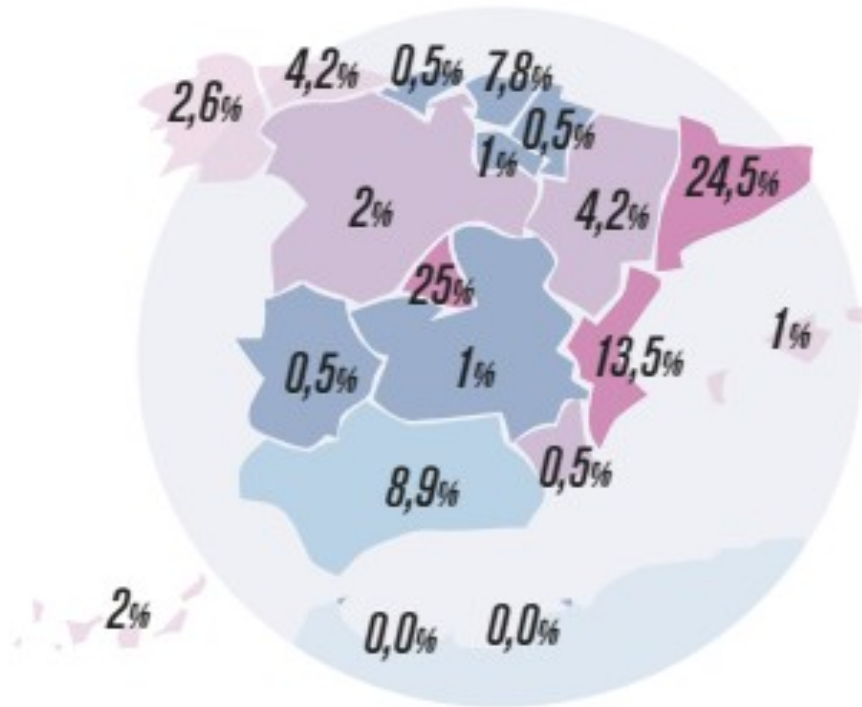


ALCANCE DE LOS VIDEOJUEGOS EN LOS PRINCIPALES PAISES EUROPEOS (% DE POBLACIÓN)

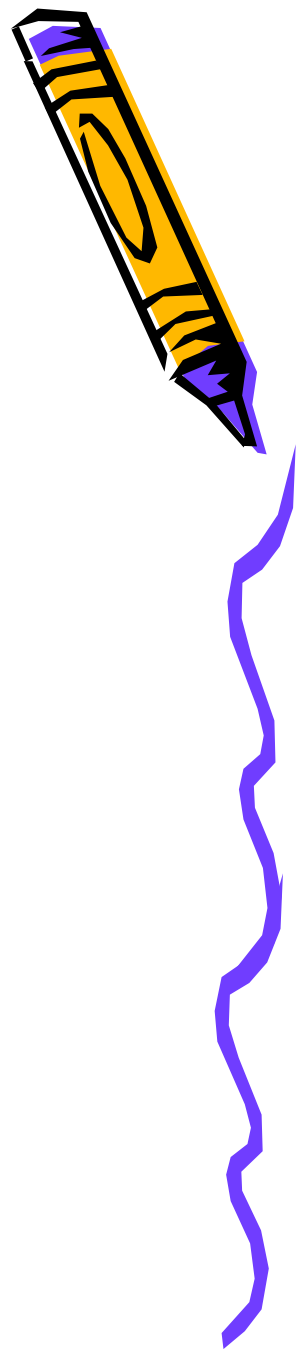


Empresas

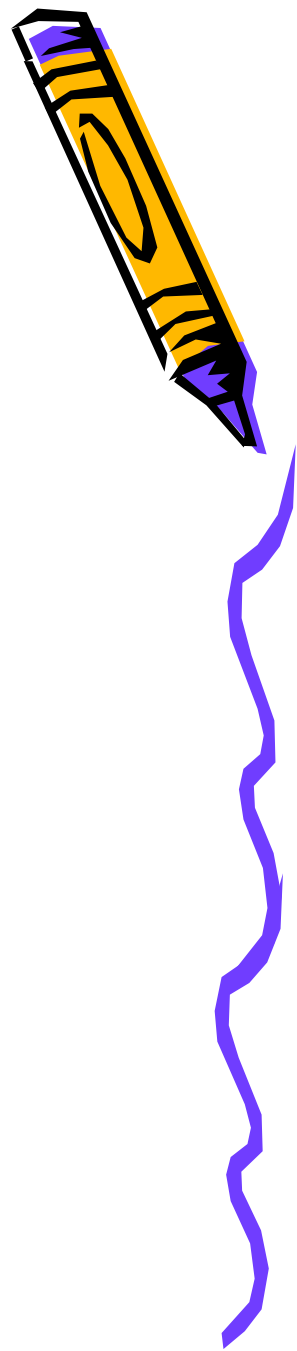
DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL DE LAS EMPRESAS DE VIDEOJUEG



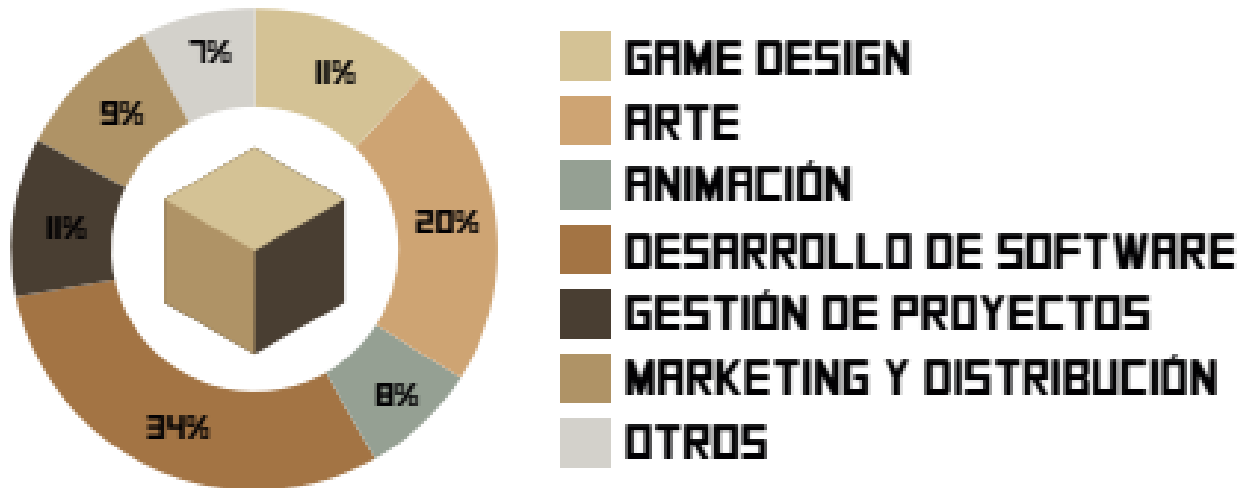
**EN ESPAÑA HAY EN ACTIVO MÁS DE 400
EMPRESAS DE VIDEOJUEGOS Y 180
PROYECTOS EMPRESARIALES**



Perfiles profesionales

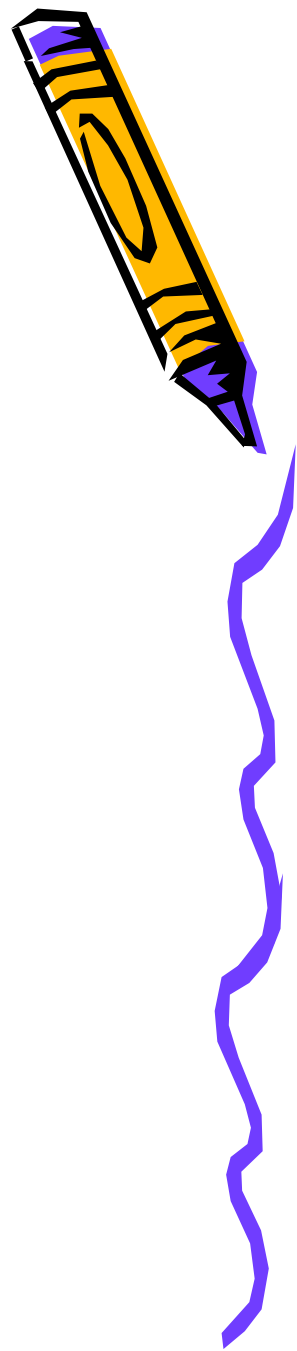
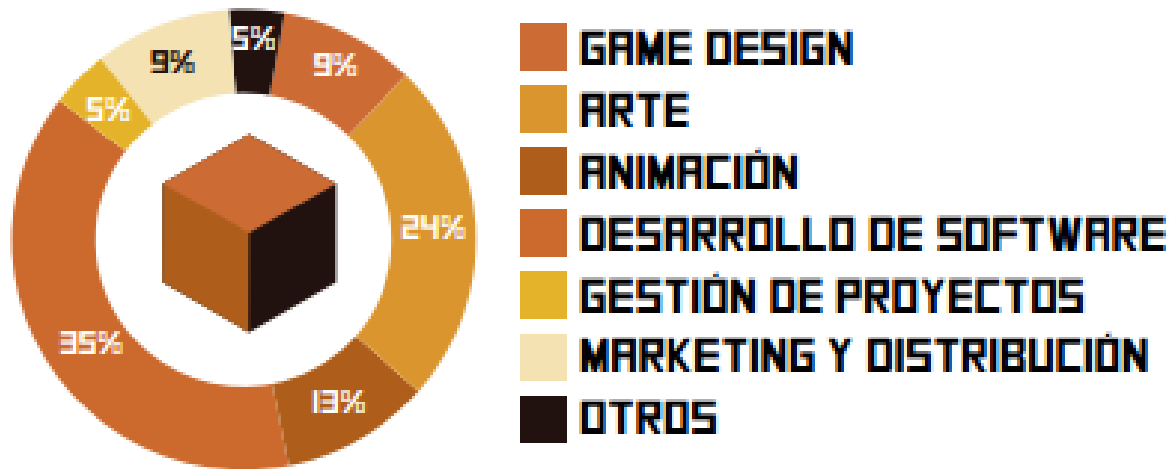


**DISTRIBUCIÓN DE LOS EMPLEADOS DIRECTOS DEL SECTOR POR FUNCIÓN DESEMPEÑADA
(% DEL TOTAL DE EMPLEADOS DIRECTOS)**



Perfiles profesionales

ESTIMACIÓN DE CONTRATACIÓN POR PERFIL



Hace mucho tiempo...



1958



Videojuegos: Pre-historia



- El juego se llamó “Tennis for Two”.
- Programó un movimiento balístico, con posibilidad de intercepción.
- La construcción se realizó para una muestra al público de las instalaciones.

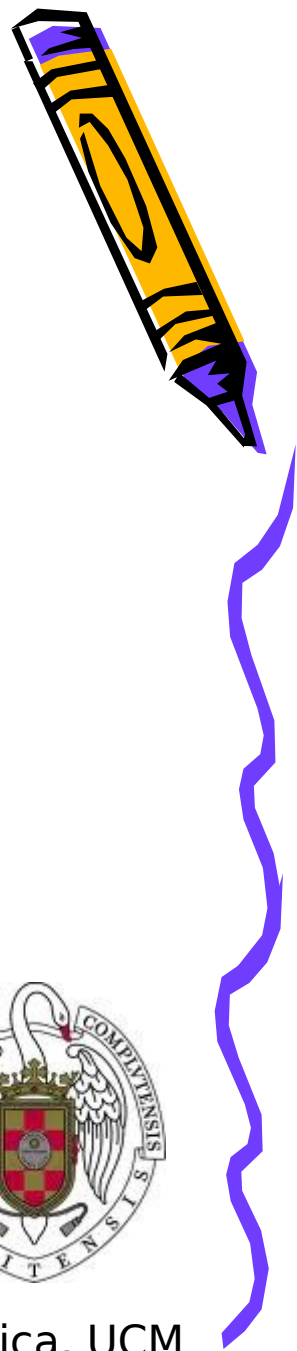


– <http://www.youtube.com/watch?v=s2E9iSQfGdg>



Índice

- El negocio de los videojuegos.
- Videjuegos y CI.
- Generación Procedimental de Contenidos.
- Genetic Terrain Programming.



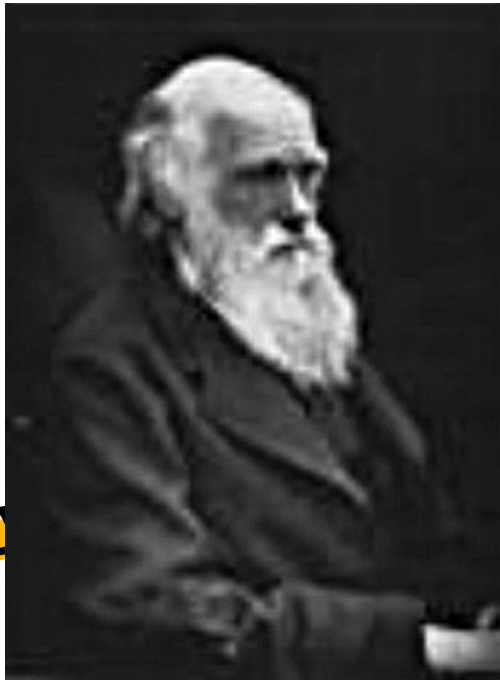
Computational Intelligence

- Conjunto de metodologías computacionales inspiradas por la naturaleza que permiten atacar problemas del mundo real.
 - (en los que las matemáticas o el modelado tradicional no sirven).



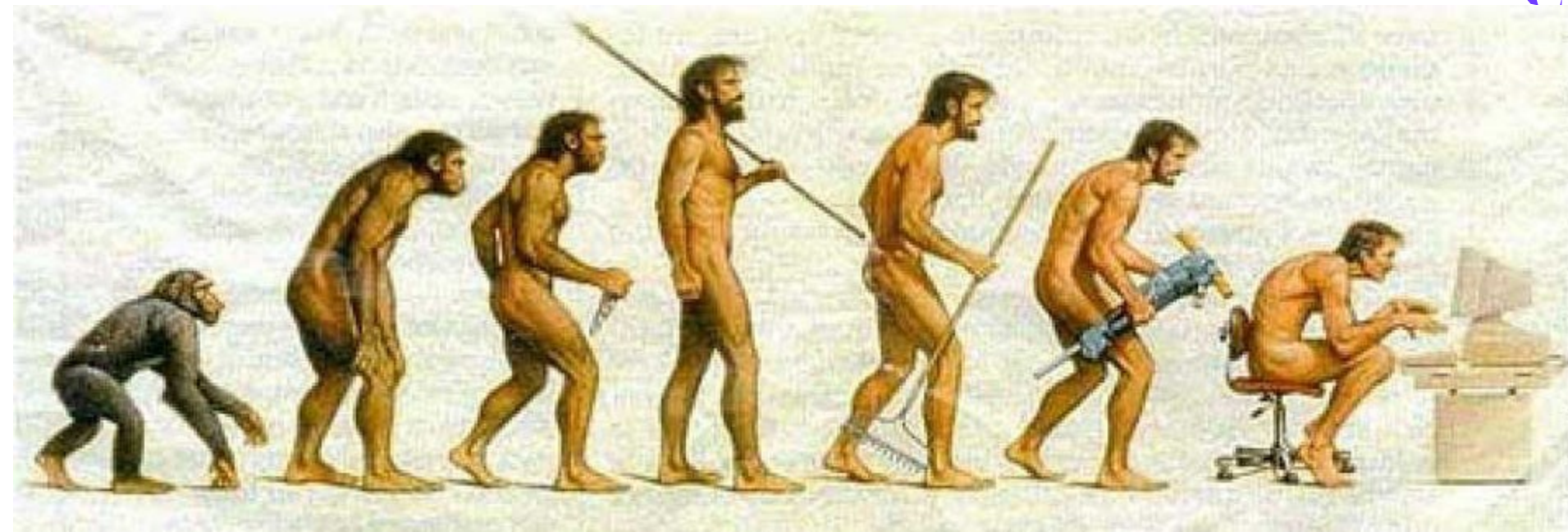
Algoritmos Evolutivos

- Basados en la teoría de la Evolución mediante selección Natural de Darwin.



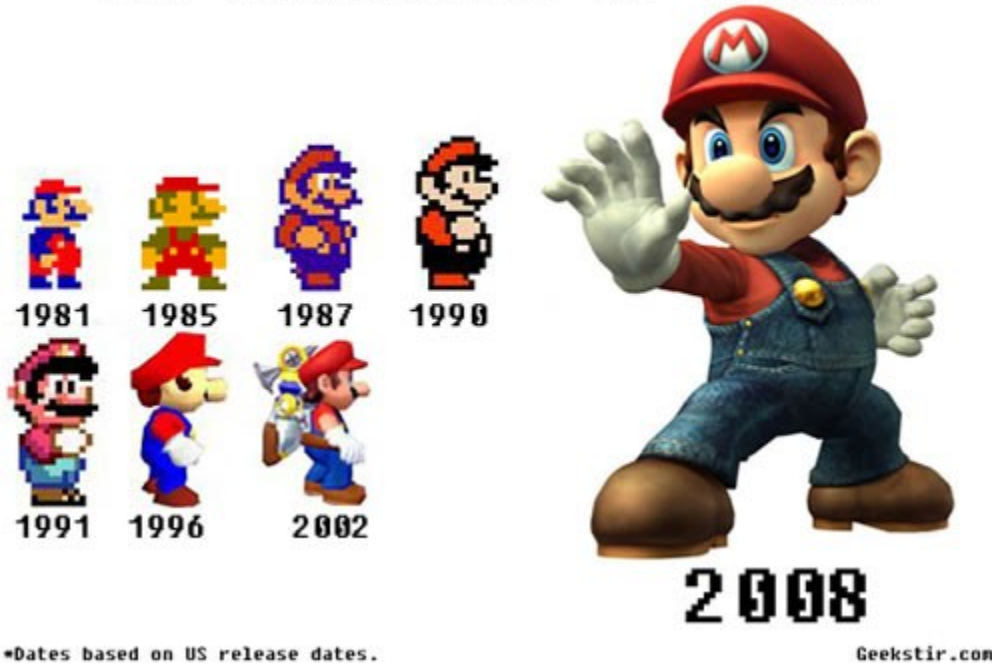
El Origen de las
Especies.
1859.

¿Evo...qué?



¿Evo...qué?

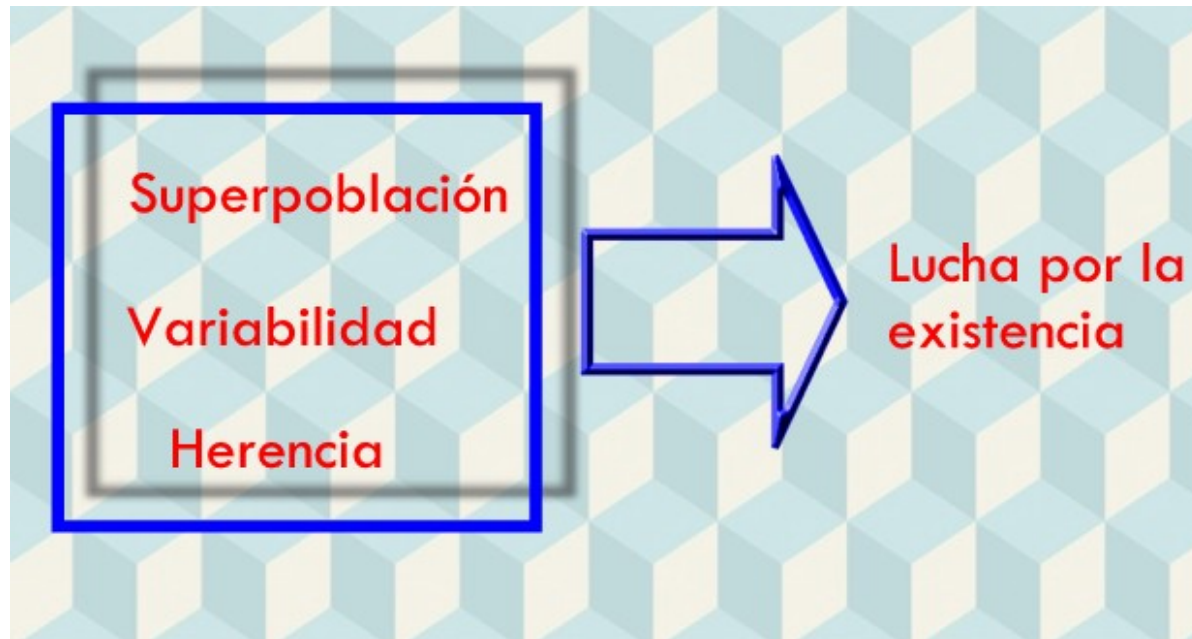
The Evolution of Mario



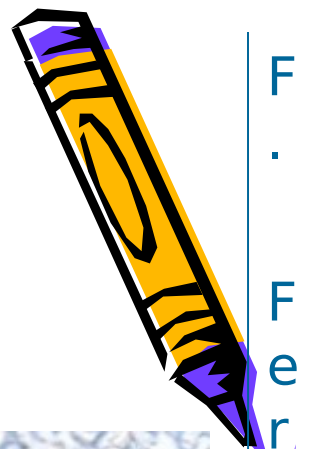
*Dates based on US release dates.



Neodarwinismo



El Mar de la Inteligencia Artificial



F
·
F
e
r
n
á
n
d
e
z

Redes
Neuronales

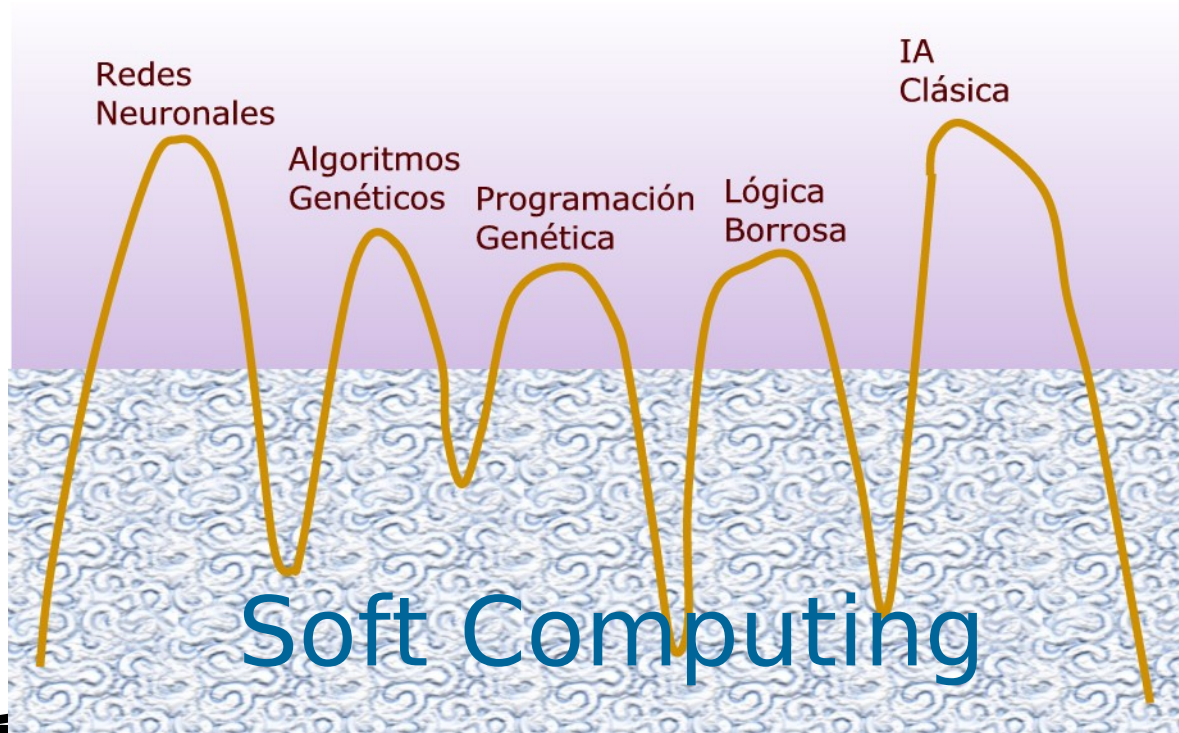
Programación
Genética

Algoritmos
Genéticos

Inteligencia
Artificial
Clásica



El Mar de la Inteligencia Artificial



F
·
F
e
r
n
á
n
d
e
z

IA

¿Cómo funciona un AE?

- Un resumen:
 - $T=0$;
 - Inicializar y Evaluar $[P(t)]$
 - While *condición_fin* no alcanzada do
 - $P'(t)=\text{variation } [P(t)]$
 - Evaluate $P'(t)$
 - $P(t+1)=\text{select } [P'(t), P(t)]$
 - $T=t+1$
 - end while



Para que la evolución actúe se deben cumplir cuatro condiciones:

- Los individuos de la población deben ser capaces de reproducirse.
- La supervivencia de los individuos depende de caracteres afectados por variaciones.
- Los caracteres pasan de padres a hijos mediante la herencia.
- Los individuos de la población compiten por los recursos.

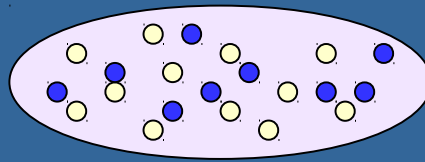
VARIACIÓN.

HERENCIA

SUPERPOBLACIÓN

Algoritmos Evolutivos

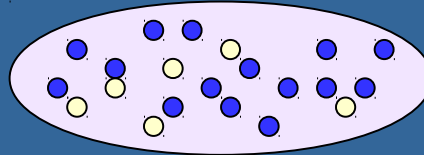
Los individuos compiten por los recursos



Los individuos forman la población

Diferentes caracteres: ● ●

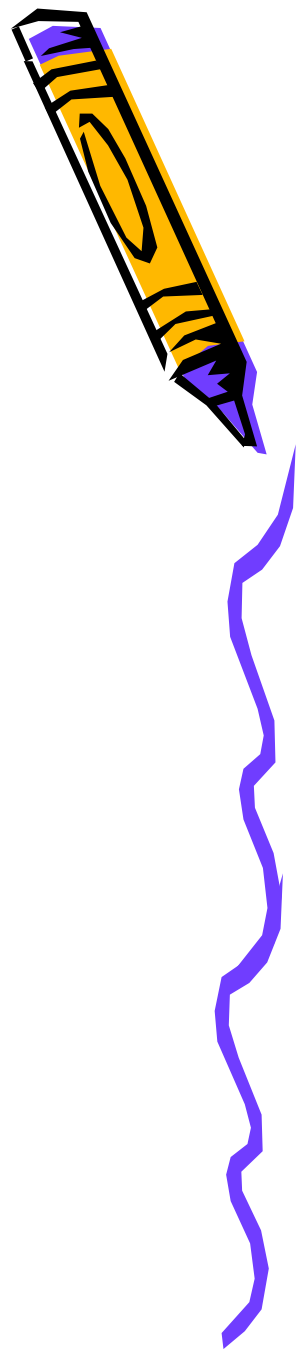
Herencia y Reproducción



Individuos de la Población: Soluciones Candidatas

Operaciones Básicas

- Evaluación.
- Selección.
- Cruce.
- Mutación.



¿Porqué funcionan?

- Informalmente, los AEs realizan dos tareas:
 - Exploración del espacio de búsqueda.
 - Explotación de zonas “buenas”.
- Formalmente, existen estudios de convergencia para cada uno de los algoritmos englobados en los AEs.



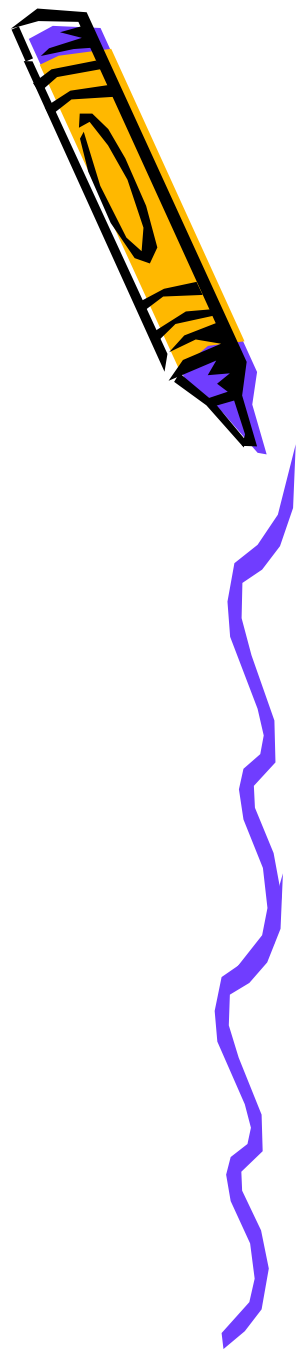
Problemas abordados



- Air-Injected Hydrocyclone Optimization Artificial Intelligence Assignment of Radio-Link Frequencies Automated Parameter Tuning for Sonar Information Processing Bin Packing Clustering Communication Network Design Conformational Analysis of DNA Data Mining Dynamic Anticipatory Routing in Circuit-Switched Telecommunications Network Electronic-Circuit Layout Flow Control Fuzzy Controller Design Gas-Pipeline Control Genetic Synthesis of Neural Network Architecture Hybrid EC Systems Image Generation and Recognition Interdigitation (Engineering Design Optimization) Job Shop Scheduling Knowledge Acquisition Learning Mathematical and Numerical Optimization Models of International Security Multiple Fault Diagnosis Neural Network Design Nonlinear Dynamical Systems Ordering Problems (TSP, N-Queens, ...) Parallel Process Scheduling Parametric Design of Aircraft Portfolio Optimization Query Optimization in Databases Real Time Control of Physical Systems Robot Trajectory Generation Sequence Scheduling (Genetic Edge Recombination) Strategy Acquisition Symbolic Integration and Differentiation Time-Series Analysis and Prediction Traveling Salesman (Genetic Edge Recombination) Validation of Communication Protocols VLSI Design WYSIWYG Artistic Design X-Ray Crystallography



¿AEs y Videojuegos?



Ms PacMan Competition





[CIG 2016](#) ▾ [SUBMISSIONS](#) ▾ [CONFERENCE PROGRAM](#) ▾ [VENUE](#) [SOCIAL EVENTS](#) [CONTACT](#)

IEEE CIG 2016 - SANTORINI, GREECE, SEPTEMBER 20-23

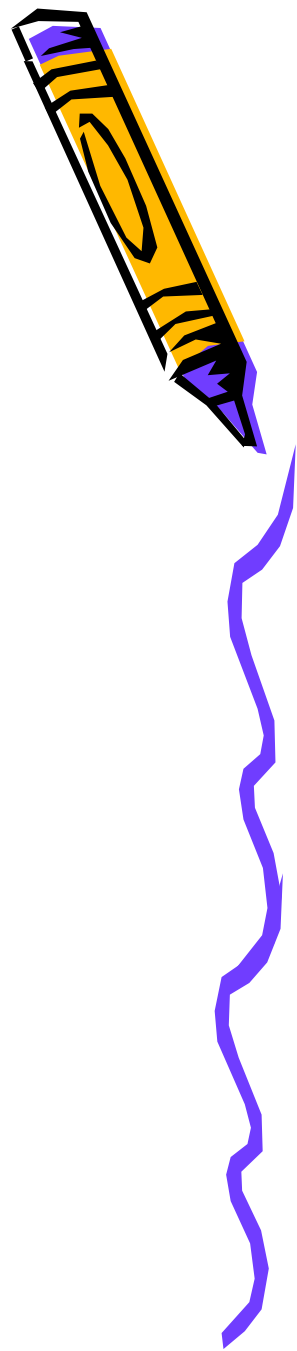
IEEE COMPUTATIONAL INTELLIGENCE AND GAMES CONFERENCE

[SUBMIT TO THE CONFERENCE](#)

7th Workshop on Procedural Content Generation

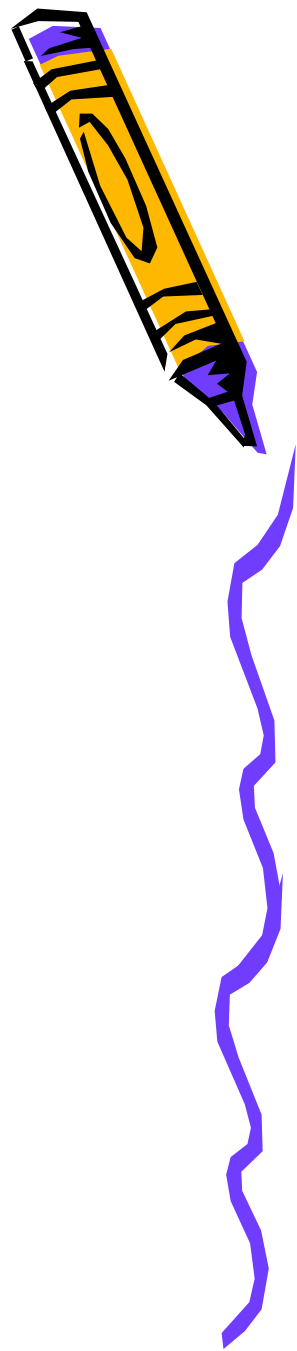
¿Cuánto cuesta?

- Licencia plataforma 11%
- Otras licencias 12%
- Programación 20%
- Diseño y producción 25%
- Márketing 12%
- Edición y distribución 8%
- Márgenes venta 20%



¿Cuánto cuesta?

- Licencia plataforma 11%
- Otras licencias 12%
- Programación 20%
- **Diseño y producción 25%**
- Márketing 12%
- Edición y distribución 8%
- Márgenes venta 20%



Generación Procedimental de Contenidos

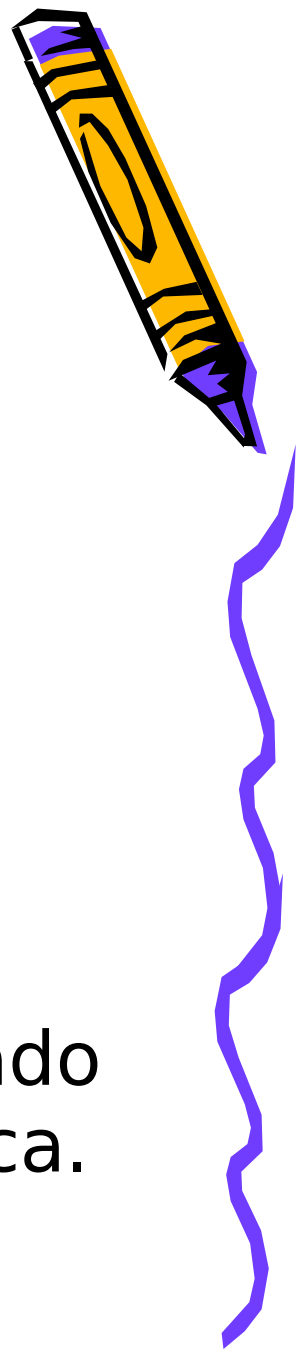


- ¿Porqué PCG?
 - ¿Cuál es el coste del desarrollo de contenidos?
 - Escenarios.
 - Dinámicas del juego.
 - Objetivos.
 - Guión.
 - Música...





Yavalath: Juego de Mesa diseñado
mediante Programación Genética.
(Ganador Hummies 2012)



Generación Procedimental de Contenidos

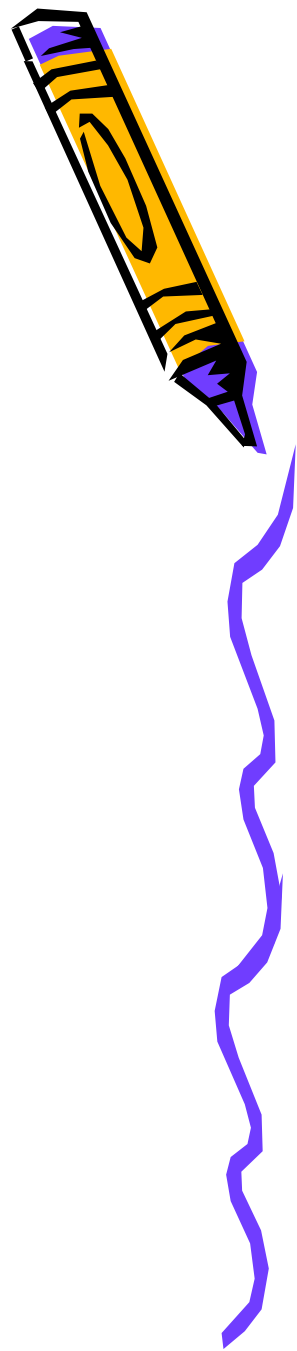
- No es algo nuevo:
 - Se utilizó ya en los años 80.



Akalabeth, world of doom.

AEs+Videojuegos

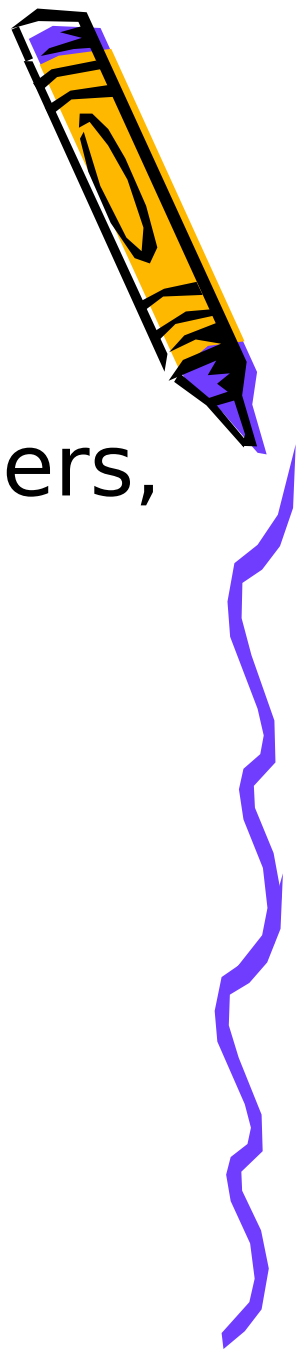
- ¿Qué podemos hacer?
 - Generación de Contenidos.
 - Inteligencia Computacional.



Diseño Evolutivo

Evolutionary Design by Computers,
P. Bentley. MIT Press.

The Art of Artificial Evolution, J.
Romero, P. Machado. Springer.



Diseño Evolutivo



■ Karl Sims:

- Primordial Dance:

<http://es.youtube.com/watch?v=vIVjEkWTEX>

- Panspermia:

<http://es.youtube.com/watch?v=AgeuRukfZL>

- Virtual Creatures:

<http://es.youtube.com/watch?v=F0OHycypS0>



"Artificial Evolution for Computer Graphics"

K. Sims, Computer Graphics (Siggraph '91 proceedings), July 1991, pp.319-328

Diseño Evolutivo

- Karl Sims: www.genarts.com



Curso Internacional de Verano: 15,
16 Julio, Almendralejo, Badajoz.

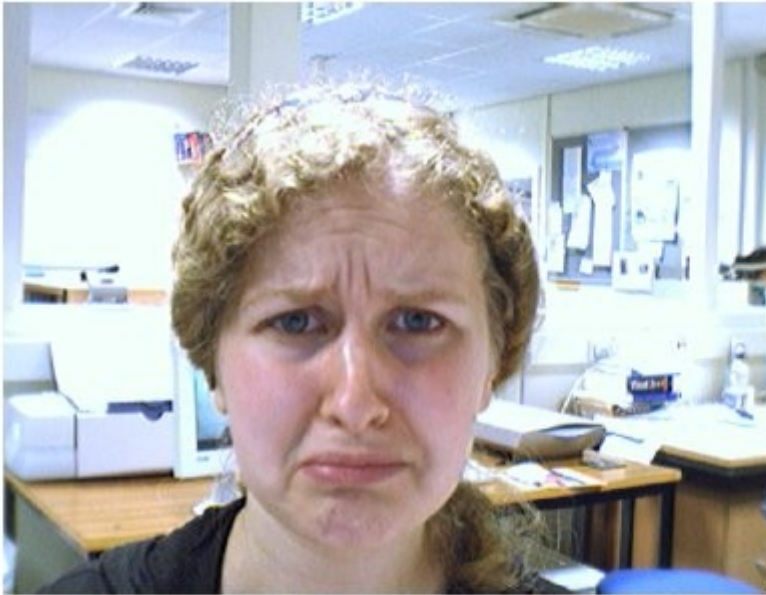
Diseño Evolutivo

- John Collomose (University of Bath)



Diseño Evolutivo

- John Collomose



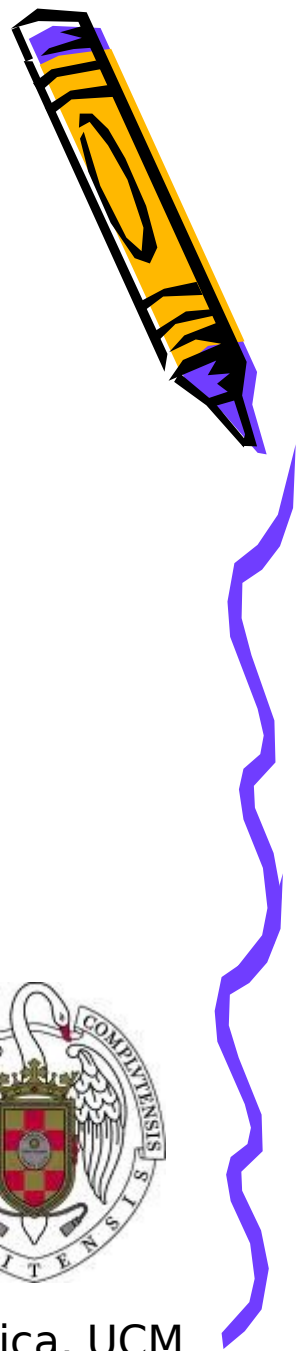
Diseño Evolutivo

- John Collomose



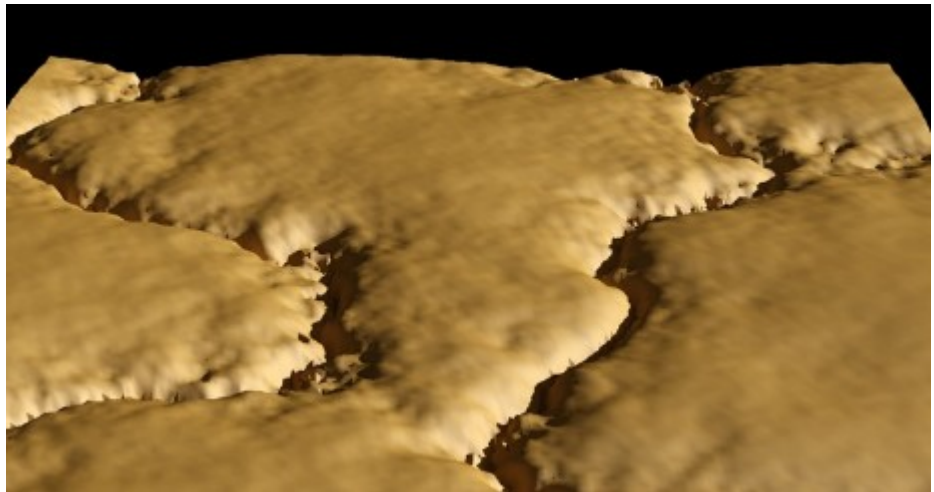
Índice

- El negocio de los videojuegos.
- Videjuegos y CI.
- Generación Procedimental de Contenidos.
- Genetic Terrain Programming.



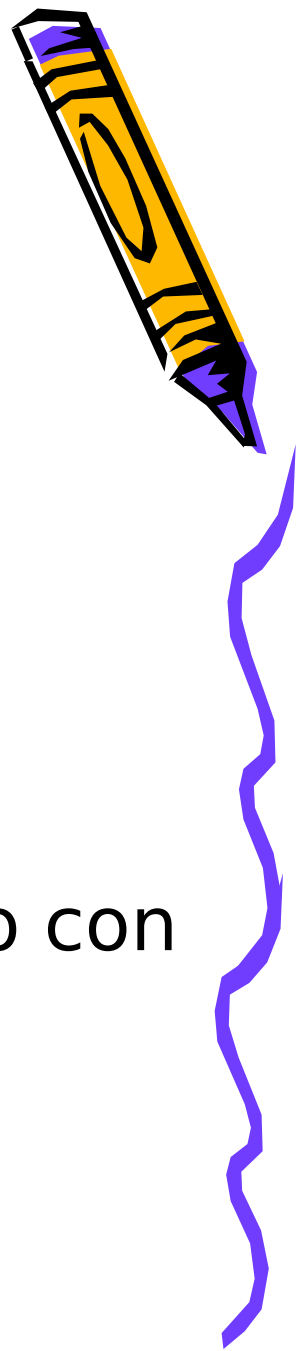
Videojuegos y CI

- Diseño de Terrenos.

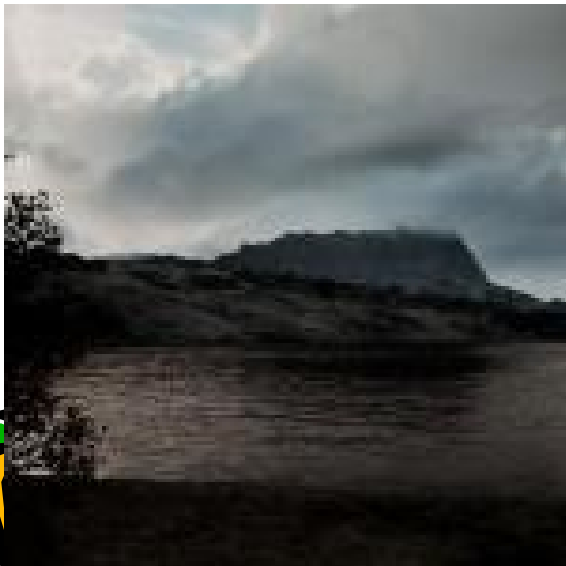


Diseño de Terrenos

- Medición real (remote sensing).
- Modelado artístico (Blender).
- Procedimentales:
 - Fractales (Terragen).
 - Evolutivo: Diseño evolutivo utilizado con otros fines.

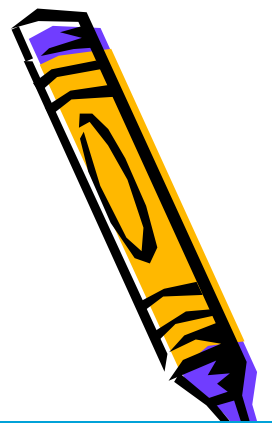
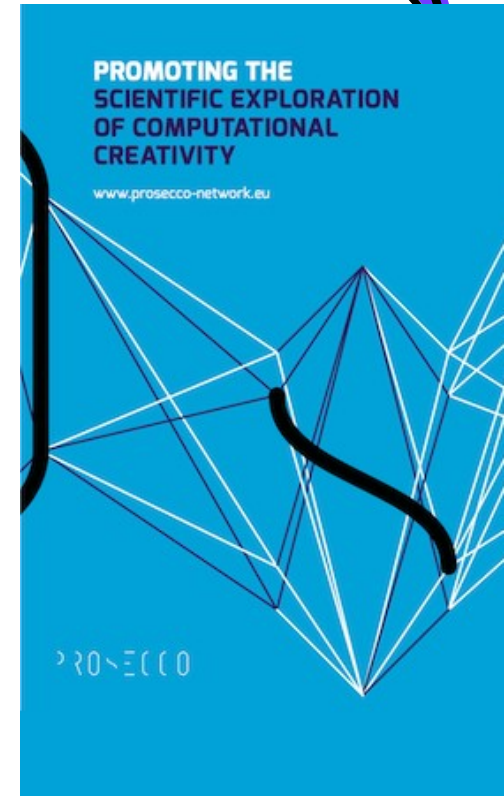
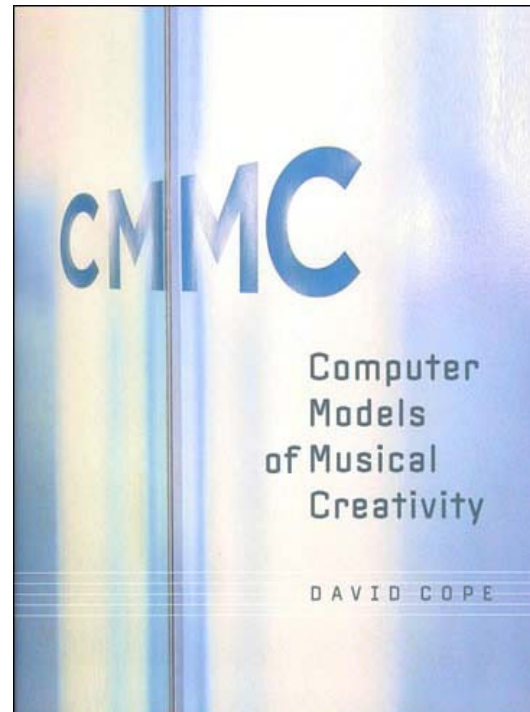
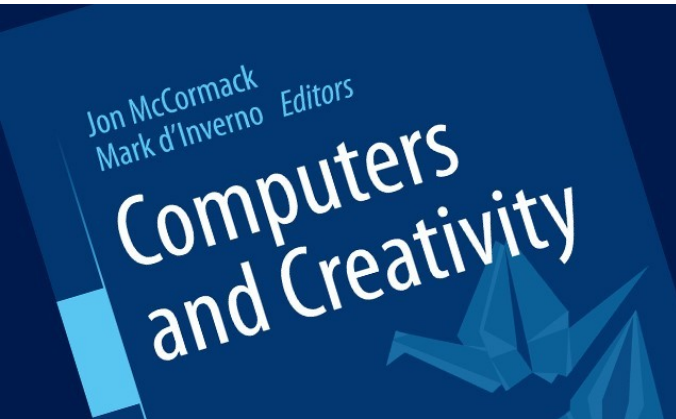


Terragen



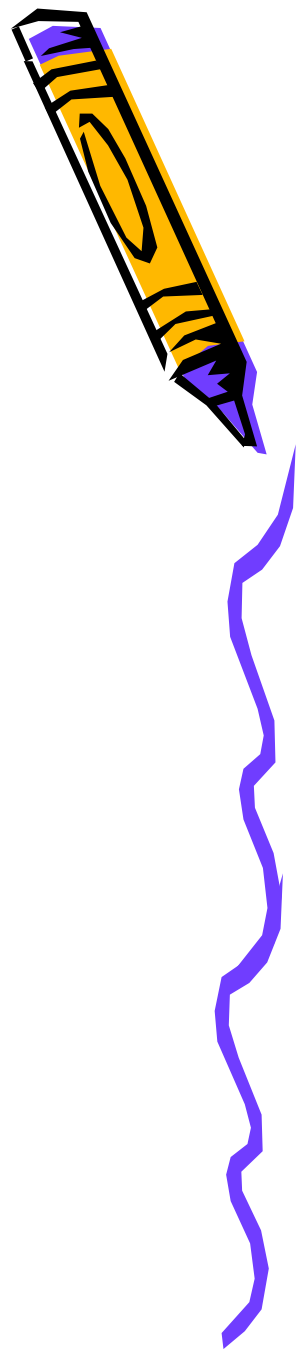
<http://www.planetside.co.uk/terragen/>

Creatividad Computacional



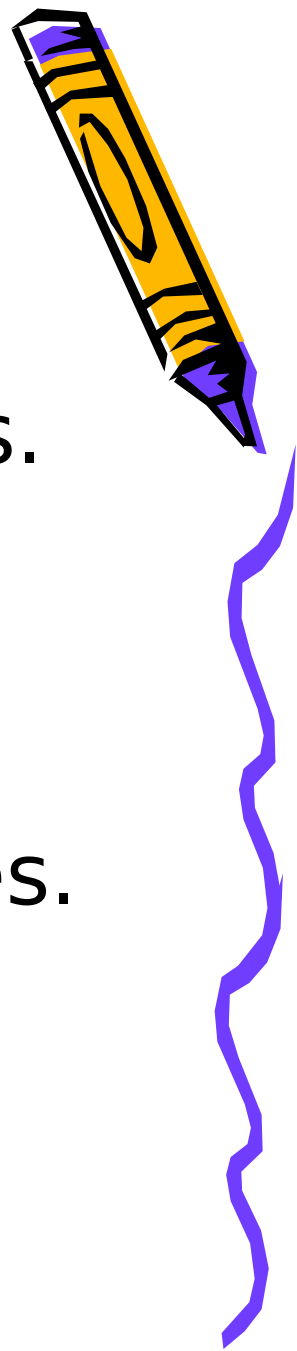
Creatividad Computacional

- Evolución Interactiva.
- Programación Genética.

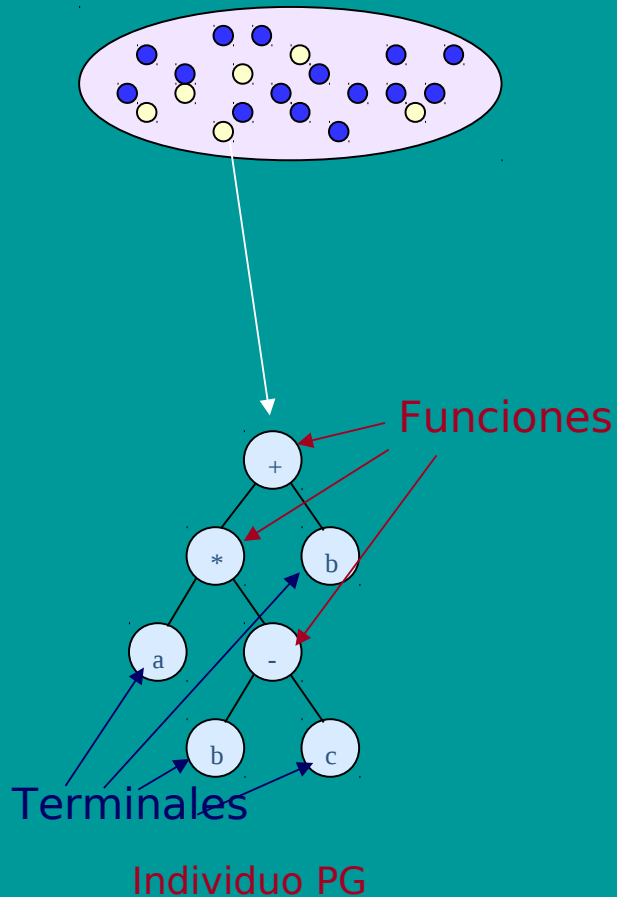


Programación Genética

- Popularizada por Koza en los 90s.
- Aplica evolución en procesos de generación automática de programas.
- Trabaja con estructura de árboles.



Programación Genética



Operadores Genéticos:

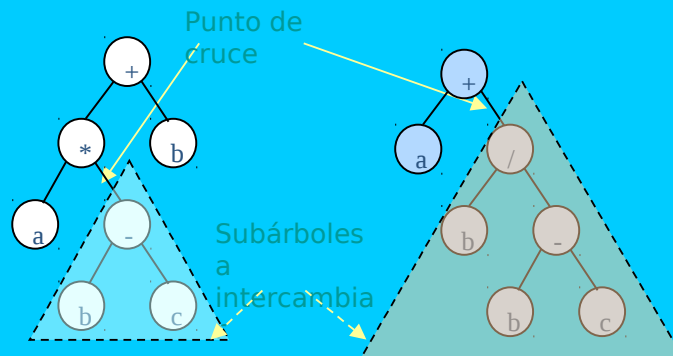
- Cruce.
- Mutación.
- Selección.
- Reproducción.

Función de Aptitud

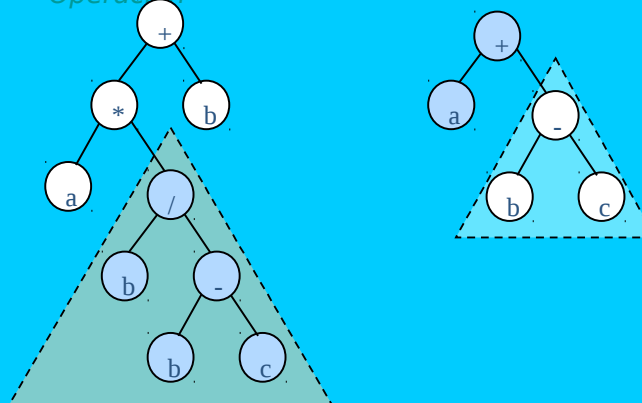
Programación Genética

C
R
U
C
E

Antes de la Operación



Después de la Operación

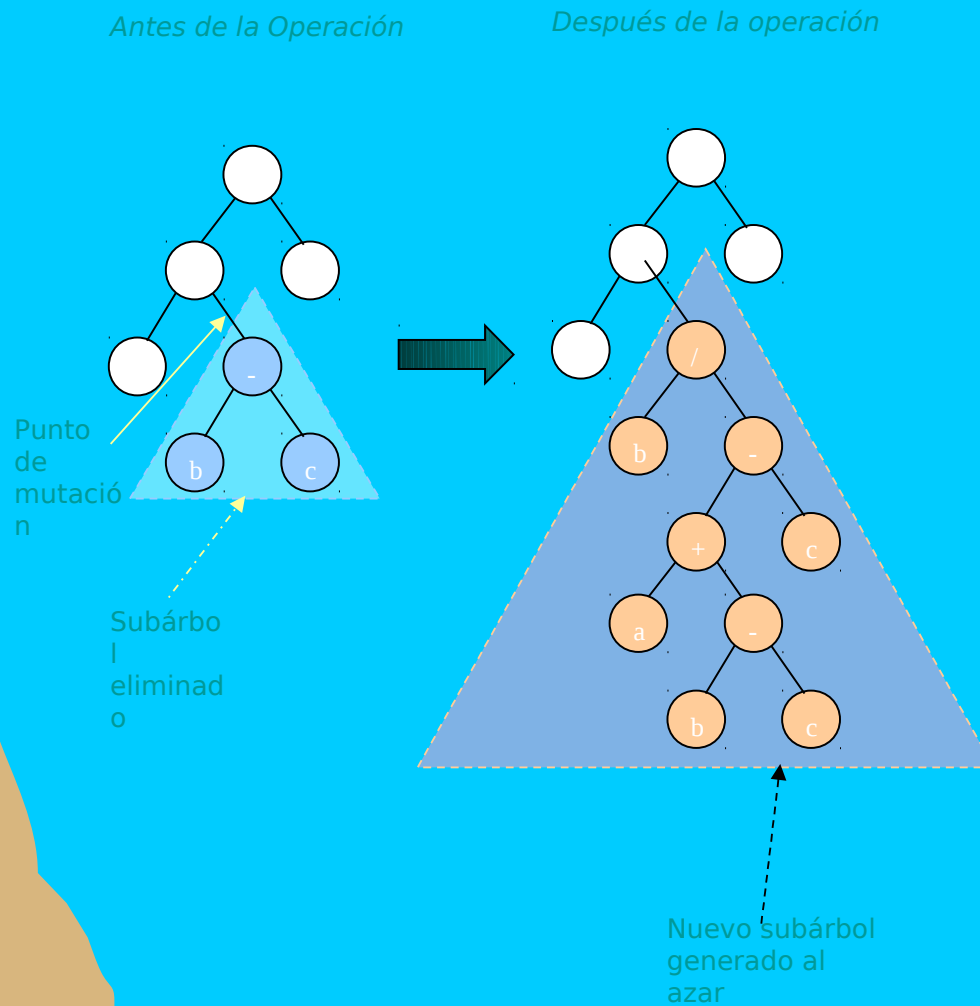


Programación Genética

F
·
F
e
r
n
á
n
d
e
z

Programación Genética

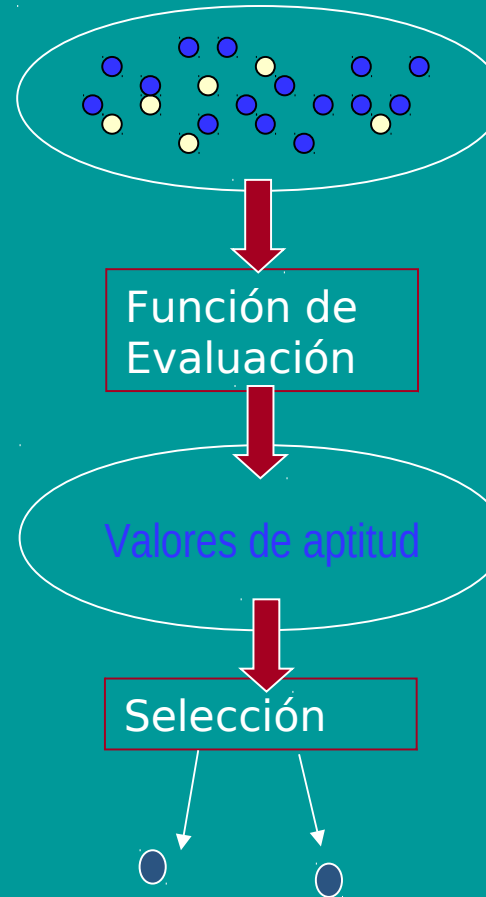
M
U
T
A
C
I
Ó
N



Programación Genética

Programación Genética

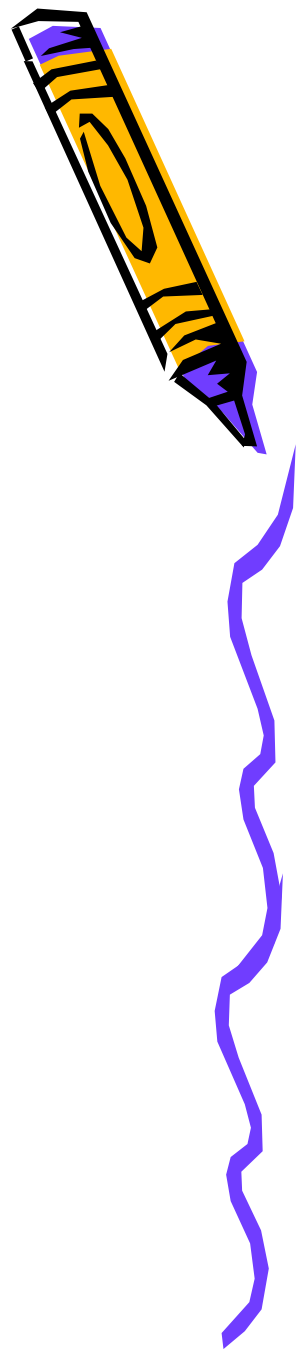
S
E
L
E
C
C
I
Ó
N



Programación Genética

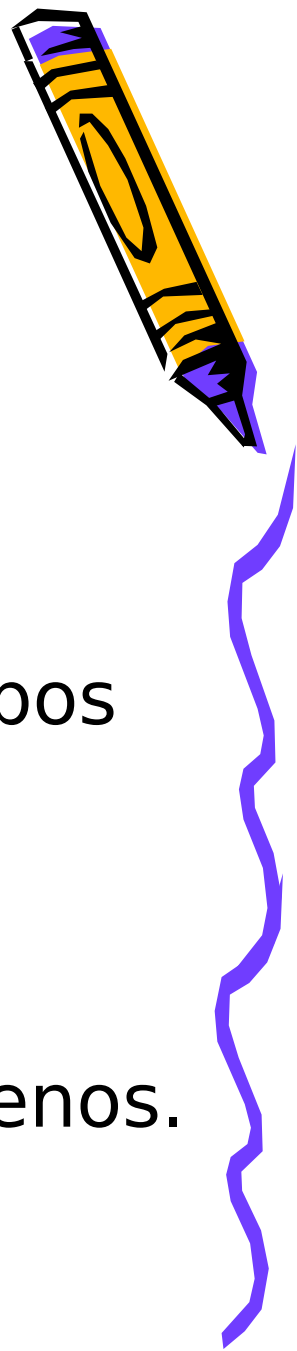
Un ejemplo

- Regresión simbólica.



Diseño Evolutivo

- ¿GP para diseñar terrenos?
- Objetivos:
 - Capaz de generar diferentes tipos de terrenos.
 - Extensible.
 - Interactivo e Intuitivo.
 - Generación de familias de terrenos.



Diseño Evolutivo

- ¿Qué necesitamos?
 - Funciones y Terminales + Operadores.

13

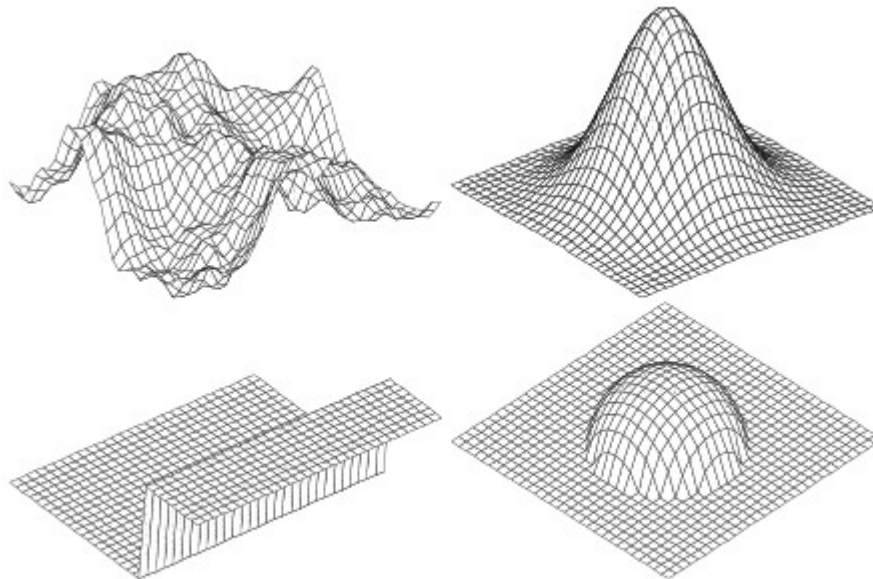
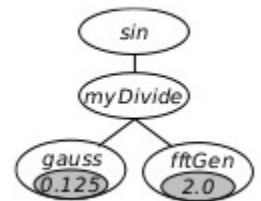
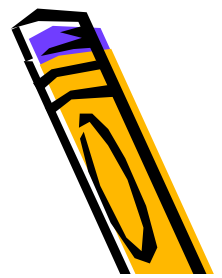


Fig. 5. Examples of hight maps terminals *fftGen*, *gauss*, *step* and *sphere*

Genetic Terrain Programming

- GTP (Frade, Fernández and Cotta).
- Funciones: plus2; minus2; multiply2; sin1; cos1; tan1; atan1;
- myLog1; myPower2; myDivide2; myMod2; mySqrt1;
- negative1; FFT1; smooth1; gradientX1; gradientY1

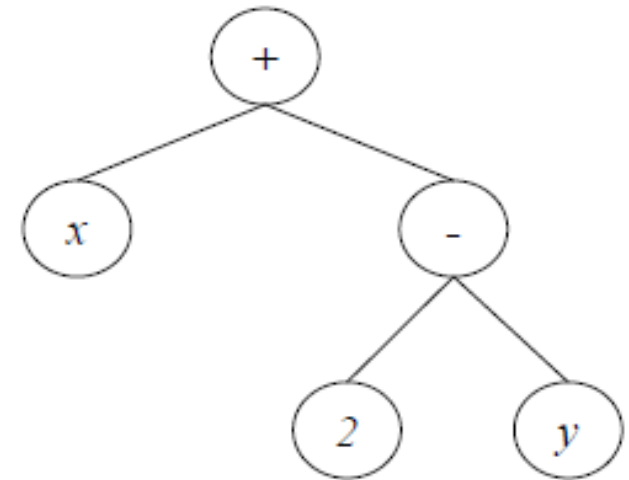




GTP

- Genetic Terrain Programming:
 - IEA + GP.

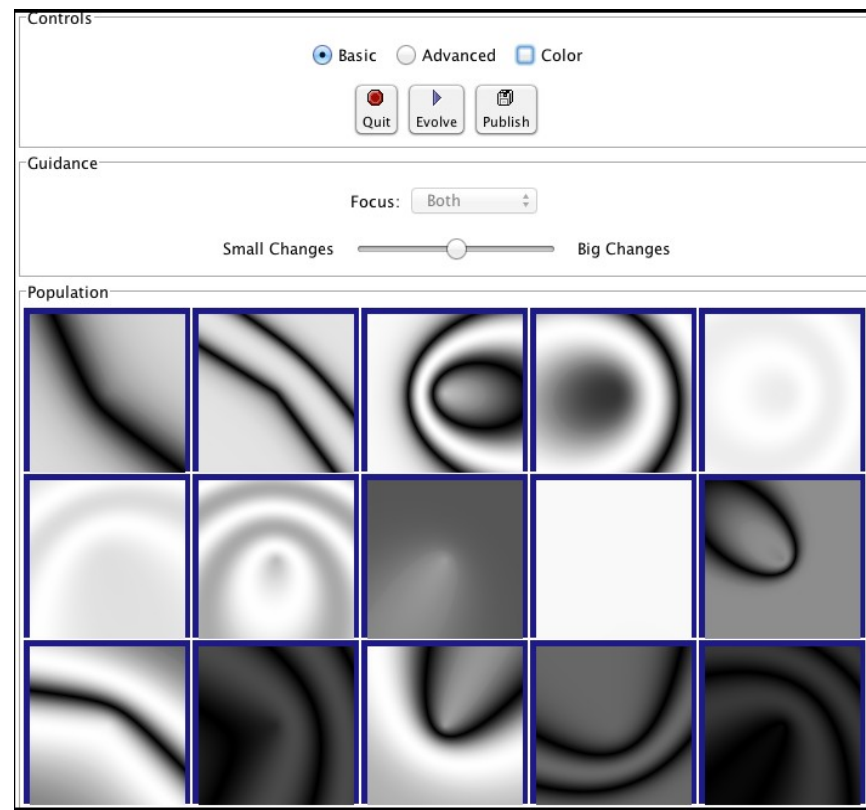
Name	Description
<i>plus</i> (h_1, h_2) <i>minus</i> (h_1, h_2) <i>multiply</i> (h_1, h_2)	arithmetical functions
<i>sin</i> (h) <i>cos</i> (h) <i>tan</i> (h) <i>atan</i> (h)	trigonometric functions
<i>myLog</i> (h)	returns 0 if $h = 0$ and $\log(\text{abs}(h))$ otherwise
<i>myPower</i> (h_1, h_2)	returns 0 if $h_1^{h_2}$ is <i>NaN</i> or <i>Inf</i> , or has imaginary part, otherwise returns $h_1^{h_2}$
<i>myDivide</i> (h_1, h_2)	returns h_1 if $h_2 = 0$ and $h_1 \div h_2$ otherwise
<i>myMod</i> (h_1, h_2)	returns 0 if $h_2 = 0$ and $\text{mod}(h_1, h_2)$ otherwise
<i>mySqrt</i> (h)	returns $\text{sqrt}(\text{abs}(h))$
<i>negative</i> (h)	returns $-h$
<i>FFT</i> (h)	2-D discrete Fourier Transform
<i>smooth</i> (h)	circular averaging filter with $r = 5$
<i>gradientX</i> (h) <i>gradientY</i> (h)	returns the gradient (dh/dx or dh/dy) of a hight map h . Spacing between points is assumed to be 1



Name	Description
<i>rand</i>	map with random heights between 0 and 1
<i>fftGen</i>	spectral synthesis based hight map, whose spectrum depends on a REC: $1/(f^{REC})$
<i>gauss</i>	gaussian bell shape hight map, whose wideness depends on a REC
<i>plane</i>	flat inclined plane hight map whose orientation depends on a REC within 8 values
<i>step</i>	step shape hight map whose orientation depends on a REC within 4 values
<i>sphere</i>	semi-sphere hight map whose centre location is random and the radius depends on a REC

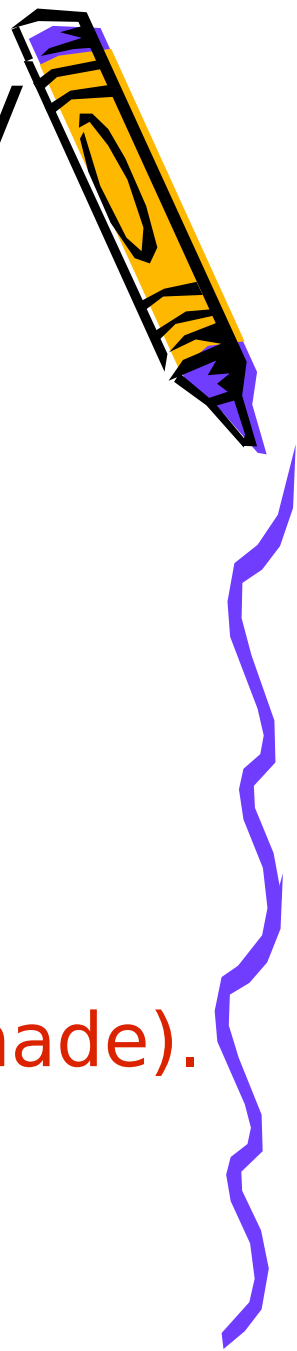
Interactive EAs

- IEA: An evolutionary Algorithm with a human being in charge of fitness evaluation.



Interactive Evolutionary Algorithms

- Standard EA:
 - Fitness Evaluation.
 - Selection.
 - Crossover+Mutation.
- Interactive EA:
 - Fitness Evaluation (human made).
 - Selection.
 - Crossover+Mutation.



Evolutionary Art

- Collaborative works....:
Picbreeder (Secretan et al).



Evolutionary Art

- Endless forms (Clune & Lipson).

EndlessForms

[login](#)[register](#)

"... from so simple a beginning *endless forms* most beautiful and most wonderful have been, and are being evolved."

— Charles Darwin, *On the Origin of Species*

Welcome to EndlessForms.com!

◀ You can use the left and right arrow keys to rotate the objects. ▶

Explore object designs by choosing those you like. Evolution produces objects in the next generation that are variants of those you choose, similar to how animals are bred and naturally evolve ([more](#)). Either further evolve an object below or [start evolving from scratch](#).

Objects would look smoother and display faster in Firefox 4 or Chrome. [Show me »](#)

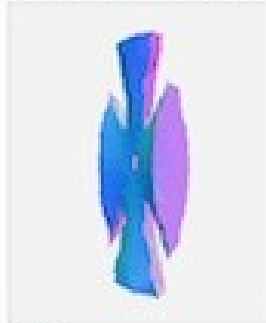
[Start Anew](#)

[Browse](#)

best new
highest rated

★★★★★

[Evolve](#)



Angel

★★★★★

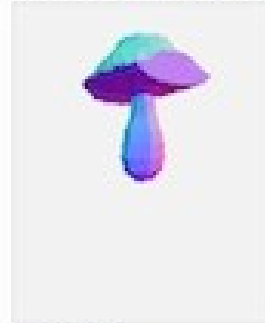
[Evolve](#)



lamp

★★★★★

[Evolve](#)



mushroom

★★★★★

[Evolve](#)



bee queen

★★★★★

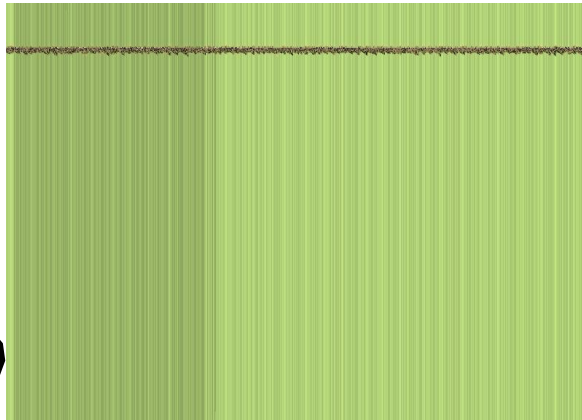
[Evolve](#)



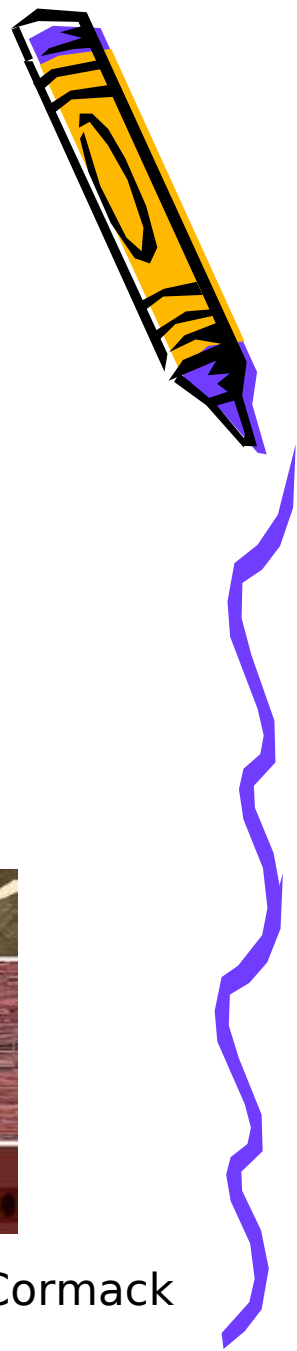
Butterfly

EvoEco

- EvoEco is an experimental piece of software for the creation of abstract images using simple virtual drawing creatures.

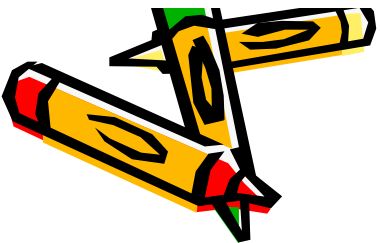
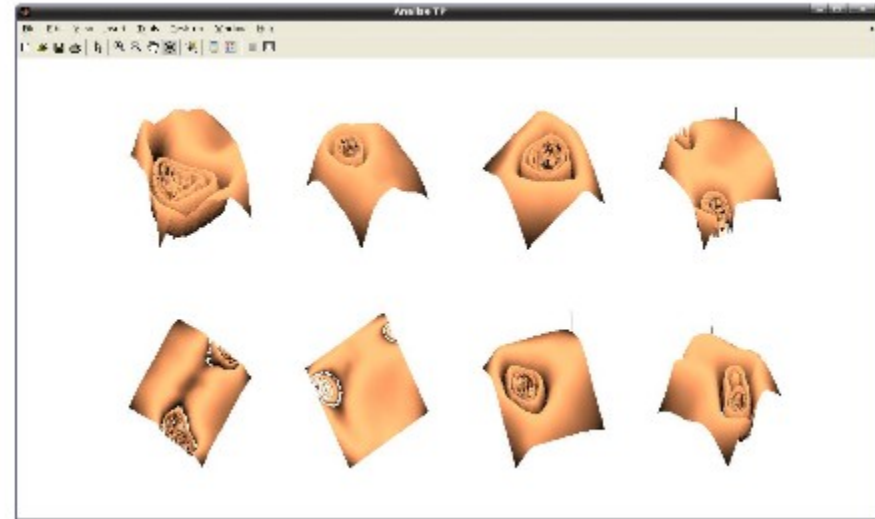
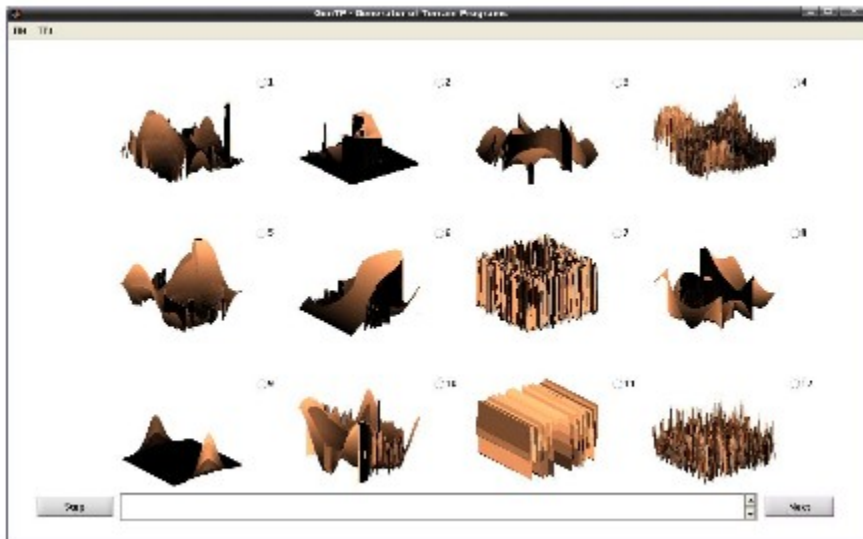
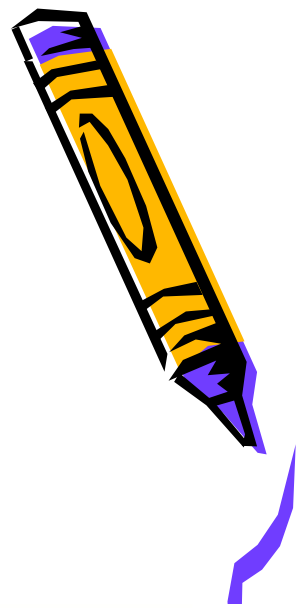


Kowaliw, Dorin, McCormack



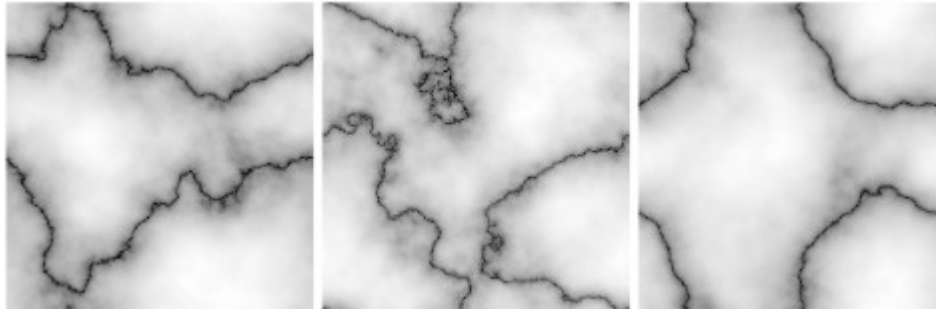
GTP

- Interfaz de Usuario.

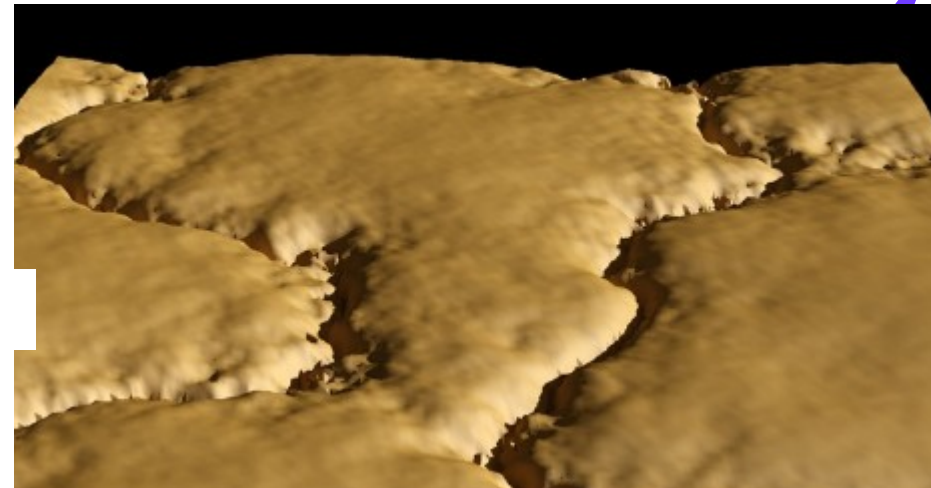


GTP

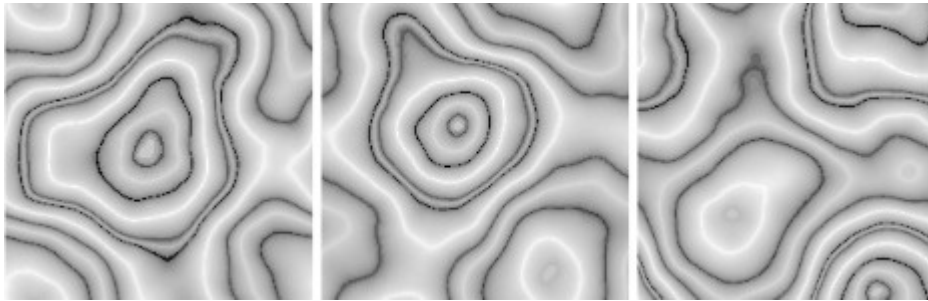
■ Resultados.



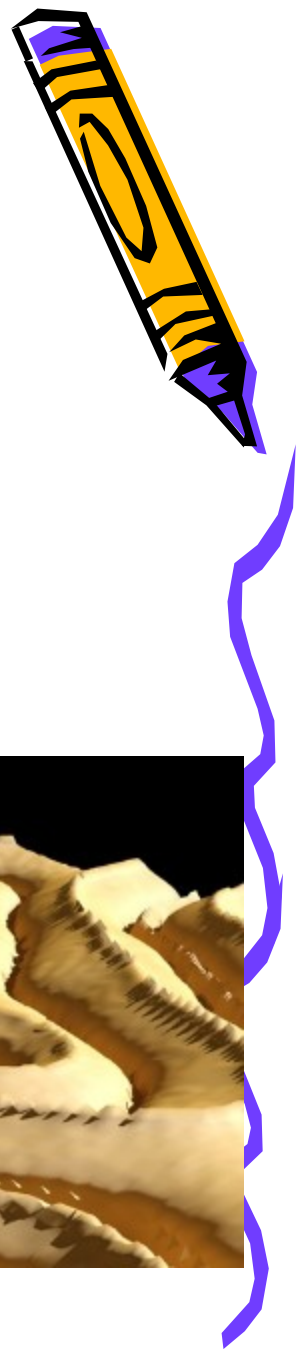
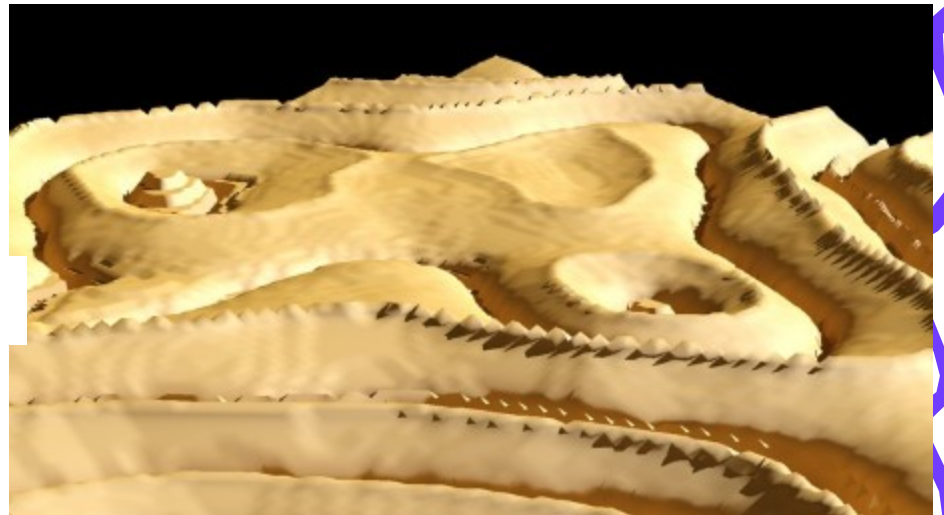

$$TP = \text{myLog}(\text{myLog}(\cos(\text{minus}(\text{fftGen}(2.00), \text{fftGen}(3.75)))))) \quad (2)$$



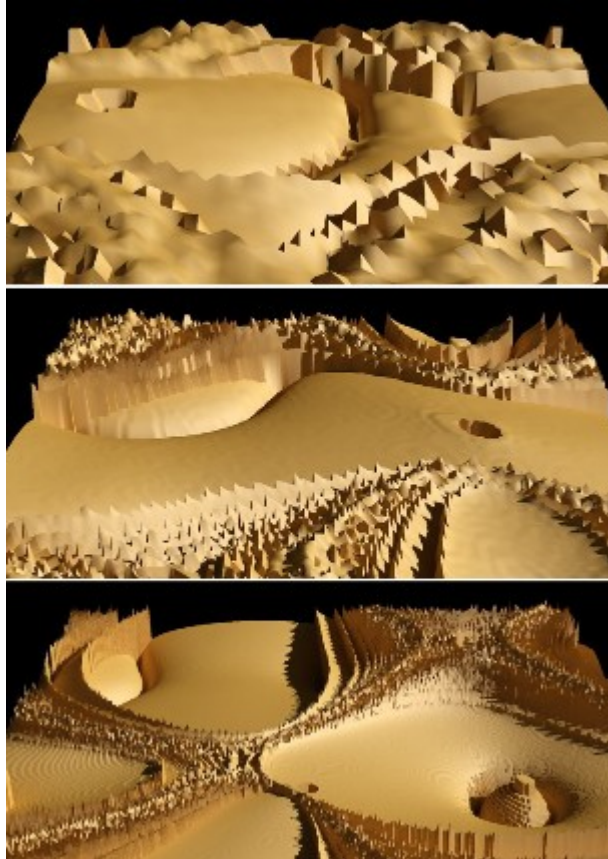
GTP



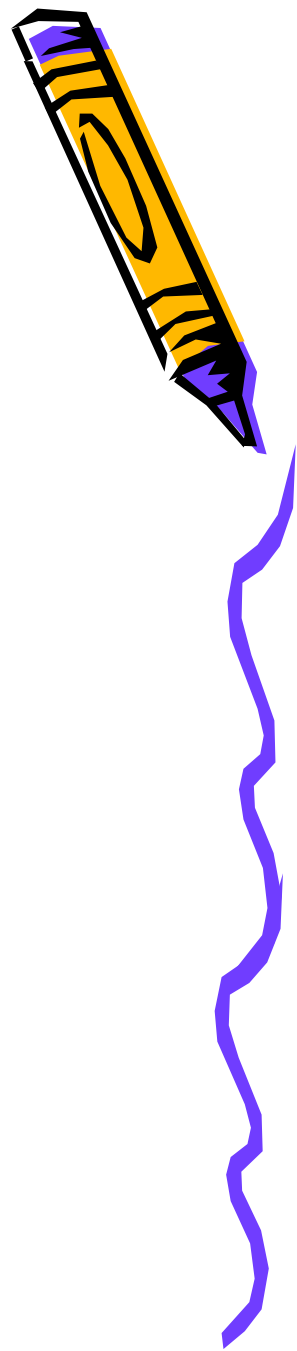
$$TP = \text{myLog}(\text{myLog}(\cos(\text{minus}(\text{fftGen}(2.00), \text{fftGen}(3.75))))) \quad (3)$$



GTP

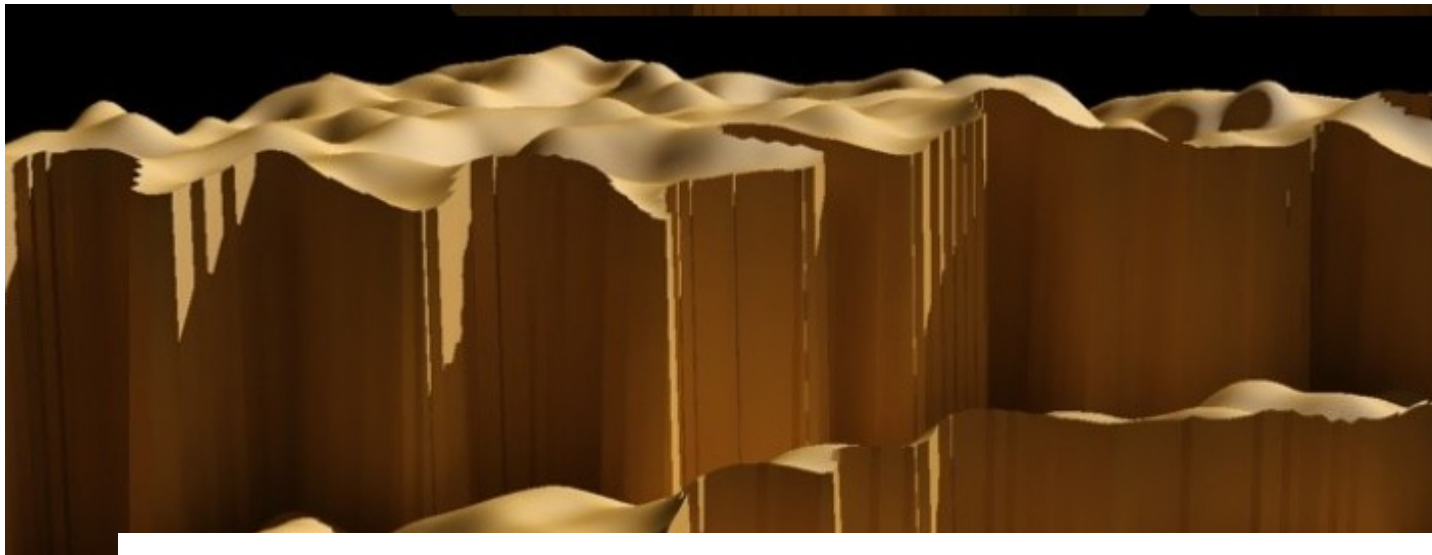


$$TP = \text{myLog}(\text{myLog}(\text{myMod}(\text{myLog}(\text{fftGen}(s, 3.75)), \text{myLog}(\text{myLog}(\text{fftGen}(s, 4.25)))))) .$$

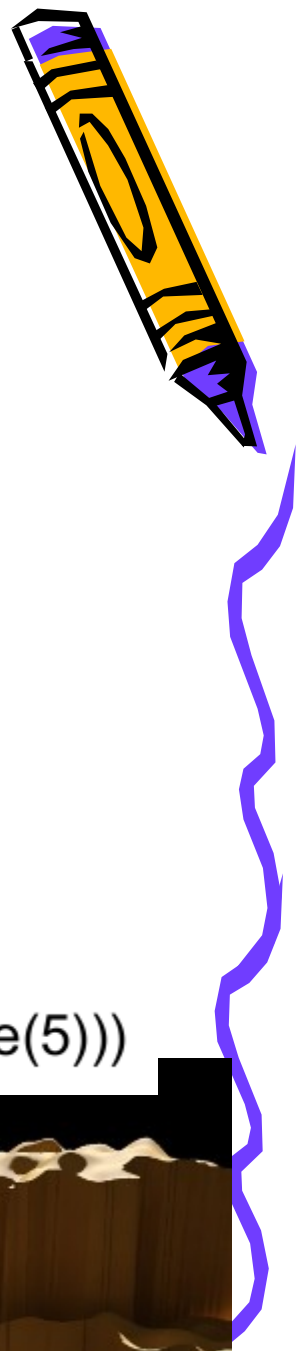
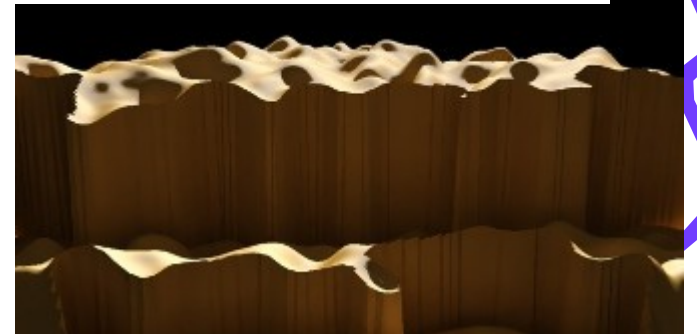
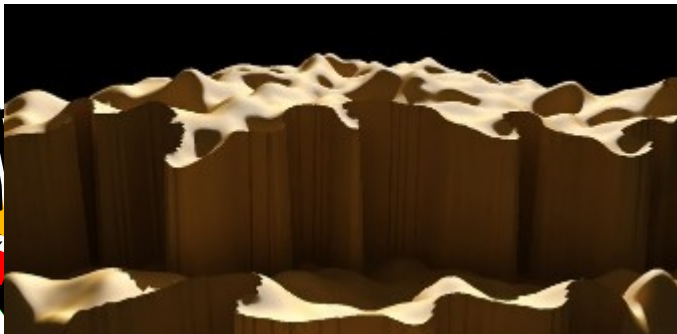


GTP

- Acantilados

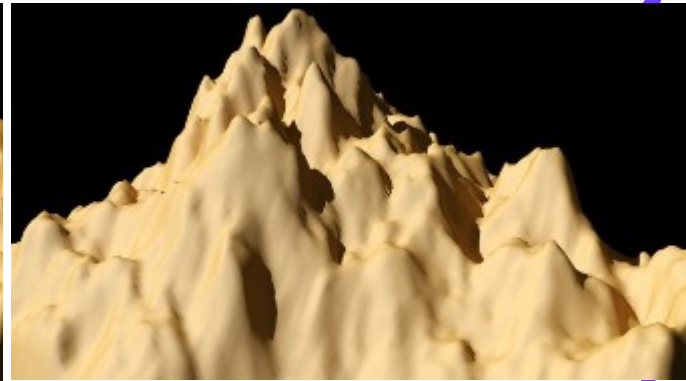
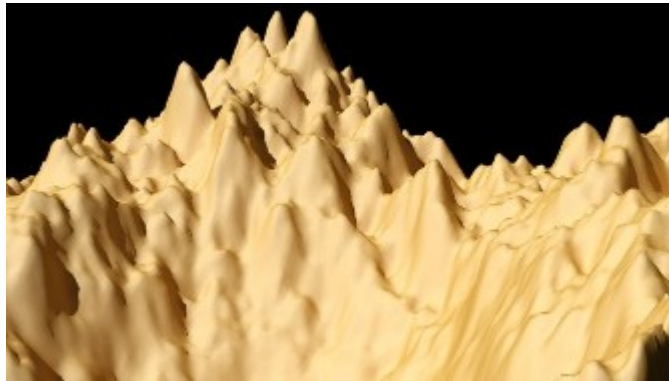
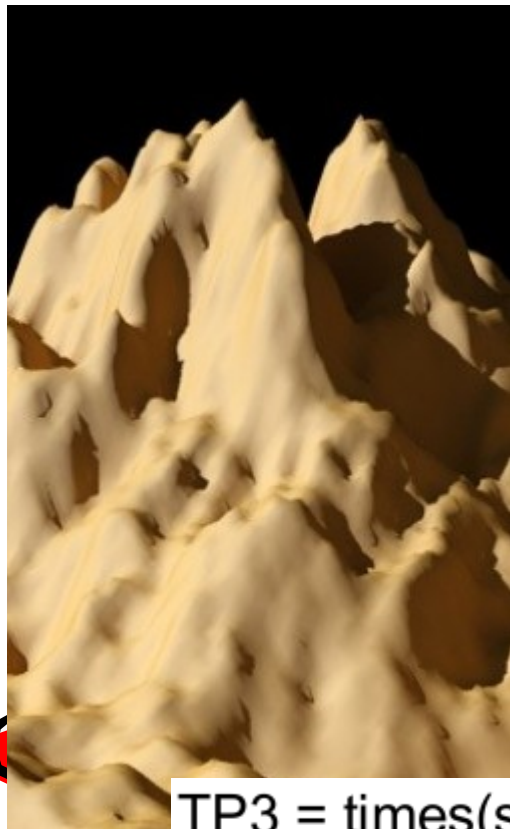


TP1 = myMod(smooth(smooth(fftGen(0.50))), smooth(plane(5)))



GTP

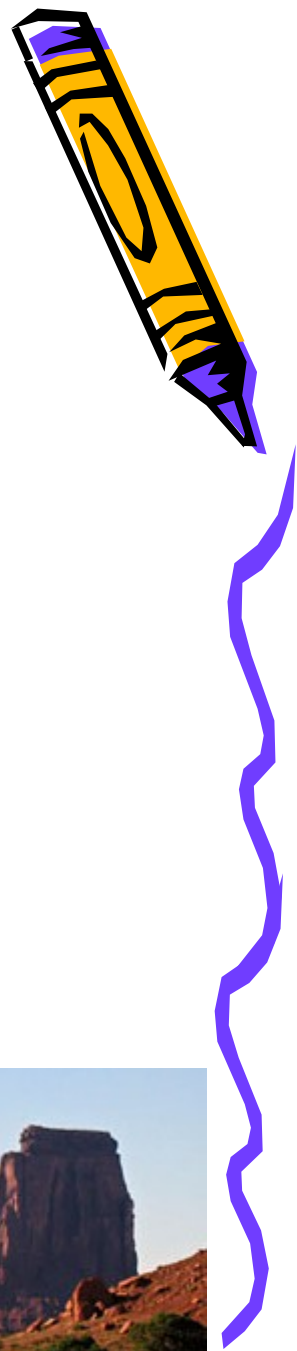
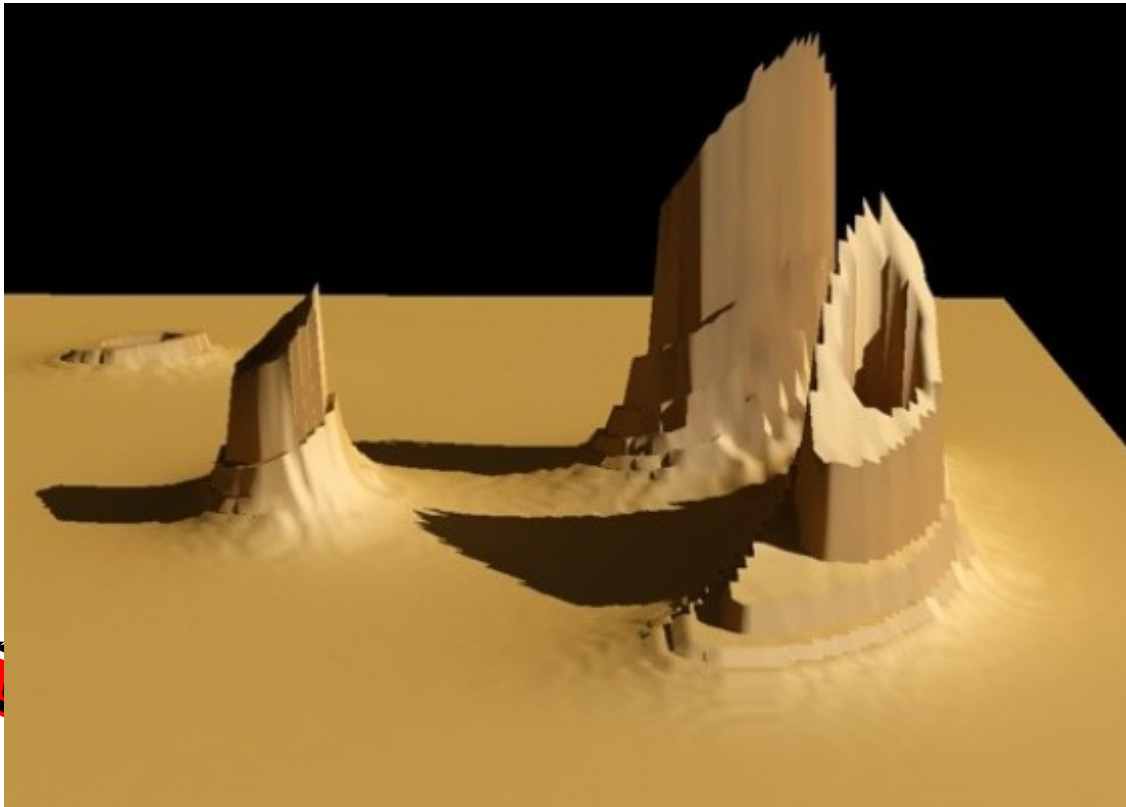
■ Montañas.



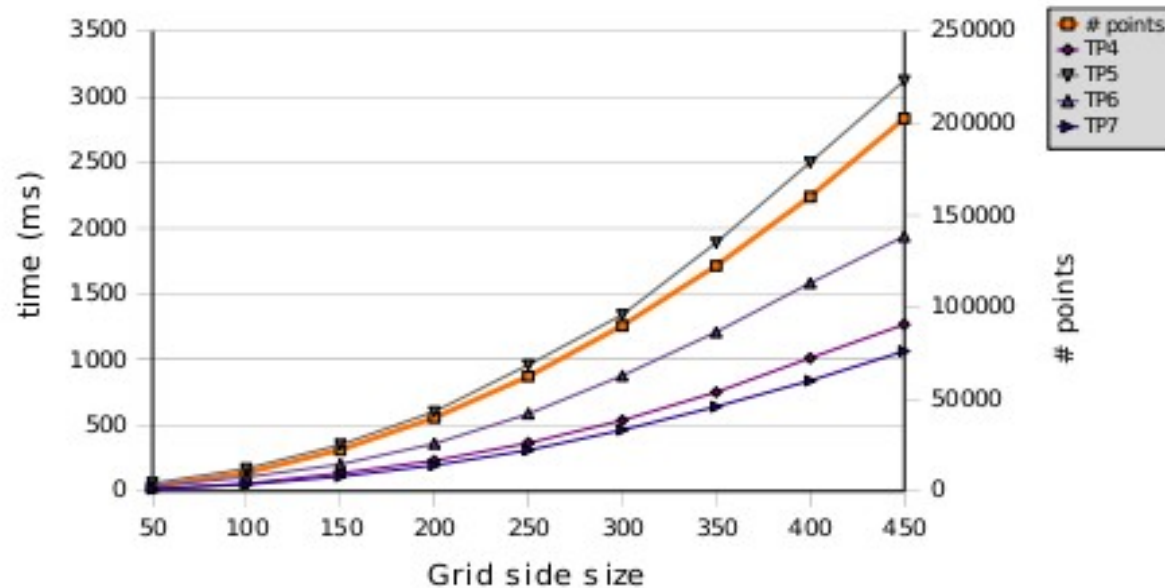
```
TP3 = times(sin(fftGen(3.00)),  
            smooth(times(sin(cos(sin(cos(times(fftGen(1.75), fftGen(0.75))))))),
```

GTP

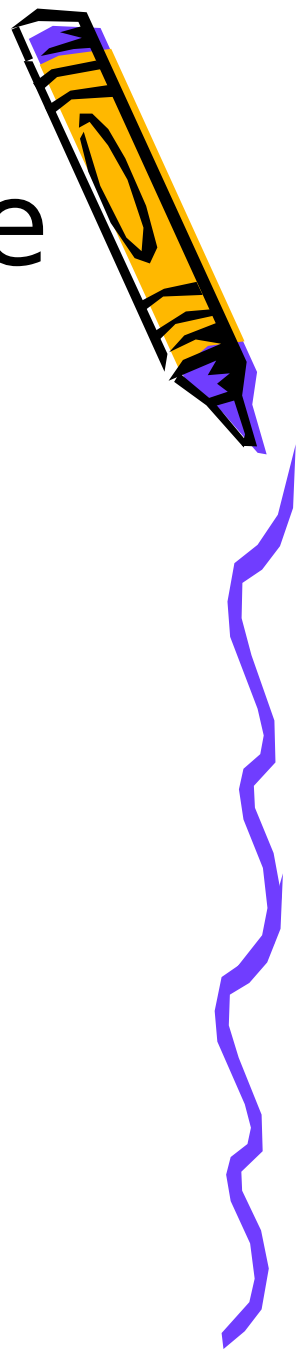
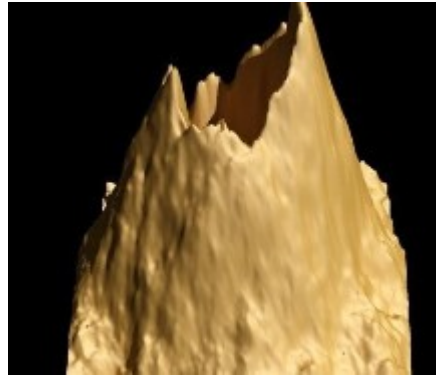
- Objetivos Estéticos.



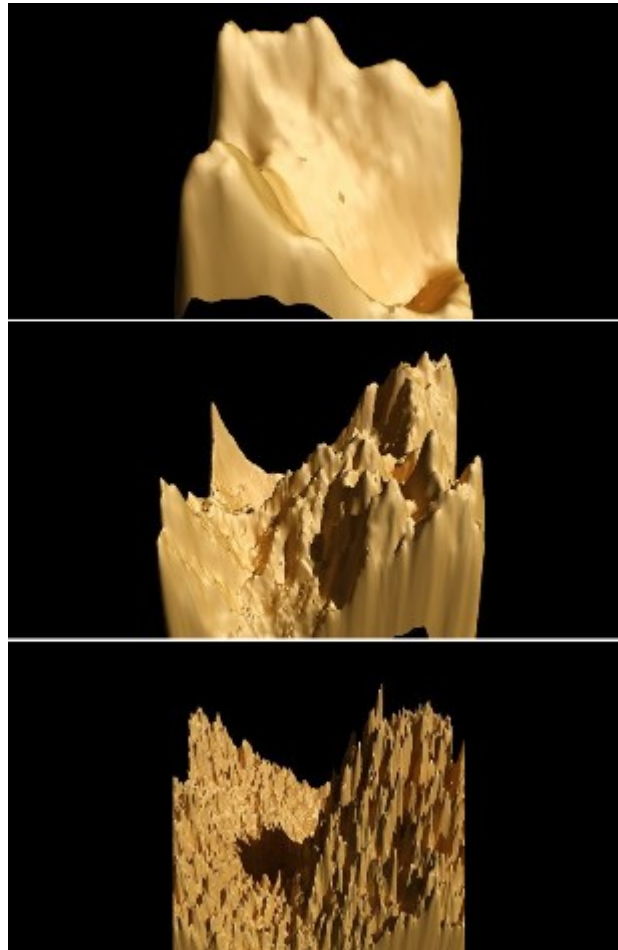
GTP: Niveles de detalle



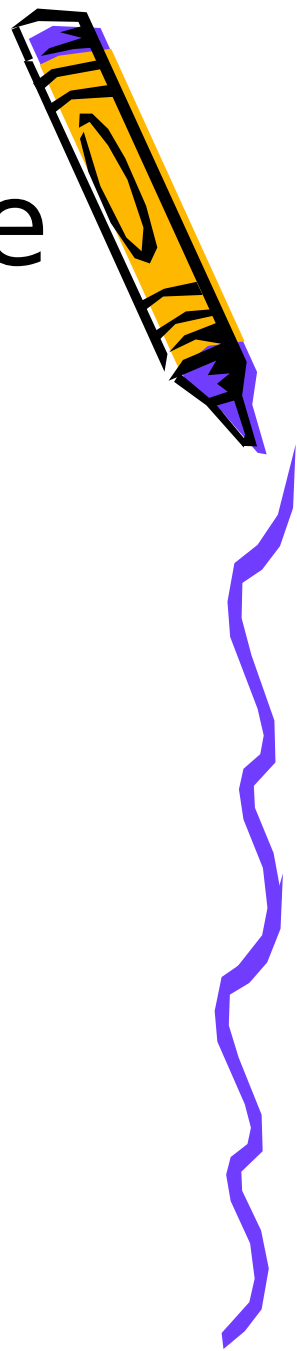
GTP: Niveles de detalle



GTP: Niveles de detalle



$$TP = \text{times}(\sin(\text{fftGen}(s, 3.00)), \text{smooth}(\text{times}(\sin(\cos(\sin(\cos(\text{times}(\text{fftGen}(s, 1.75), \text{fftGen}(s, 0.75)))))), \text{fftGen}(s, 0.50)))) .$$



GTP

- Miguel Frade, F. Fernandez de Vega, Carlos Cotta, **Modelling Video Games' Landscapes by Means of Genetic Terrain Programming - A New Approach for Improving Users' Experience.** Lecture Notes in Computer Science 4974, 485-490.



GTP

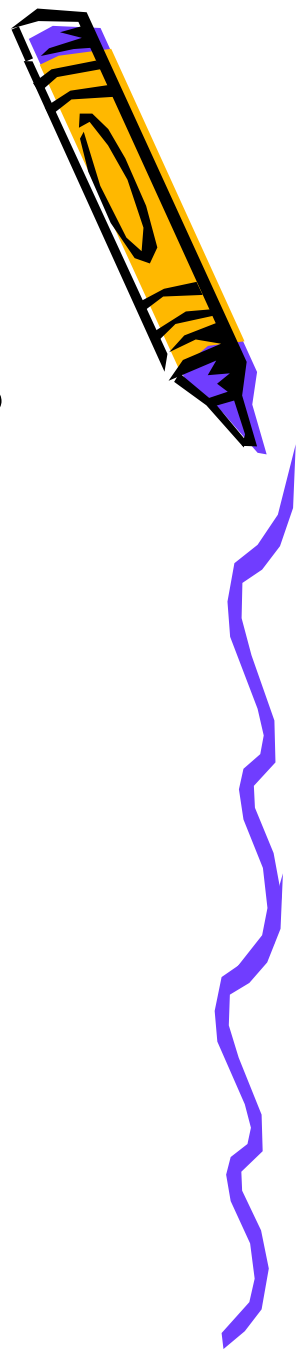
- M. Frade, F. Fernández, C. Cotta,
Genetic Terrain Programming - an
Aesthetic Approach to Terrain
Generation, Computer Games and
Allied Technology (CG&AT 2008).

(Seleccionado entre los 6 mejores artículos del congreso).



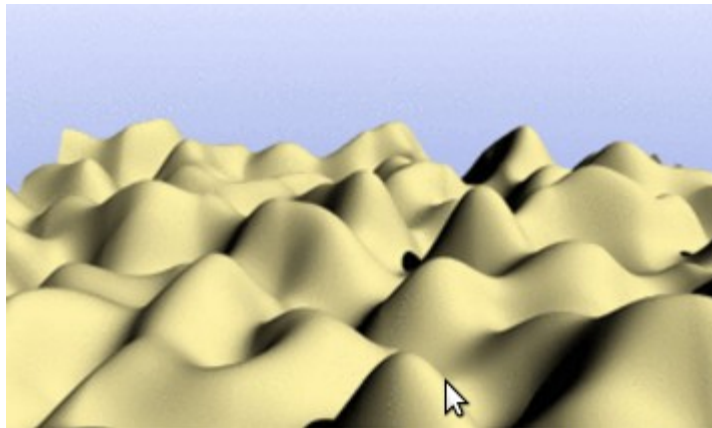
GTPa

- ¿Podemos automatizar GTPi?
- Evitar la interacción con medidas del terreno:
 - Accesibilidad: Fácil de medir.
 - Proceso:
 - Generar mapas de elevación a partir del TP
 - Medir pendientes y Conectividad.
 - Evaluar.

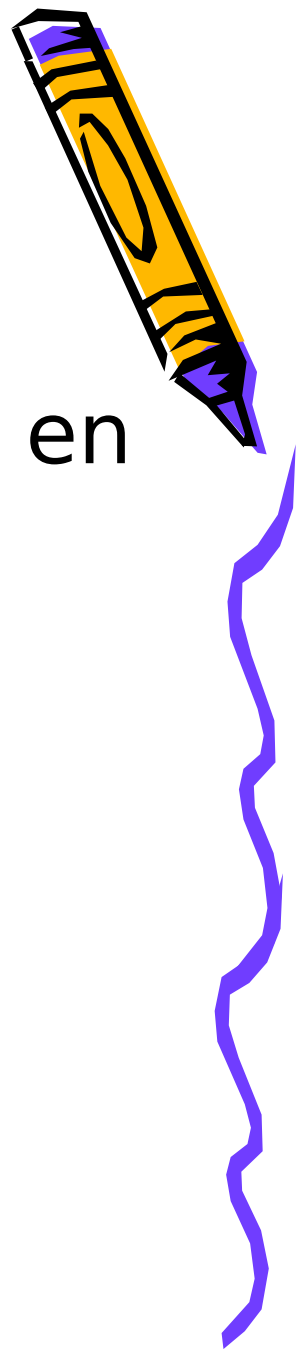


GTPa

- Utilización de funciones de *ruido* en lugar de valores random.



Paisaje generado con la función NOISE disponible en Blender.



Conjunto de funciones

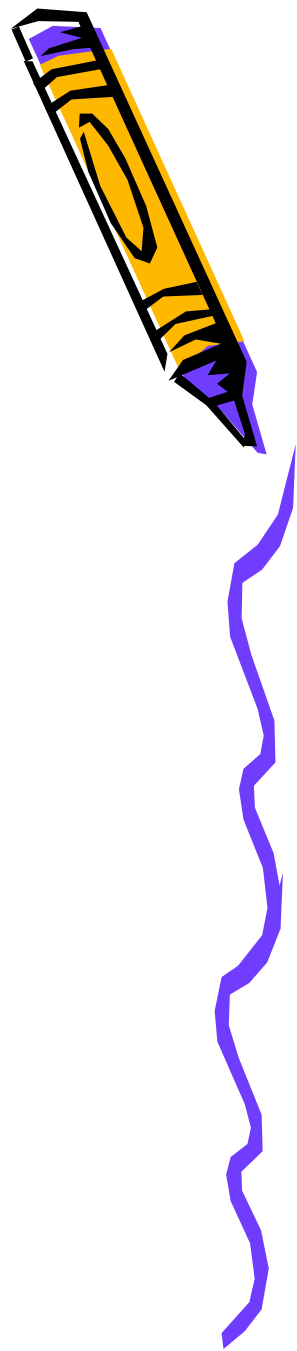


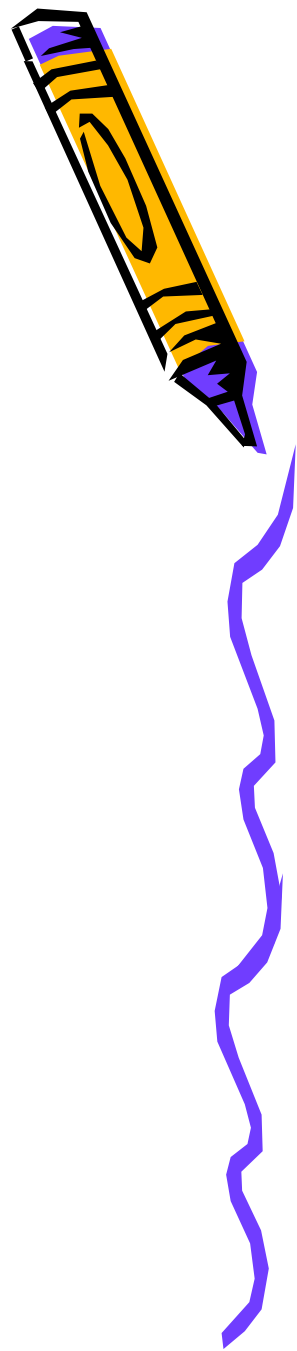
Table 1 GP function set

Name	Description
<i>plus(a, b), minus(a, b), multiply(a, b)</i>	Arithmetical functions
<i>sin(a), cos(a), tan(a), atan(a)</i>	Trigonometric functions
<i>exp(a)</i>	Returns e^a
<i>myLog(a)</i>	Returns 0 if $a = 0$ and $\log(a)$ otherwise
<i>myPower(a, b)</i>	Returns 1 if $b = 0$, 0 if $a = 0$ and a^b otherwise
<i>myDivide(a, b)</i>	Returns a if $b = 0$ and $a \div b$ otherwise
<i>mySqrt(a)</i>	Returns $\sqrt{ a }$
<i>negative(a)</i>	Returns $-a$

Terminal set:
orgBlenderNoise, x, y, ERC.



GTPa: Fitness function



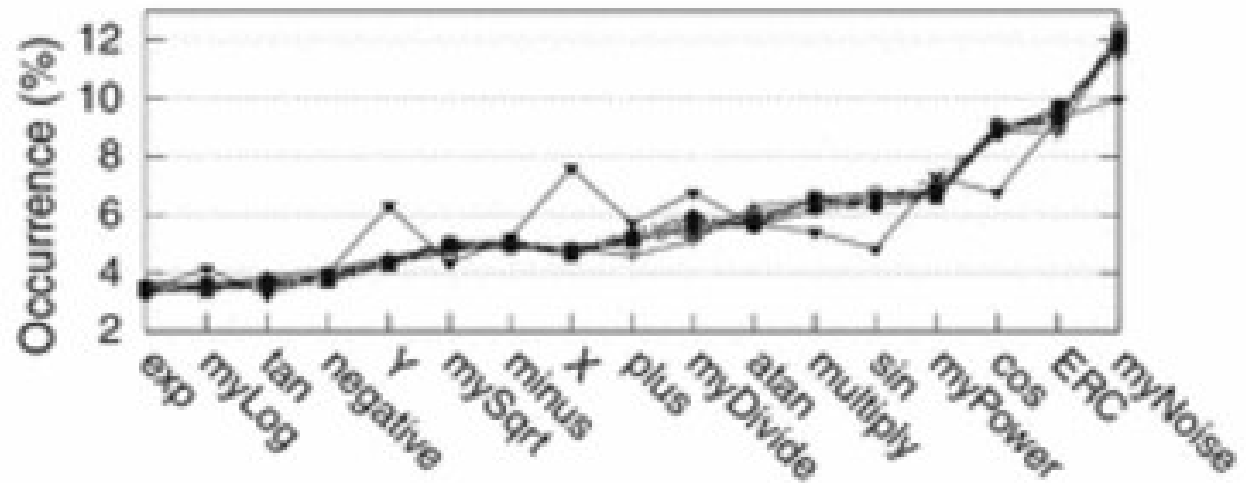
$$\text{Slope (\%)} = 100 \times \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}$$
$$\frac{\partial f}{\partial x} \approx \frac{(z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)}{8\Delta x}$$
$$\frac{\partial f}{\partial y} \approx \frac{(z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)}{8\Delta y}$$

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

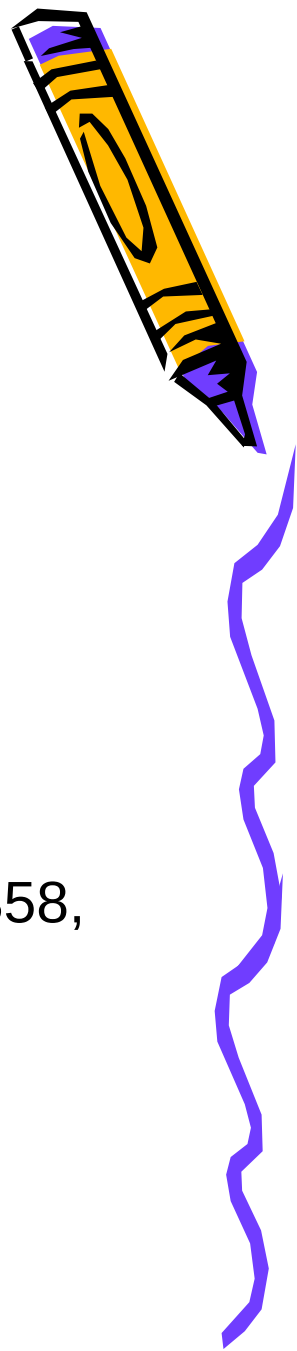
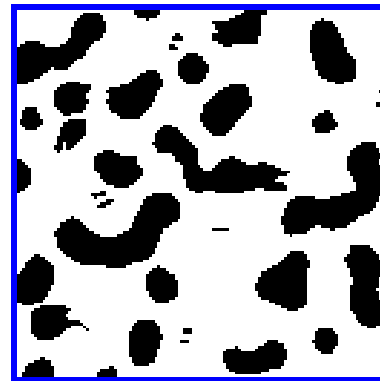
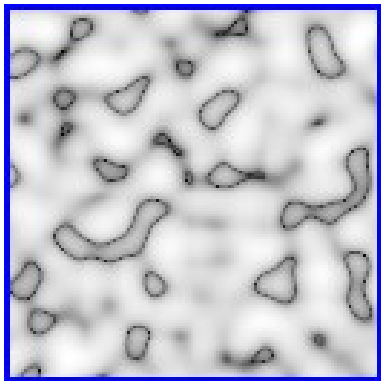


GTPa

- Utilización de funciones y terminales:



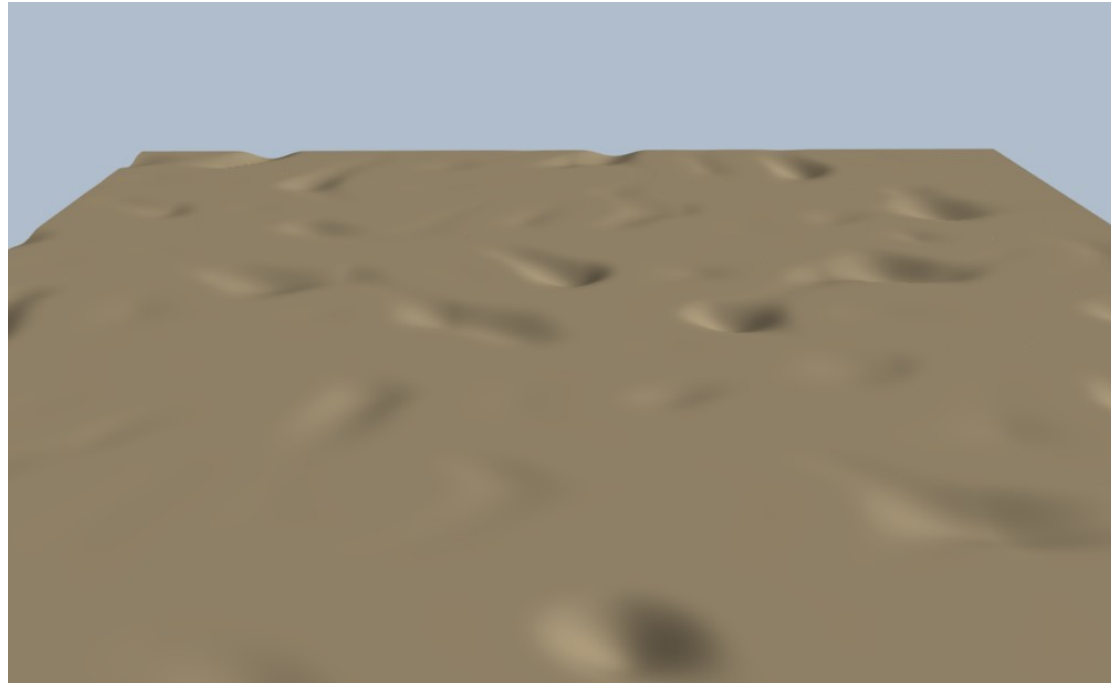
GTPa



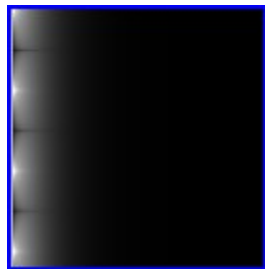
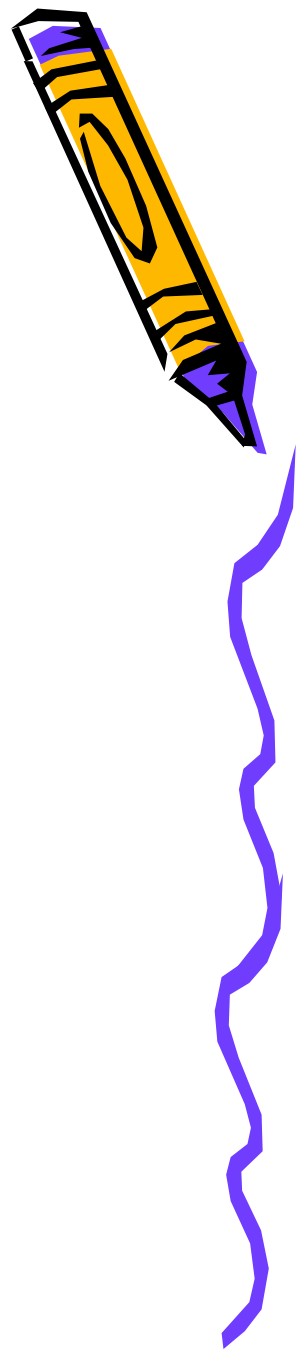
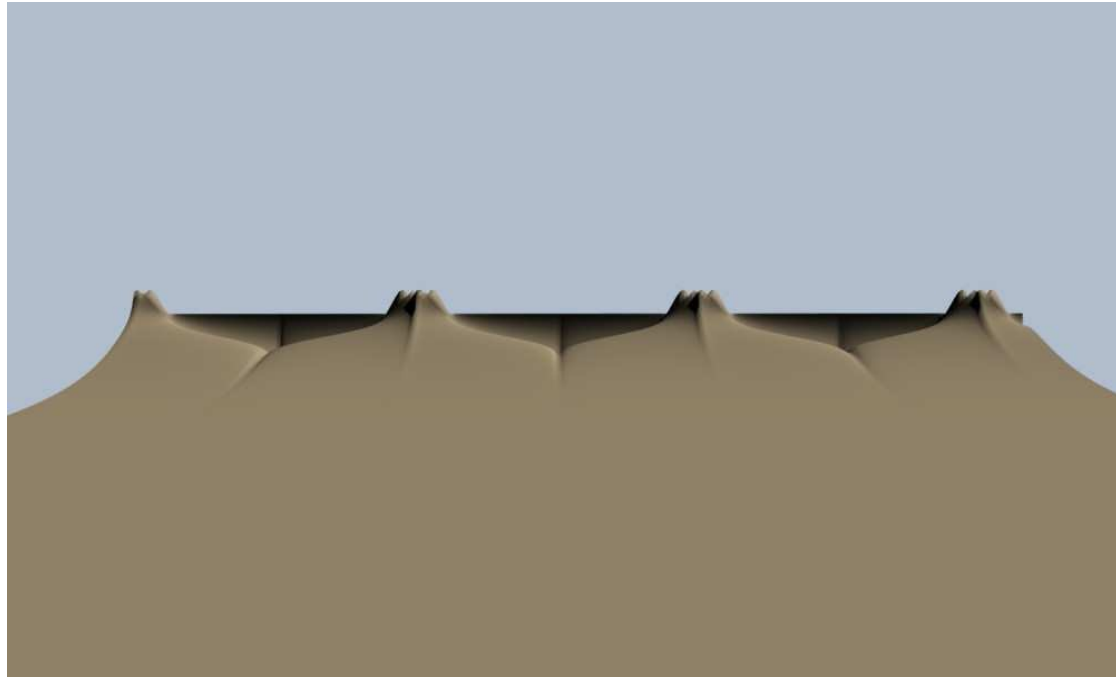
- $$TP = \cos(\text{atan}(\text{minus}(\exp(X), \text{myDivide}(\text{multiply}(0.07358, 0.93756), \text{myDivide}(X, \text{myLog}(\text{myLog}(\sin(Y))))))))))$$



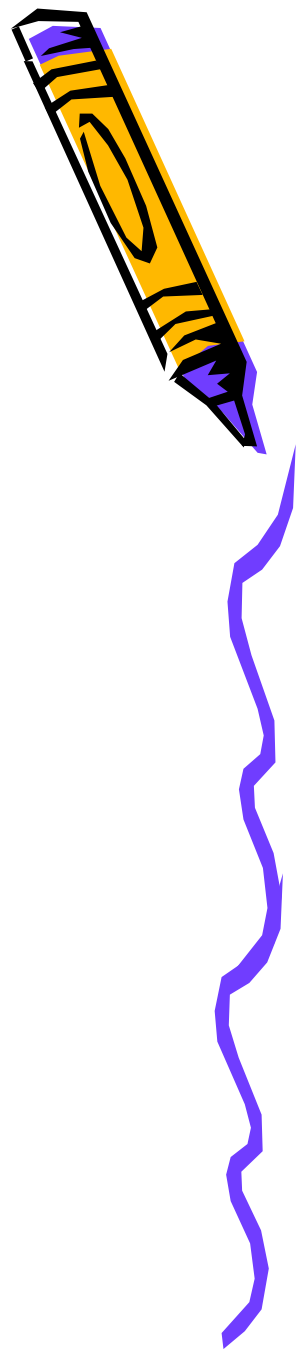
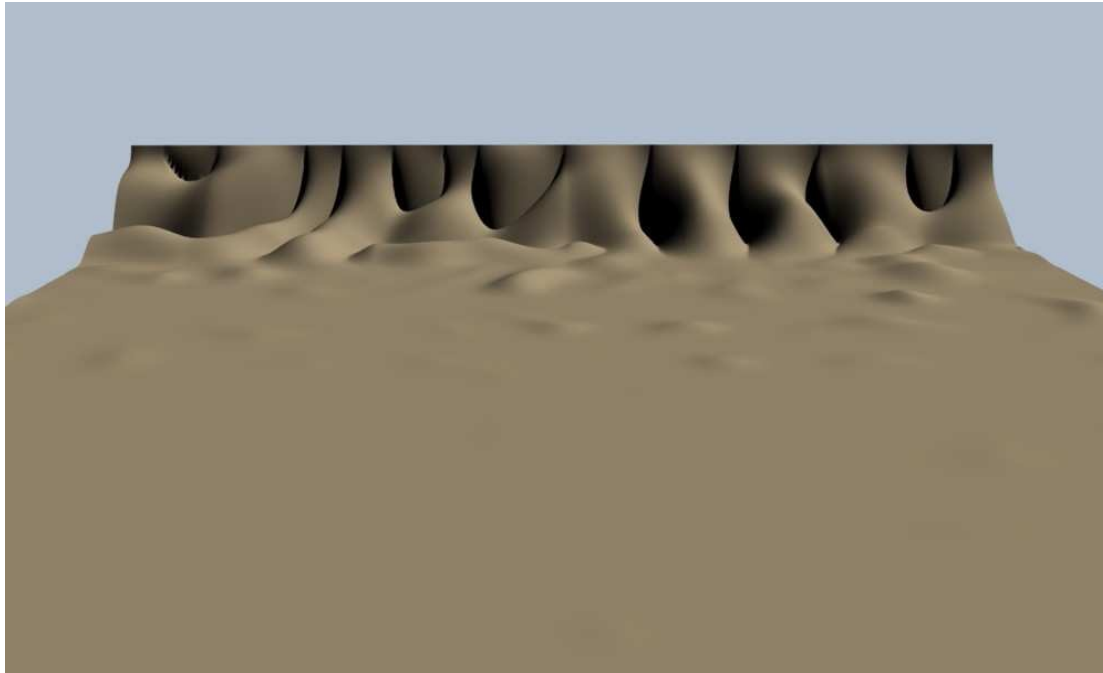
GTPa



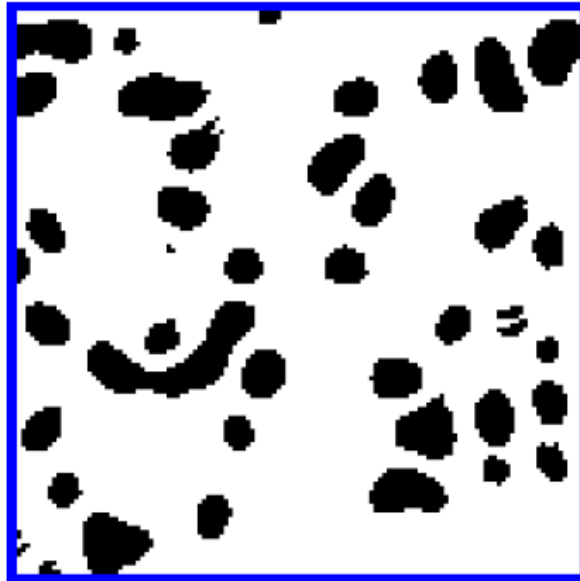
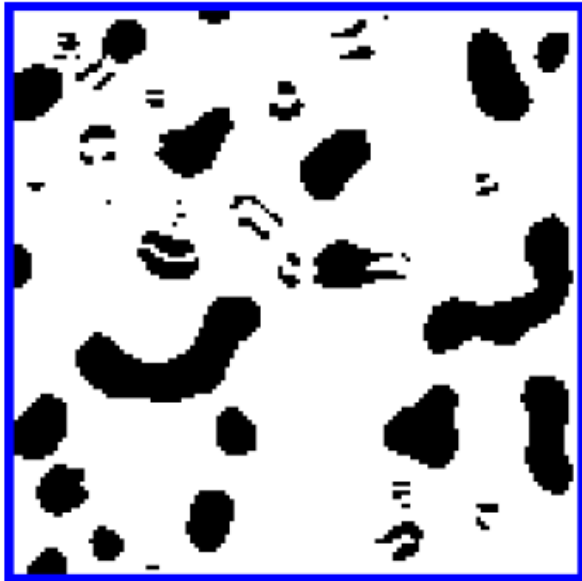
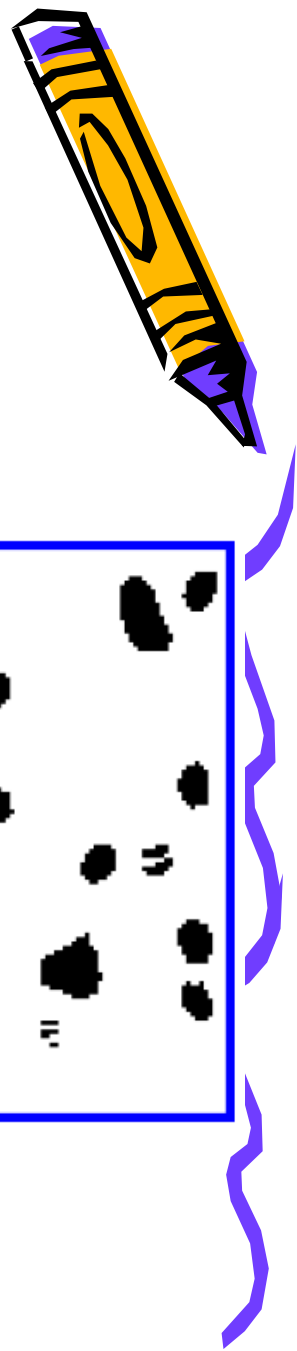
GTPa



GTPa

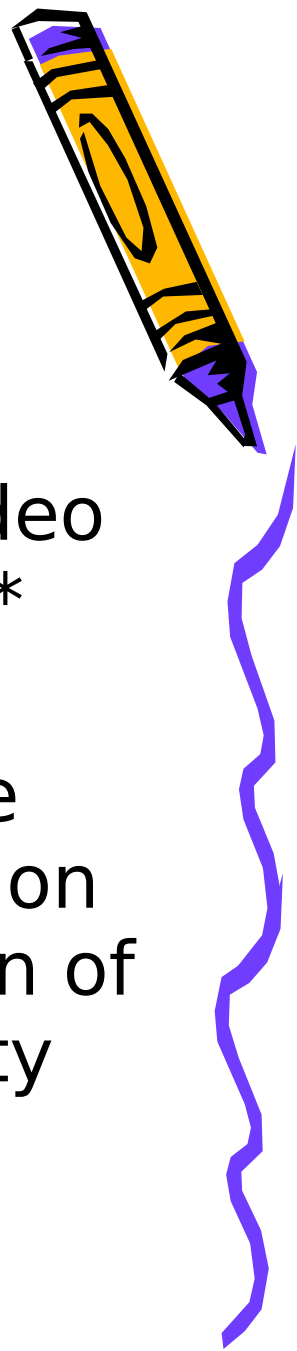


GTPa



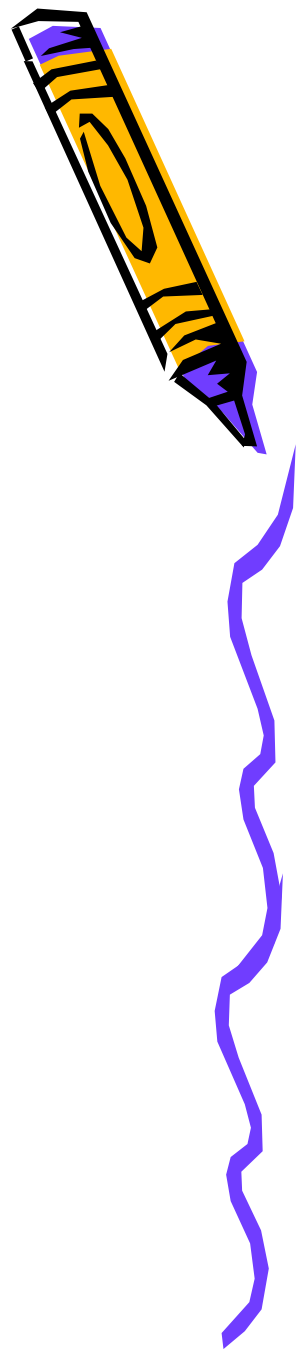
GTPa

- M. Frade, F. Fernández, C. Cotta, “Evolution of Artificial Terrains for Video Games Based on Accessibility”. Evo* 2010 (LNCS 6024).
- Miguel Frade, Francisco Fernández de Vega, Carlos Cotta, Automatic evolution of programs for procedural generation of terrains for video games - Accessibility and edge length constraints. Soft Comput. 16(11): 1893-1914 (2012)



Resultados

- Grupo de Evolución Artificial.
- Claroscuro Digital:
 - <http://www.vimeo.com/2333108>
 - <http://www.vimeo.com/2994880>
 - <http://www.vimeo.com/4997211>



¿CI y Videojuegos en Extremadura?



Forja Chapas

- <https://forja.unex.es/projects/chapas>

