



Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Cómputo

**EXPLORACIÓN DE UNIVERSOS DISCRETOS CON AUTÓMATAS
CELULARES EN DOS DIMENSIONES**

Manual de usuario

No. de Registro: 2019-B067

Para optar al grado de
“Ingeniería en Sistemas Computacionales”

Presentan

Esquivel Valdez Alberto
Torres Hernández Eduardo
Vargas Romero Erick Efraín

Director

Dr. Genaro Juárez Martínez

Ciudad de México a 13 de enero de 2021

Índice general

1 Objetivo	6
I Manual de usuario	7
2 Interfaz de usuario	8
2.1 Pantallas	8
2.1.1 IU-CU01: Definir la altura del espacio	8
2.1.2 IU-CU01.1: Definir la anchura del espacio	9
2.1.3 IU-CU02: Definir el tipo de vecindad como Moore	9
2.1.4 IU-CU02.1: Definir el tipo de vecindad como von Neumann	10
2.1.5 IU-CU03: Definir el tipo de regla como totalista	11
2.1.6 IU-CU04: Cambiar el valor de la célula para una determinada configuración	12
2.1.7 IU-CU04.1: Cambiar la densidad para una regla totalista aleatoria	13
2.1.8 IU-CU04.1-1: Establecer regla aleatoria	14
2.1.9 IU-CU04.2: Ingresar ID de la regla totalista	15
2.1.10 IU-CU05 Restablacer valores de la regla totalista	16
2.1.11 IU-CU06: Definir N_{min}	17
2.1.12 IU-CU06.1: Definir N_{max}	18
2.1.13 IU-CU06.2: Definir S_{min}	19
2.1.14 IU-CU06.3: Definir S_{max}	20
2.1.15 IU-CU07: Definir tipo de espacio como cerrado	21
2.1.16 IU-CU07.1: Definir tipo de espacio como abierto	22
2.1.17 IU-CU08: Establecer configuración inicial aleatoria	23
2.1.18 IU-CU08.1: Establecer configuración inicial desde archivo	24
2.1.19 IU-CU08.1-1: Importar archivo	25
2.1.20 IU-CU08.1-2: Ventana de selección de archivo	26
2.1.21 IU-CU09: Exportar objeto autómeta celular	27
2.1.22 IU-CU09.1: Seleccionar directorio	28
2.1.23 IU-CU10: Definir el tamaño de las células	29
2.1.24 IU-CU11: Definir la velocidad de evolución del AC	30
2.1.25 IU-CU12: Asignar valor del escalar	31
2.1.26 IU-CU13: Estado del gradiente	32
2.1.27 IU-CU14: Estado de la rejilla	33
2.1.28 IU-CU14-1: Espacio de evolución del AC sin rejilla	34

2.1.29 IU-CU15: Definir el color de la rejilla	35
2.1.30 IU-CU15.1: Etiqueta indicadora de la rejilla	36
2.1.31 IU-CU15-1: Paleta de colores	37
2.1.32 IU-CU15.2: Rejilla en el espacio de evolución del AC	38
2.1.33 IU-CU16: Definir el color de las células vivas	39
2.1.34 IU-CU16.1: Definir el color de las células muertas	40
2.1.35 IU-CU16.2: Definir el color de las células de proyección	41
2.1.36 IU-CU16.3: Etiqueta indicadora de las células	42
2.1.37 IU-CU16-1: Células vivas en el espacio de evolución del AC	43
2.1.38 IU-CU16-2: Células muertas en el espacio de evolución del AC	44
2.1.39 IU-CU16-3: Células de proyección en el espacio de evolución del AC	45
2.1.40 IU-CU17: Cambiar una célula del espacio de evolución del AC	46
2.1.41 IU-CU18: Ventana de configuración	47
2.1.42 IU-CU19: Desplegar CA con la configuración inicial	48
2.1.43 IU-CU19.1: Espacio de evolución con la configuración inicial	49
2.1.44 IU-CU21: Desplegar siguiente generación	50
2.1.45 IU-CU21-1: Siguiente generación del AC	51
2.1.46 IU-CU26: Graficar población	52
2.1.47 IU-CU26.1: Gráfica de población	53
2.1.48 IU-CU27: Graficar entropía	54
2.1.49 IU-CU27.1: Gráfica de entropía	55
2.1.50 IU-CU28: Graficar polinomio característico	56
2.1.51 IU-CU28.1: Lista de puntos clasificados	57
2.1.52 IU-CU28.2: Gráfica del polinomio característico	58
2.1.53 IU-CU29: Graficar recta identidad	59
2.1.54 IU-CU29.1: Gráfica del polinomio característico con recta identidad	60
2.1.55 IU-CU30: Graficar puntos de intersección	61
2.1.56 IU-CU30.1: Gráfica del polinomio característico con puntos de intersección del tipo atractivo	62
2.1.57 IU-CU30.2: Gráfica del polinomio característico con puntos de intersección del tipo repulsivo	63
2.1.58 IU-CU30.3: Gráfica del polinomio característico con puntos de intersección del tipo crítico	64
2.1.59 IU-CU31: Iniciar simulación	65
2.1.60 IU-CU32: Detener simulación	66
2.1.61 IU-CU33: Restablecer simulación	67
2.1.62 IU-CU33.1: Restablecer gráfica de población	68
2.1.63 IU-CU33.2: Restablecer gráfica de entropía	69
2.1.64 IU-CU33.3: Restablecer espacio de evolución del AC	70

Índice de figuras

Fig. 2.1.1	IU-CU01 Definir la altura del espacio	8
Fig. 2.1.2	IU-CU01.1 Definir la anchura del espacio	9
Fig. 2.1.3	IU-CU02 Definir el tipo de vecindad como Moore	10
Fig. 2.1.4	IU-CU02.1 Definir el tipo de vecindad como von Neumann	11
Fig. 2.1.5	IU-CU03 Definir el tipo de regla como totalista	12
Fig. 2.1.6	IU-CU04 Cambiar el valor de la célula para una determinada configuración	13
Fig. 2.1.7	IU-CU04.1 Cambiar la densidad para una regla totalista aleatoria	14
Fig. 2.1.8	IU-CU04.1-1 Establecer regla aleatoria	15
Fig. 2.1.9	IU-CU04.2 Ingresar ID de la regla totalista	16
Fig. 2.1.10	IU-CU05 Restablacer valores de la regla totalista	17
Fig. 2.1.11	IU-CU06 Definir N_{min}	18
Fig. 2.1.12	IU-CU06.1 Definir N_{max}	19
Fig. 2.1.13	IU-CU06.2 Definir S_{min}	20
Fig. 2.1.14	IU-CU06.3 Definir S_{max}	21
Fig. 2.1.15	IU-CU07 Definir tipo de espacio como cerrado	22
Fig. 2.1.16	IU-CU07.1 Definir tipo de espacio como abierto	23
Fig. 2.1.17	IU-CU08 Establecer configuración inicial aleatoria	24
Fig. 2.1.18	IU-CU08.1 Establecer configuración inicial desde archivo	25
Fig. 2.1.19	IU-CU08.1-1 Importar archivo	26
Fig. 2.1.20	IU-CU08.1-2 Ventana de selección de archivo	27
Fig. 2.1.21	IU-CU09 Exportar objeto autómatas celular.	28
Fig. 2.1.22	IU-CU09.1 Seleccionar directorio	29
Fig. 2.1.23	IU-CU10 Definir el tamaño de las células	30
Fig. 2.1.24	IU-CU11 Definir la velocidad de evolución del AC	31
Fig. 2.1.25	IU-CU12 Asignar valor del escalar	32
Fig. 2.1.26	IU-CU13 Estado del gradiente.	33
Fig. 2.1.27	IU-CU14 Estado de la rejilla	34
Fig. 2.1.28	IU-CU14-1 Espacio de evolución del AC	35
Fig. 2.1.29	IU-CU15 Definir el color de la rejilla	36
Fig. 2.1.30	IU-CU15.1 Etiqueta indicadora de la rejilla	37
Fig. 2.1.31	IU-CU15.1 Paleta de colores	38
Fig. 2.1.32	IU-CU15.2 Rejilla en el espacio de evolución del AC	39
Fig. 2.1.33	IU-CU16 Definir el color de las células vivas	40

Fig. 2.1.34 IU-CU16.1 Definir el color de las células muertas	41
Fig. 2.1.35 IU-CU16.2 Definir el color de las células de proyección	42
Fig. 2.1.36 IU-CU16.3 Etiqueta indicadora de colores de las células	43
Fig. 2.1.37 IU-CU16-1 Células vivas en el espacio de evolución del AC	44
Fig. 2.1.38 IU-CU16-2 Células muertas en el espacio de evolución del AC	45
Fig. 2.1.39 IU-CU16-3 Células de proyección en el espacio de evolución del AC	46
Fig. 2.1.40 IU-CU17 Cambiar una célula del espacio de evolución del AC	47
Fig. 2.1.41 IU-CU18 Ventana de configuración	48
Fig. 2.1.42 IU-CU19 Desplegar CA con la configuración inicial.	49
Fig. 2.1.43 IU-CU19.1 Espacio de evolución con la configuración inicial	50
Fig. 2.1.44 IU-CU21 Desplegar siguiente generación	51
Fig. 2.1.45 IU-CU21-1 Siguiente generación del AC	52
Fig. 2.1.46 IU-CU26 Graficar población	53
Fig. 2.1.47 IU-CU26.1 Gráfica de población	54
Fig. 2.1.48 IU-CU27 Graficar entropía	55
Fig. 2.1.49 IU-CU27.1 Gráfica de entropía	56
Fig. 2.1.50 IU-CU28 Graficar polinomio característico	57
Fig. 2.1.51 IU-CU28.1 Lista de puntos clasificados	58
Fig. 2.1.52 IU-CU28.2 Gráfica del polinomio característico	59
Fig. 2.1.53 IU-CU29 Graficar recta identidad	60
Fig. 2.1.54 IU-CU29.1 Gráfica del polinomio característico con recta identidad	61
Fig. 2.1.55 IU-CU30 Graficar puntos de intersección	62
Fig. 2.1.56 IU-CU30.1 Gráfica del polinomio característico con puntos de intersección del tipo atractivo	63
Fig. 2.1.57 IU-CU30.2 Gráfica del polinomio característico con puntos de intersección del tipo repulsivo	64
Fig. 2.1.58 IU-CU30.3 Gráfica del polinomio característico con puntos de intersección del tipo crítico	65
Fig. 2.1.59 IU-CU31 Iniciar simulación	66
Fig. 2.1.60 IU-CU32 Detener simulación	67
Fig. 2.1.61 IU-CU33 Restablecer simulación	68
Fig. 2.1.62 IU-CU33.1 Restablecer gráfica de población	69
Fig. 2.1.63 IU-CU33.2 Gráfica de entropía	70
Fig. 2.1.64 IU-CU33.3 Espacio de evolución del AC	71

Objetivo

vNCASimulator es un sistema que permite realizar simulaciones de autómatas celulares del tipo *Moore* y *VonNeumann* para el caso de, *VonNeumann* es posible elegir entre reglas del tipo *totalista* y *semitotalista* mientras que para el caso de *Moore* solo se encuentran disponibles reglas del tipo *semitotalistas*. Además este software ofrece información como el polinomio característico de la regla de evolución actual, la población y entropía de la simulación en tiempo real. Este documento es una guía cuya finalidad es facilitar al usuario el uso de vNCASimulator .

Parte I

Manual de usuario

2.1. Pantallas

2.1.1. IU-CU01: Definir la altura del espacio

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña `Initial conditions` que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Si el usuario presiona el símbolo \wedge aumenta en una unidad el tamaño de la altura, mientras que si el usuario presiona el símbolo \vee la altura disminuye en una unidad. De igual forma el usuario puede ingresar la altura del espacio de evolución utilizando el teclado siendo el valor mínimo 1 y el máximo 100

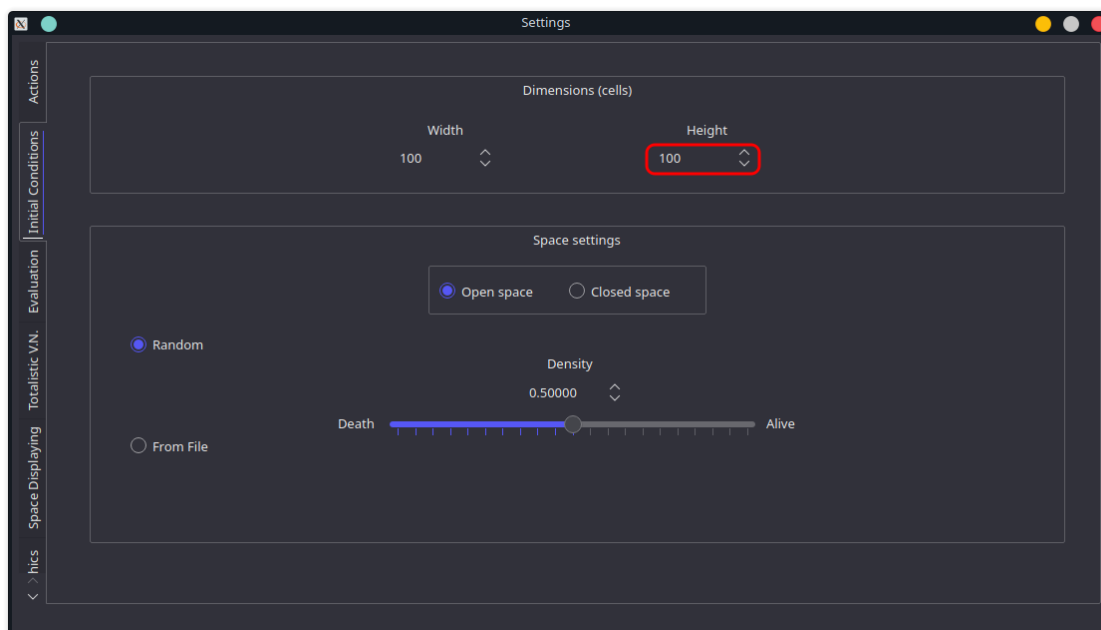


Fig. 2.1.1: IU-CU01 Definir la altura del espacio

2.1.2. IU-CU01.1: Definir la anchura del espacio

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Initial conditions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Si el usuario presiona el símbolo \wedge aumenta en una unidad el tamaño de la anchura, mientras que si el usuario presiona el símbolo \vee la anchura disminuye en una unidad. De igual forma el usuario puede ingresar la anchura del espacio de evolución utilizando el teclado siendo el valor mínimo 1 y el máximo 100

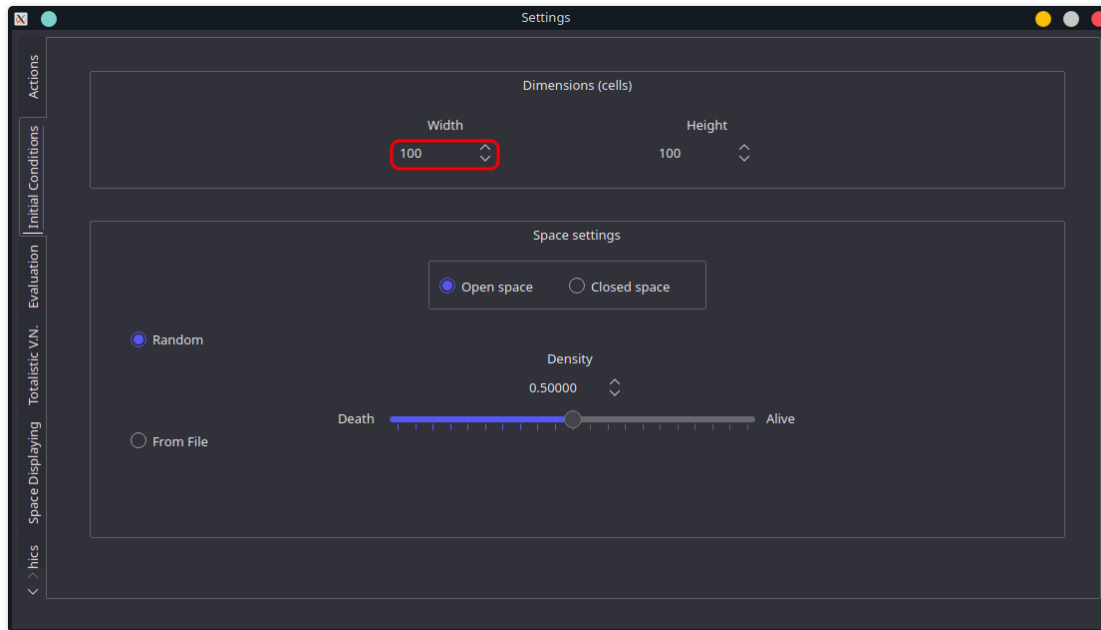


Fig. 2.1.2: IU-CU01.1 Definir la anchura del espacio

2.1.3. IU-CU02: Definir el tipo de vecindad como Moore

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Evaluation** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Si el usuario da click sobre la imagen del tipo de vecindad o sobre el radio button el tipo de vecindad cambia al tipo Moore.

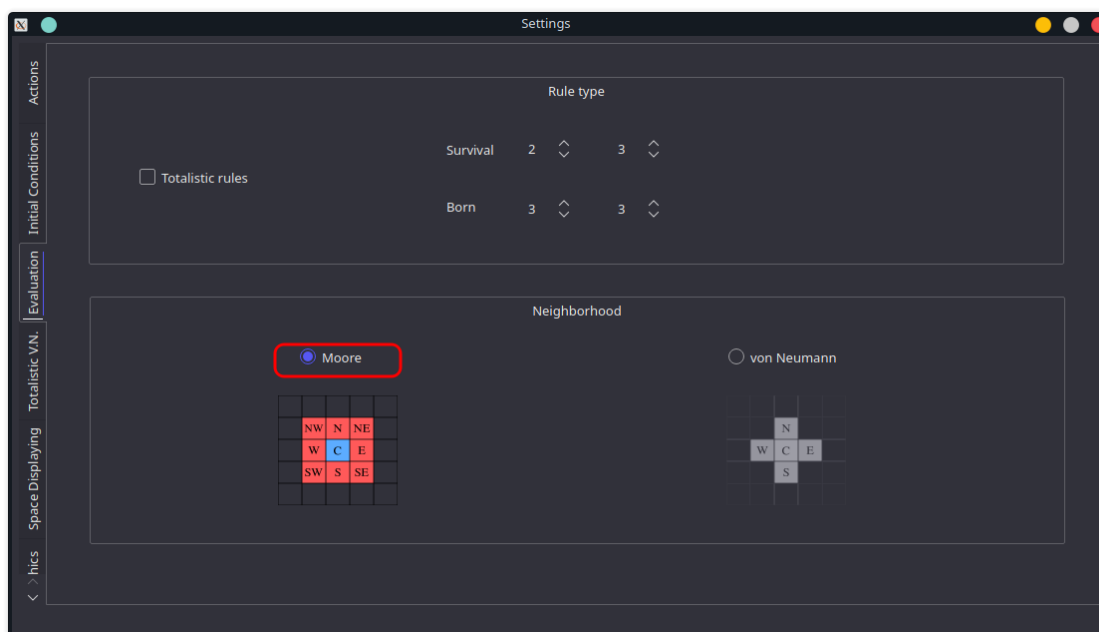


Fig. 2.1.3: IU-CU02 Definir el tipo de vecindad como Moore

2.1.4. IU-CU02.1: Definir el tipo de vecindad como von Neumann

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Evaluation** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Si el usuario da click sobre la imagen del tipo de vecindad o sobre el radio button el tipo de vecindad cambia al tipo von Neumann.

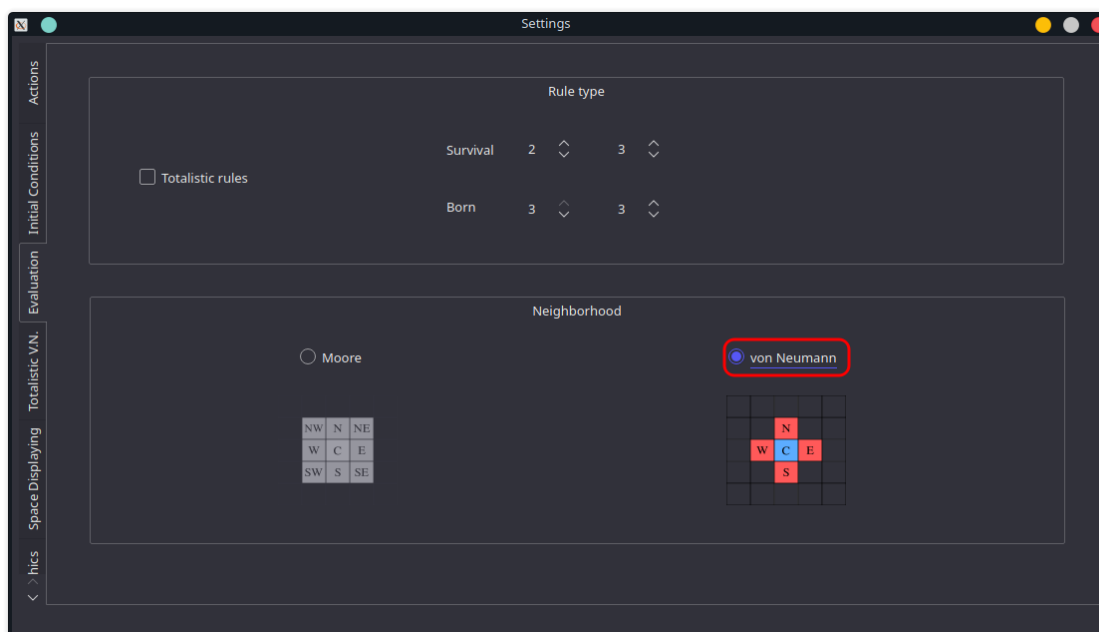


Fig. 2.1.4: IU-CU02.1 Definir el tipo de vecindad como von Neumann

2.1.5. IU-CU03: Definir el tipo de regla como totalista

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Evaluation** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El usuario define el tipo de regla como totalista dando click sobre el check box, si el tipo de vecindad actual es Moore esta es cambiada automáticamente al tipo von Neumann.

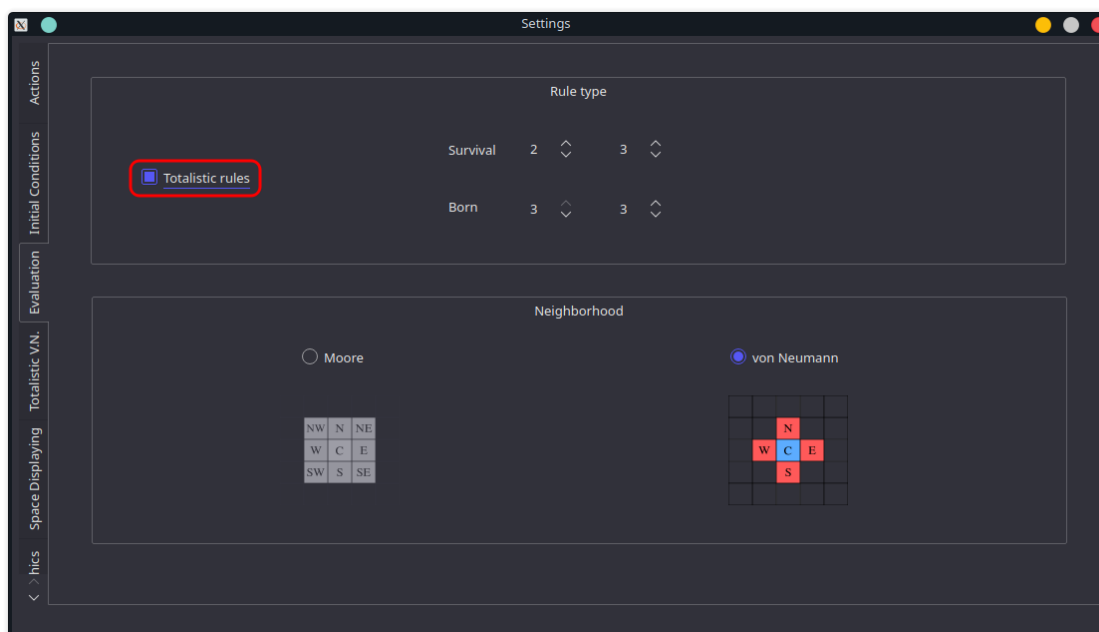


Fig. 2.1.5: IU-CU03 Definir el tipo de regla como totalista

2.1.6. IU-CU04: Cambiar el valor de la célula para una determinada configuración

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña Totalistic V.N. que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Las reglas del tipo totalista se definen haciendo click sobre alguno de los 32 botones existentes para establecer si dada una determinada configuración de células, en la siguiente generación la célula actual vive o muere.

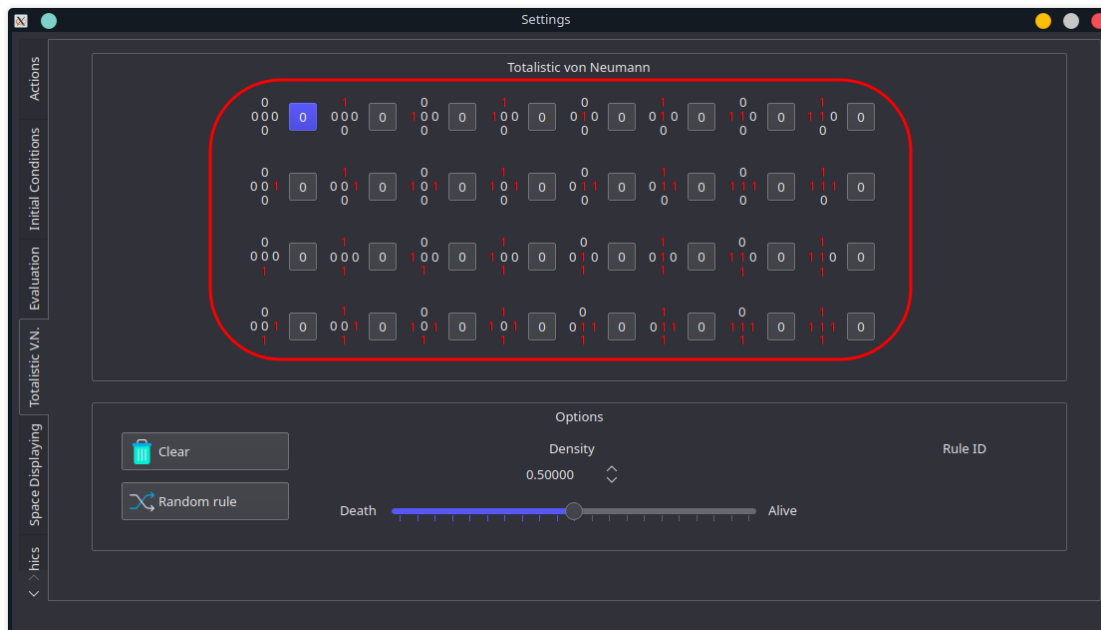


Fig. 2.1.6: IU-CU04 Cambiar el valor de la célula para una determinada configuración

2.1.7. IU-CU04.1: Cambiar la densidad para una regla totalista aleatoria

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña Totalistic V.N. que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El usuario puede generar de forma aleatoria una regla de evolución del tipo totalista definiendo la probabilidad de aparición del estado 1. Si se da click en \wedge la probabilidad de aparición del estado 1 aumenta, mientras que si se da click en \vee la probabilidad de aparición del estado 1 disminuye.

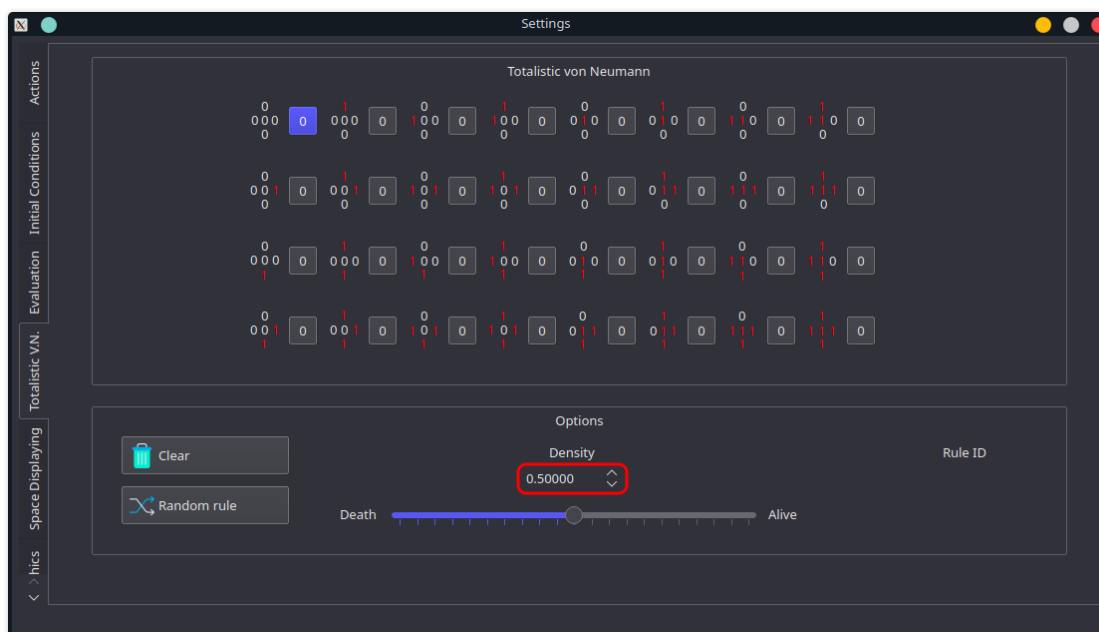


Fig. 2.1.7: IU-CU04.1 Cambiar la densidad para una regla totalista aleatoria

2.1.8. IU-CU04.1-1: Establecer regla aleatoria

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Totalistic V.N.** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El usuario presiona **Random rule** una vez hecho esto se genera aleatoriamente un espacio de evolución, según la densidad ingresada previamente por el usuario.

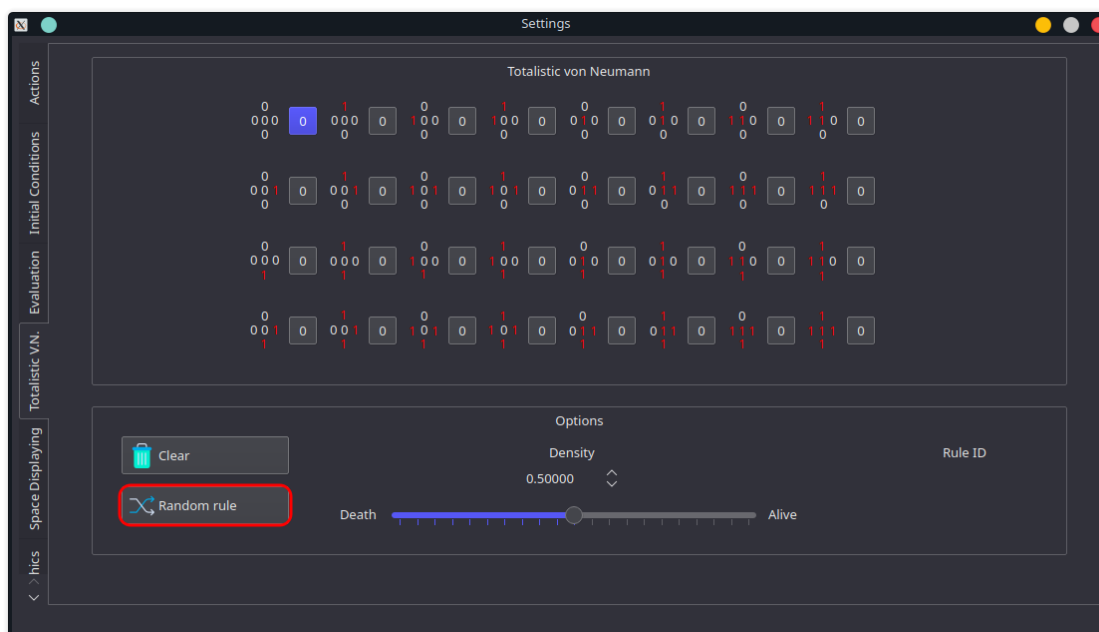


Fig. 2.1.8: IU-CU04.1-1 Establecer regla aleatoria

2.1.9. IU-CU04.2: Ingresar ID de la regla totalista

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Totalistic V.N.** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El usuario ingresa el ID de una regla mediante **ID regla totalista** esta información es decodificada por el sistema y se genera automáticamente la regla ingresada en su forma binaria y finalmente es mostrada al usuario.

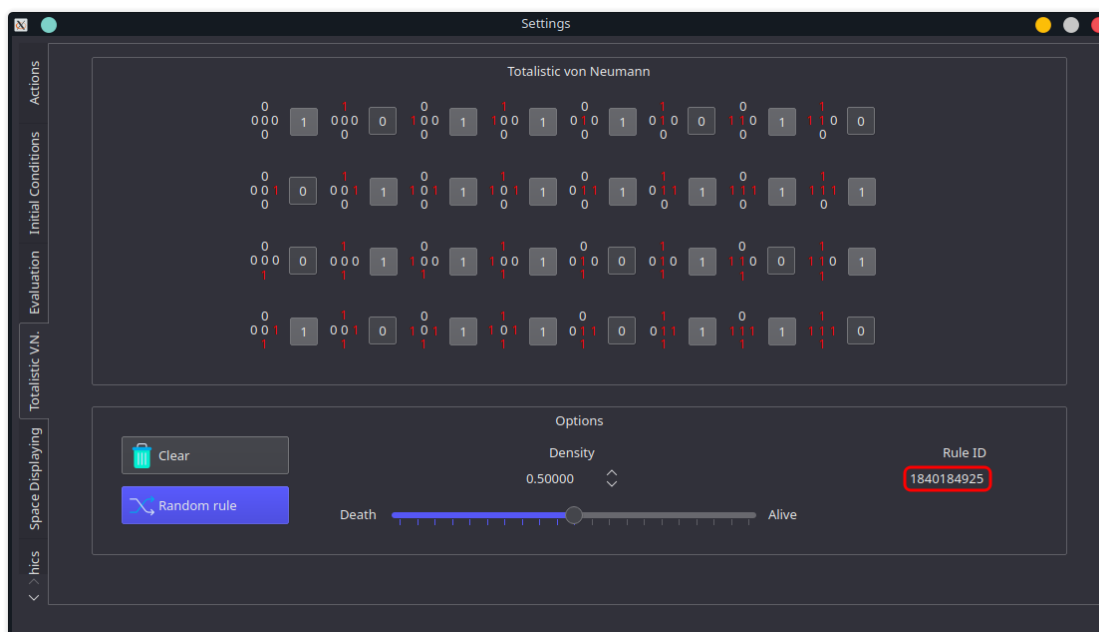


Fig. 2.1.9: IU-CU04.2 Ingresar ID de la regla totalista

2.1.10. IU-CU05 Restablacer valores de la regla totalista

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Totalistic V.N.** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El usuario presiona **Clear** esto cambia el estado de los 32 botones para definir la regla al valor cero.

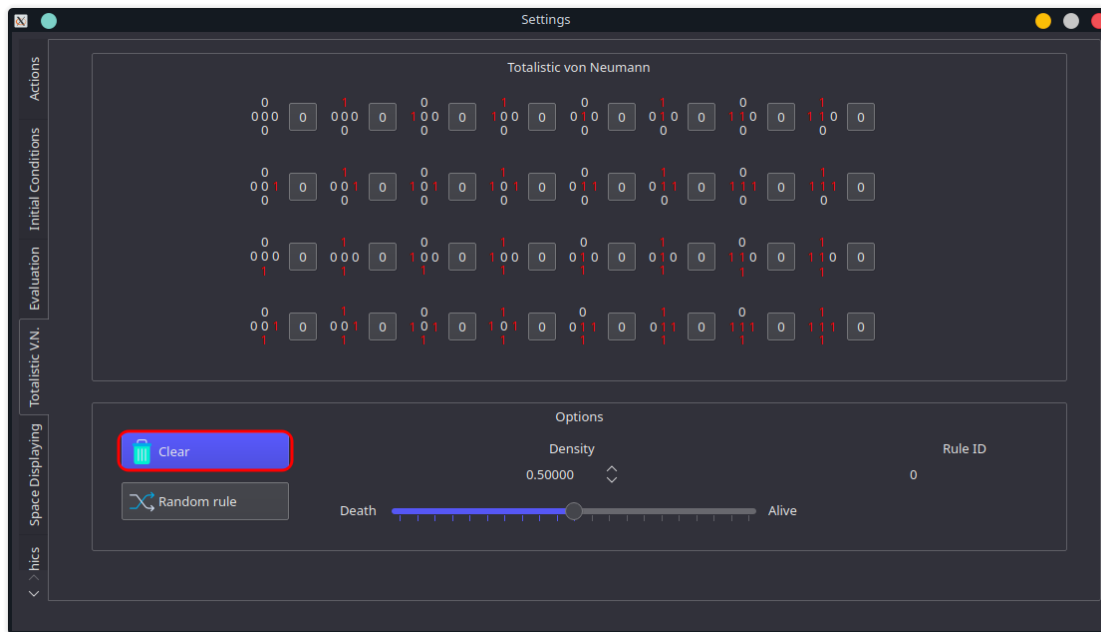
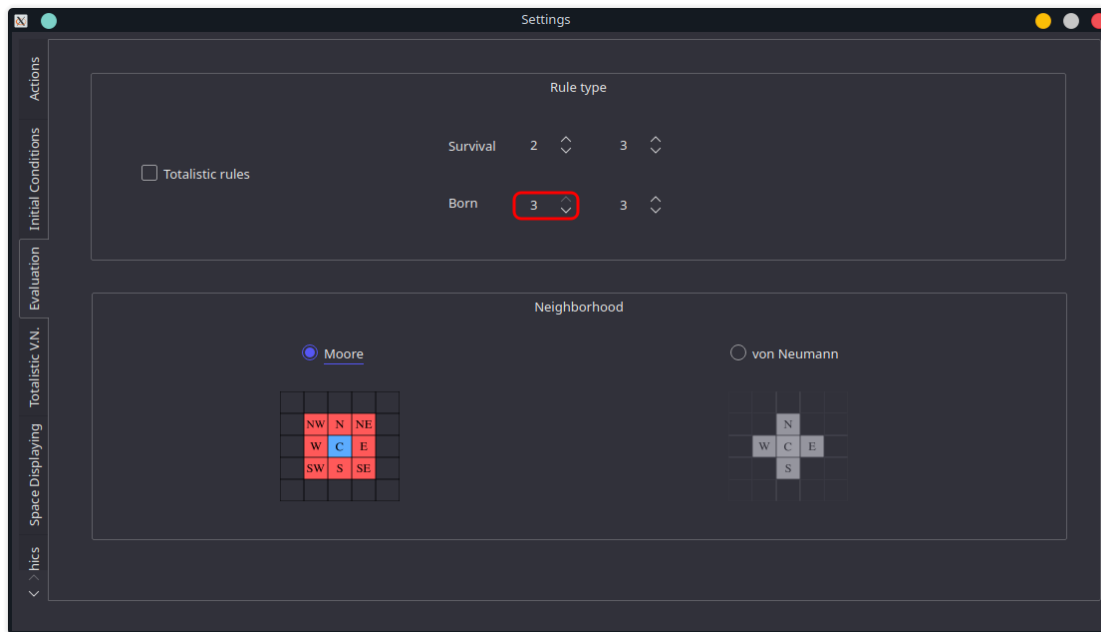


Fig. 2.1.10: IU-CU05 Restablacer valores de la regla totalista

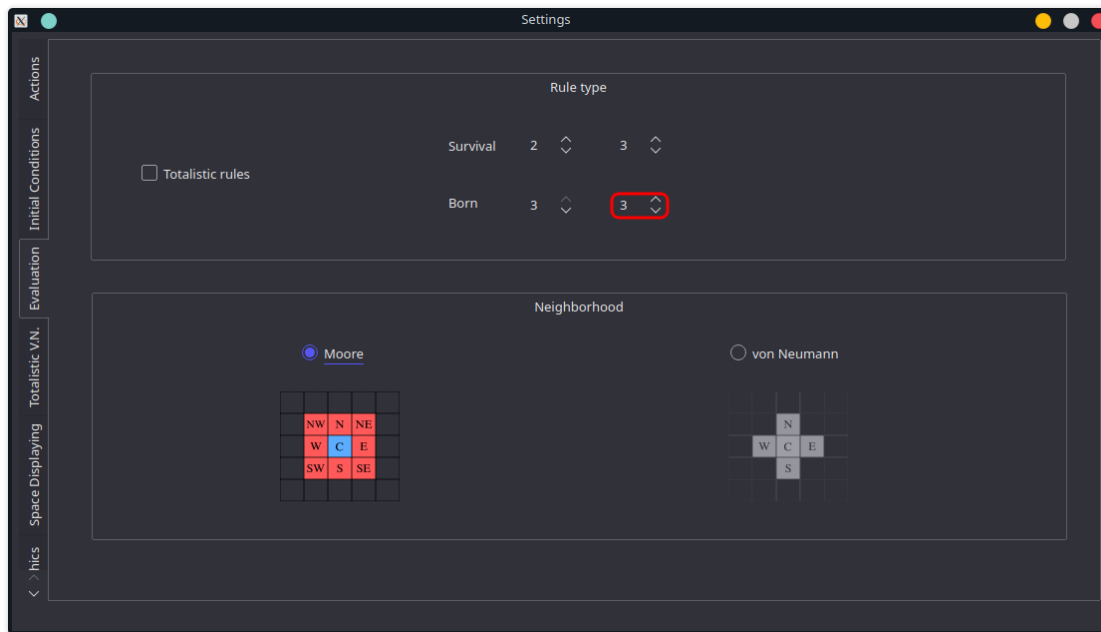
2.1.11. IU-CU06: Definir N_{min}

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Evaluation** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El valor de N_{min} se cambia si el usuario da click en \wedge lo cual aumenta en una unidad el valor de la regla o bien si da click en \vee el valor de la regla es decrementado en una unidad, adicionalmente se puede ingresar el valor de N_{min} mediante el teclado siendo el valor mínimo 1 y el máximo el valor de N_{max} .

Fig. 2.1.11: IU-CU06 Definir N_{min}

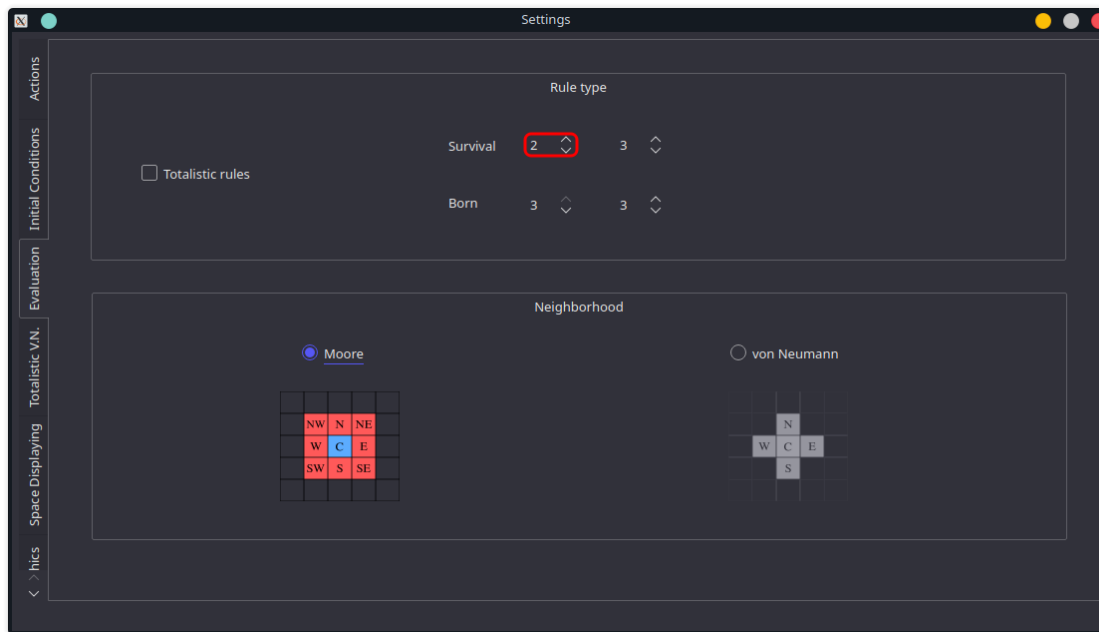
2.1.12. IU-CU06.1: Definir N_{max}

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Evaluation** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El valor de N_{max} se cambia si el usuario da click en \wedge lo cual aumenta en una unidad el valor de la regla o bien si da click en \vee el valor de la regla es decrementado en una unidad, adicionalmente se puede ingresar el valor de N_{max} mediante el teclado siendo el valor mínimo 1 y el máximo 4 si la vecindad es del tipo Von Neumann o bien 8 si el tipo de vecindad es del tipo Moore.

Fig. 2.1.12: IU-CU06.1 Definir N_{max}

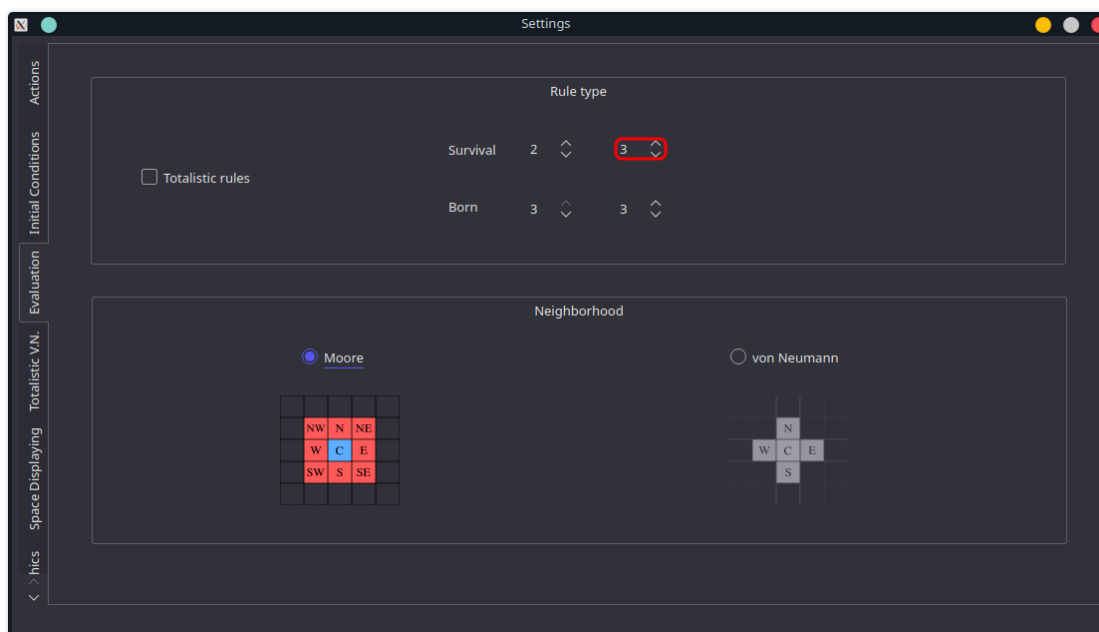
2.1.13. IU-CU06.2: Definir S_{min}

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Evaluation** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El valor de S_{min} se cambia si el usuario da click en \wedge lo cual aumenta en una unidad el valor de la regla o bien si da click en \vee el valor de la regla es decrementado en una unidad, adicionalmente se puede ingresar el valor de S_{min} mediante el teclado siendo el valor mínimo 1 y el máximo el valor de S_{max} .

Fig. 2.1.13: IU-CU06.2 Definir S_{min}

2.1.14. IU-CU06.3: Definir S_{max}

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Evaluation** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El valor de S_{max} se cambia si el usuario da click en \wedge lo cual aumenta en una unidad el valor de la regla o bien si da click en \vee el valor de la regla es decrementado en una unidad, adicionalmente se puede ingresar el valor de S_{max} mediante el teclado siendo el valor mínimo 1 y el máximo 4 si la vecindad es del tipo Von Neumann o bien 8 si el tipo de vecindad es del tipo Moore.

Fig. 2.1.14: IU-CU06.3 Definir S_{max}

2.1.15. IU-CU07: Definir tipo de espacio como cerrado

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Initial Conditions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Al presionar **Closed space** el espacio de evolución geométrica es cambiado a un toroide.

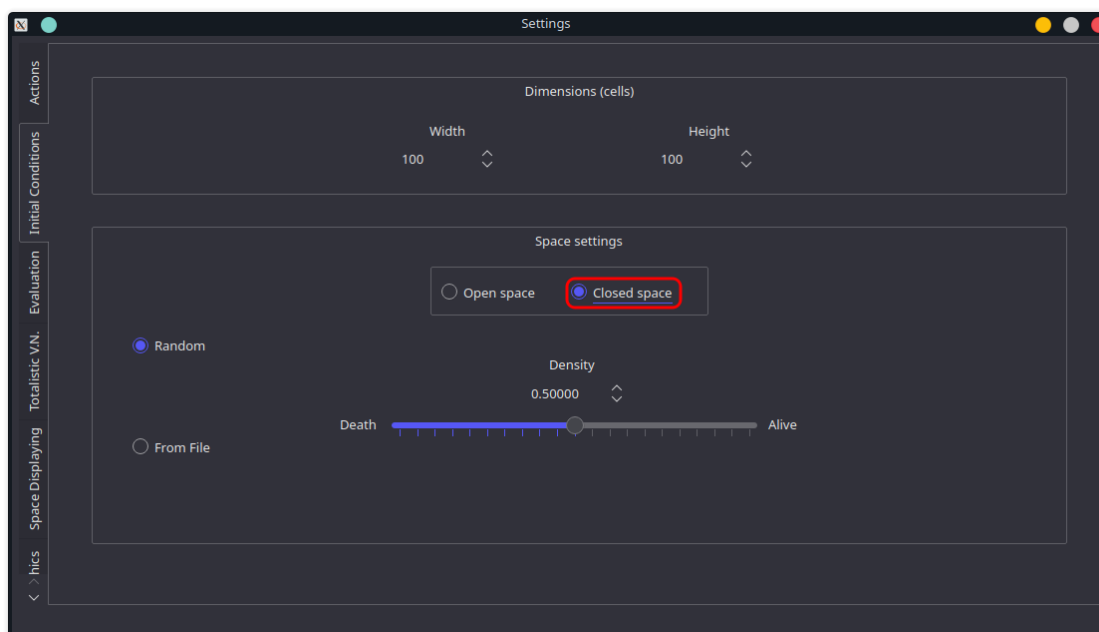


Fig. 2.1.15: IU-CU07 Definir tipo de espacio como cerrado

2.1.16. IU-CU07.1: Definir tipo de espacio como abierto

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña Initial Conditions que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Al presionar Open space el espacio de evolución geométrica es cambiado a un plano.

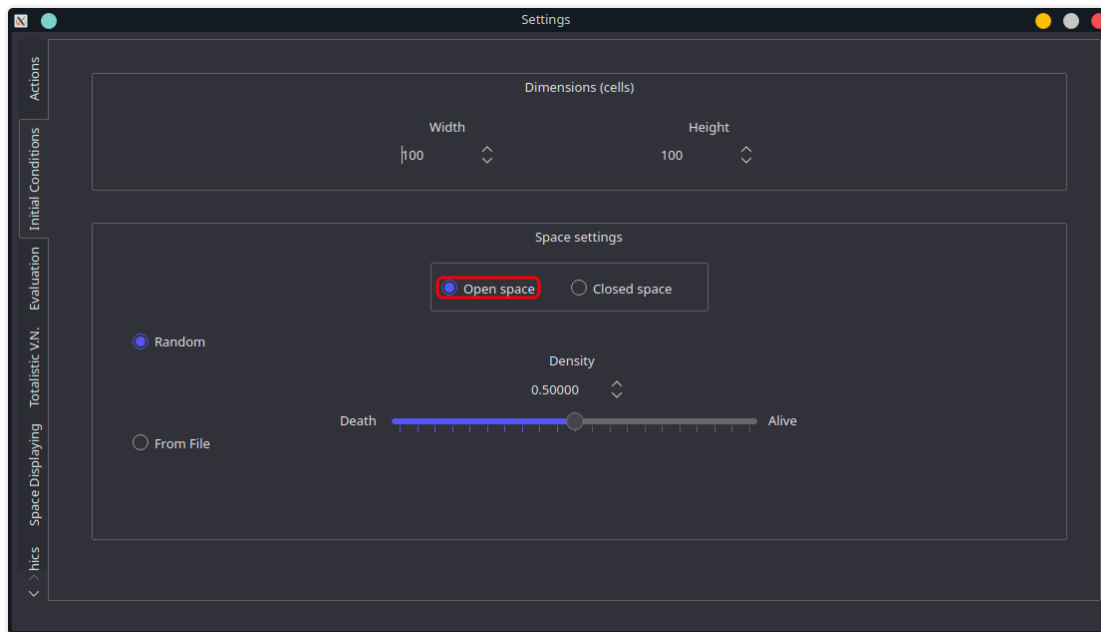


Fig. 2.1.16: IU-CU07.1 Definir tipo de espacio como abierto

2.1.17. IU-CU08: Establecer configuración inicial aleatoria

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña Initial conditions que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El usuario definirá la densidad de aparición de una célula $c_{i,j}$ si se presiona \wedge aumenta en 0.00001 unidades el valor de la densidad pero si se presiona \vee se disminuye en 0.00001 unidades el valor de la densidad, finalmente si se presiona Random la configuración inicial será generada de forma aleatoria.

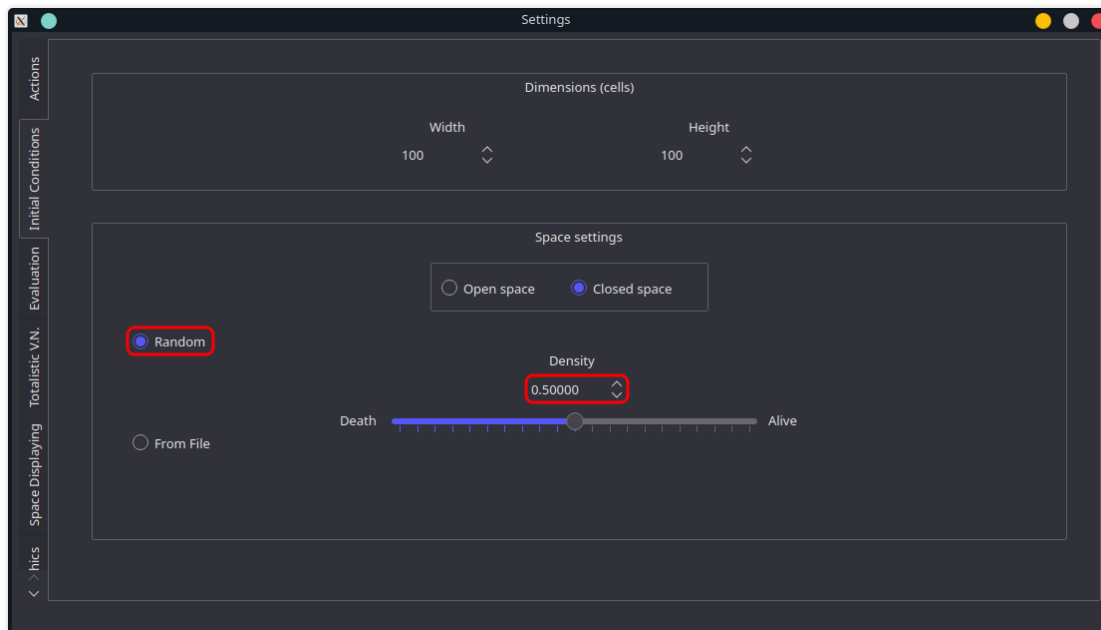


Fig. 2.1.17: IU-CU08 Establecer configuración inicial aleatoria

2.1.18. IU-CU08.1: Establecer configuración inicial desde archivo

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Initial conditions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El usuario selecciona el **From file** el cual permite que la configuración inicial sea cargada desde un archivo previamente almacenado por el usuario.

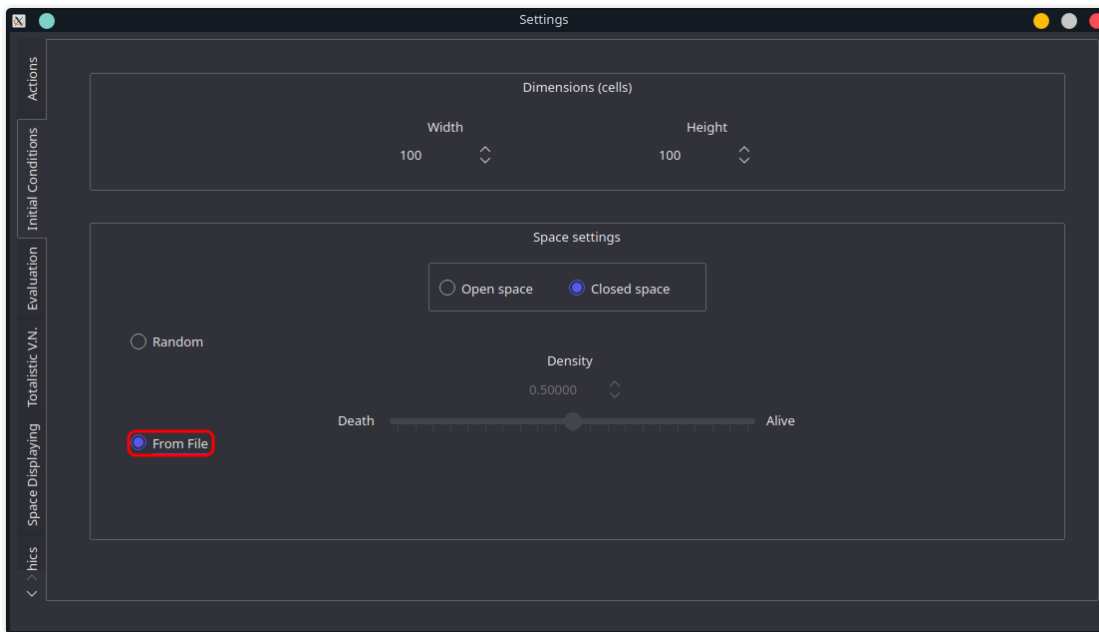


Fig. 2.1.18: IU-CU08.1 Establecer configuración inicial desde archivo

2.1.19. IU-CU08.1-1: Importar archivo

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El usuario da click en **Import CA** lo cual despliega una ventana la cual permite seleccionar un archivo que contiene un objeto CA

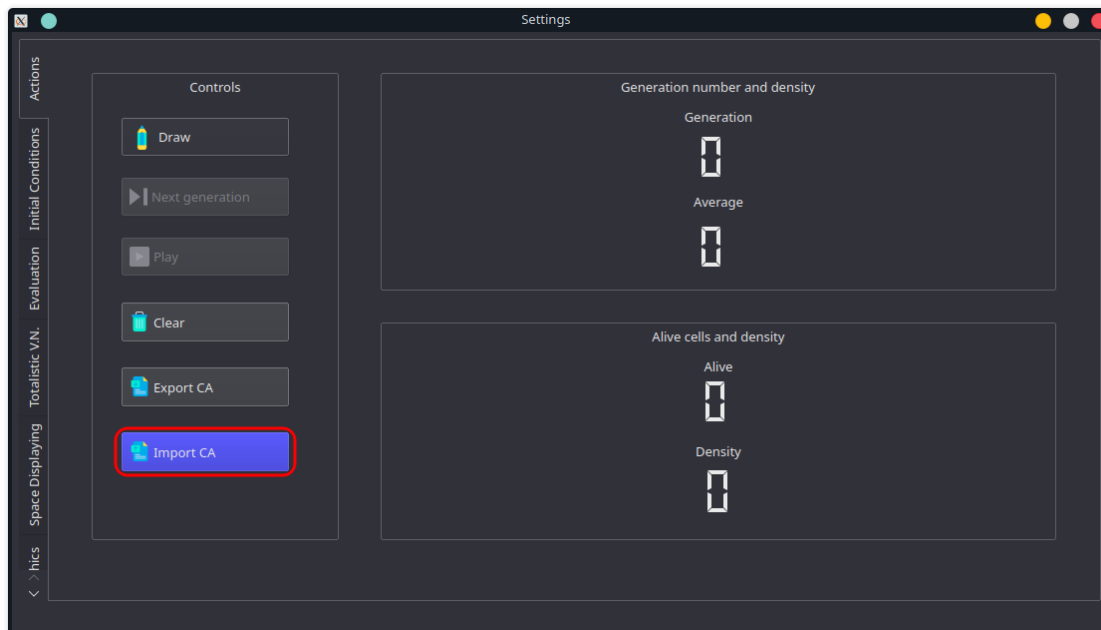


Fig. 2.1.19: IU-CU08.1-1 Importar archivo

2.1.20. IU-CU08.1-2: Ventana de selección de archivo

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** vía la IU-CU08.1-1 Importar archivo. El usuario selecciona un archivo que contenga la configuración inicial que desee cargar en el simulador además si se presiona el **Abrir** el archivo es seleccionado y cargado en memoria mientras que si se presiona **Cancelar** la ventana de selección se cierra y el archivo no es cargado en memoria.

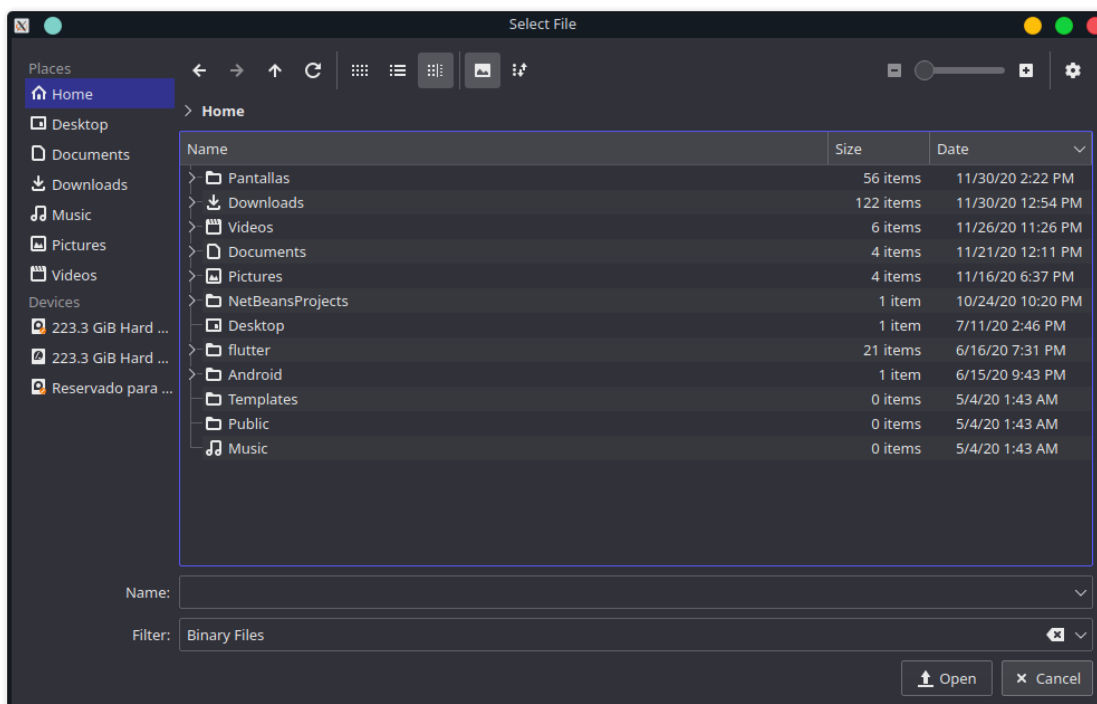


Fig. 2.1.20: IU-CU08.1-2 Ventana de selección de archivo

2.1.21. IU-CU09: Exportar objeto autómatas celular

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña `Actions`. El usuario presiona `Export CA` lo cual despliega una ventana en la cual puede seleccionar el directorio donde el objeto será almacenado.

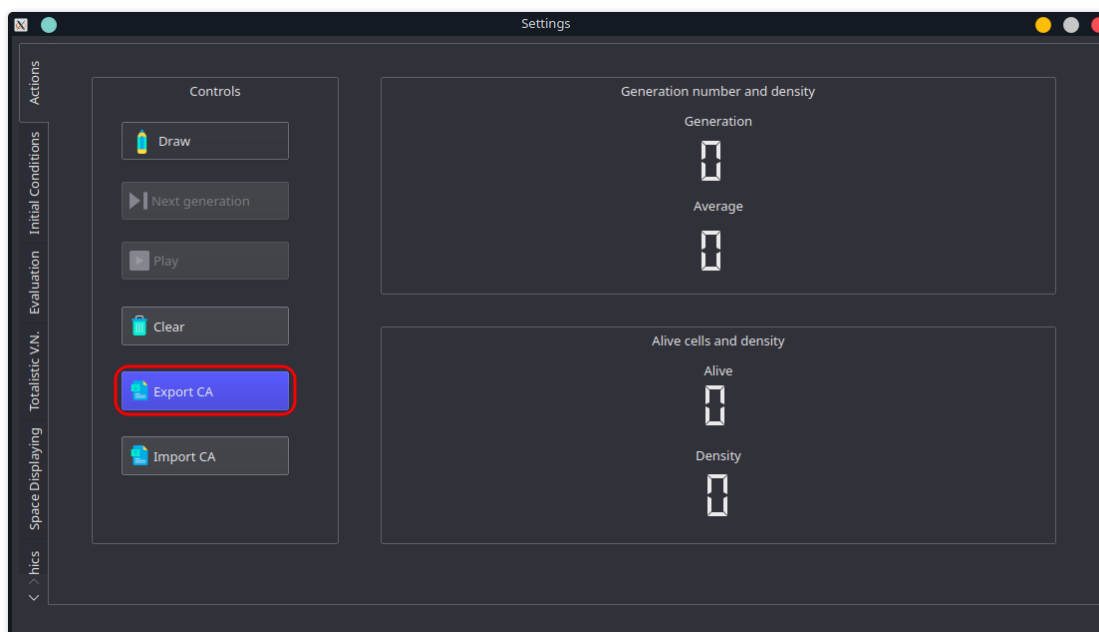


Fig. 2.1.21: IU-CU09 Exportar objeto autómeta celular.

2.1.22. IU-CU09.1: Seleccionar directorio

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** vía la IU-CU09 Exportar objeto autómeta celular. El usuario selecciona un directorio donde el objeto AC será almacenado, si se presiona **Guardar** el objeto AC es almacenado en el directorio seleccionado mientras que si se presiona **Cancelar** la ventana de selección del directorio se cierra y el objeto AC no es almacenado.

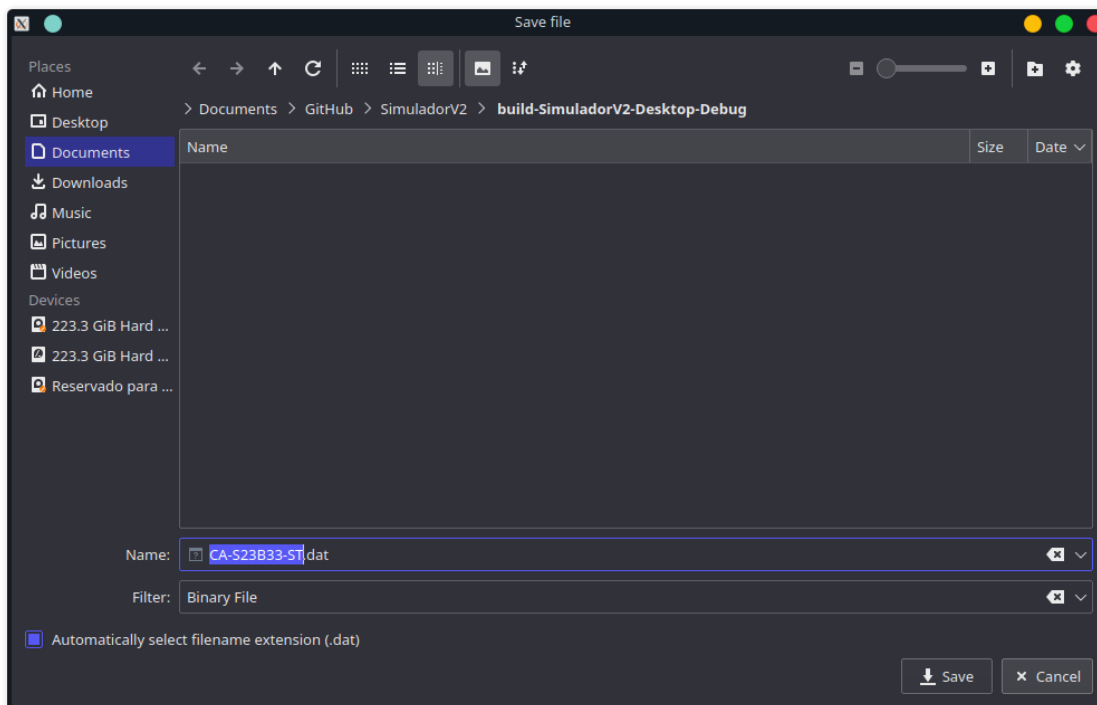


Fig. 2.1.22: IU-CU09.1 Seleccionar directorio

2.1.23. IU-CU10: Definir el tamaño de las células

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña Space Displaying que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El usuario definirá el tamaño de las células (siendo la unidad de medida el pixel). Si se da click en ^ el tamaño de las células aumenta en una unidad mientras que si se presiona v el tamaño de las células disminuye en una unidad, de igual forma el tamaño se puede cambiar ingresando el valor mediante el teclado siendo el valor mínimo 1 y el máximo 50 pixeles.

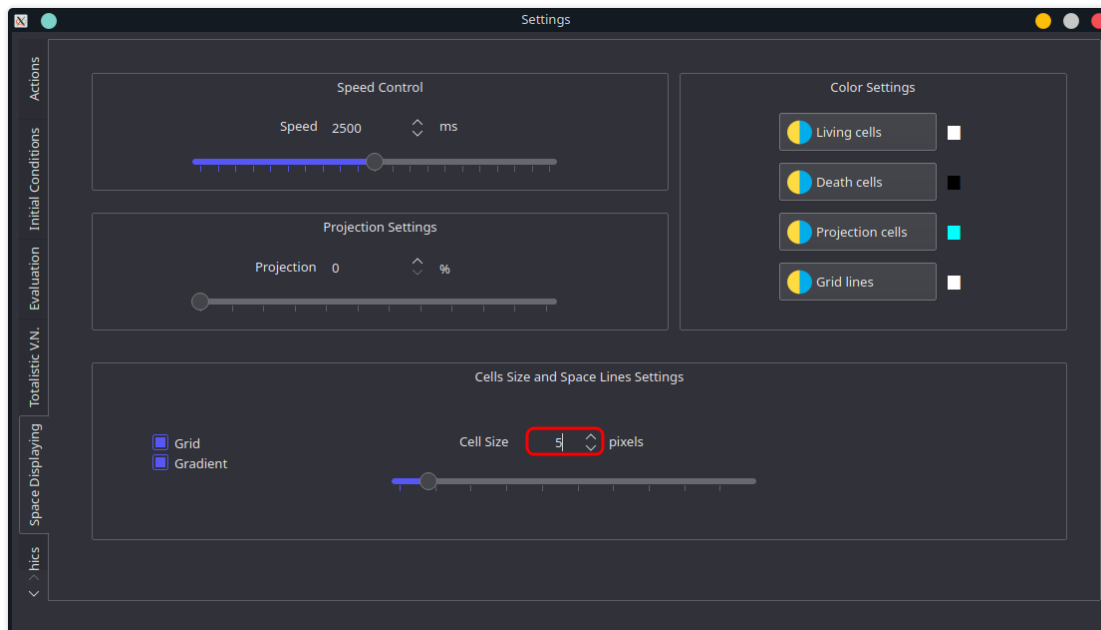


Fig. 2.1.23: IU-CU10 Definir el tamaño de las células

2.1.24. IU-CU11: Definir la velocidad de evolución del AC

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Space Displaying** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El usuario definirá la velocidad con la que evolucionará el AC en la t -ésima generación, si se presiona \wedge el valor de la velocidad aumenta en una unidad mientras que si se da click en \vee disminuye en una unidad la velocidad de evolución. También la velocidad de evolución es posible cambiarla ingresando el valor mediante el teclado siendo el valor mínimo el 0 y el máximo 5000 ms

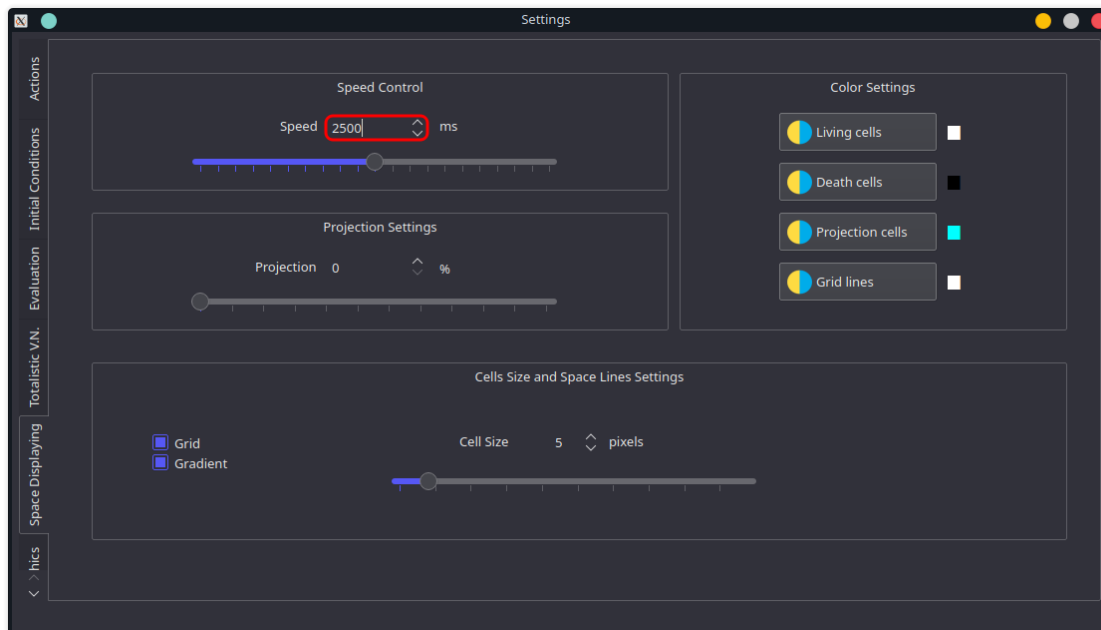


Fig. 2.1.24: IU-CU11 Definir la velocidad de evolución del AC

2.1.25. IU-CU12: Asignar valor del escalar

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Space displaying** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El usuario ingresa el valor de un escalar el cual permite redimensionar la submatriz del espacio de evoluciones que es estática y será evaluada normalmente mientras que el resto del espacio e evoluciones se proyecta en el eje z , si se presiona \wedge se aumenta en una unidad el valor del escalar, si se presiona \vee el valor del escalar es disminuido en una unidad. El valor del escalar también puede ser ingresado mediante el teclado, siendo el valor mínimo el 0 y el máximo 100

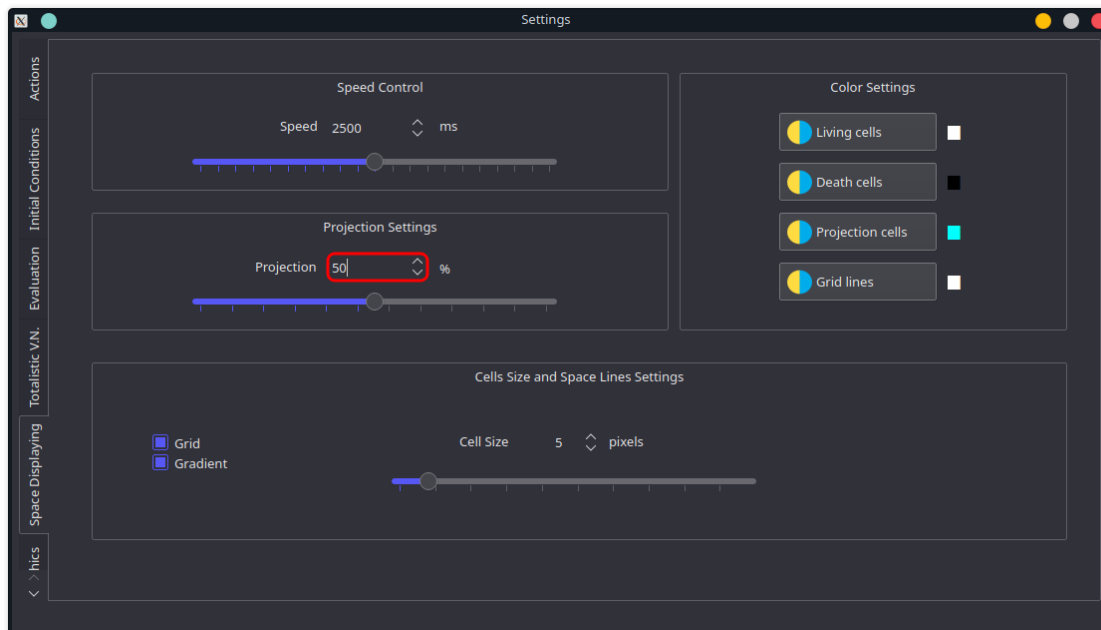


Fig. 2.1.25: IU-CU12 Asignar valor del escaler

2.1.26. IU-CU13: Estado del gradiente

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Space displaying** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Si el ☐ **Gradient** es habilitado en el espacio de evoluciones se mostrará un graiente que cambiará de acuerdo al número de generaciones que una célula se ha mantenido viva, si ☐ **Gradient** está deshabilitado el gradiente no será mostrado en el espacio de evoluciones.

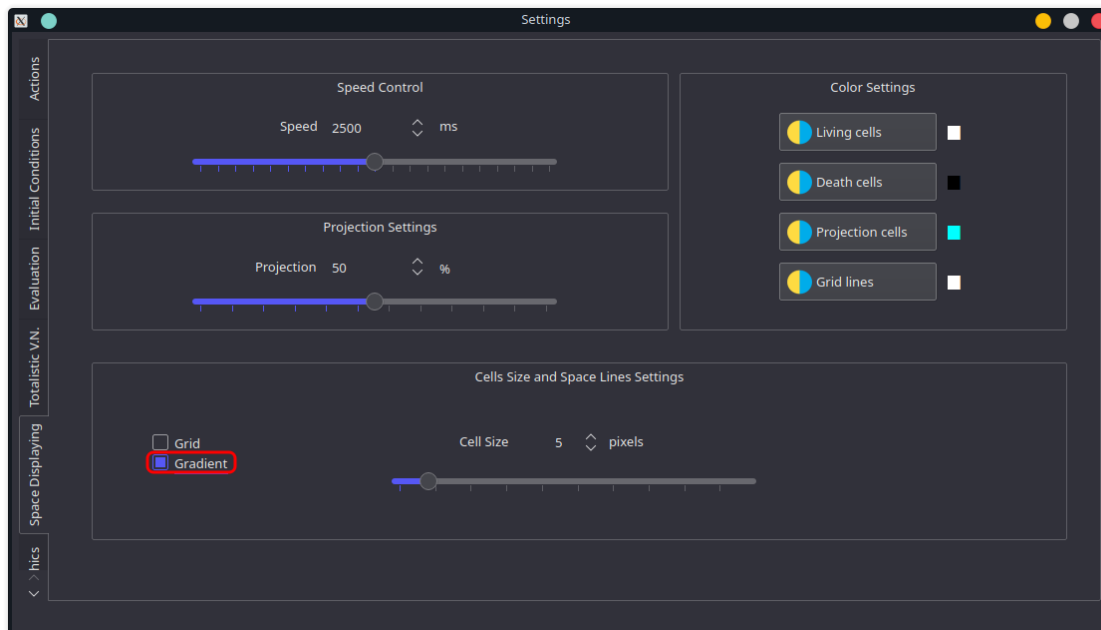


Fig. 2.1.26: IU-CU13 Estado del gradiente.

2.1.27. IU-CU14: Estado de la rejilla

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña Space displaying que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Si el usuario da habilita Grid la rejilla es mostrada en el espacio de evolución mientras que si se deshabilita Grid en el espacio de evolución se muestra una rejilla la cual ayuda a identificar donde inicia y donde termina una célula.

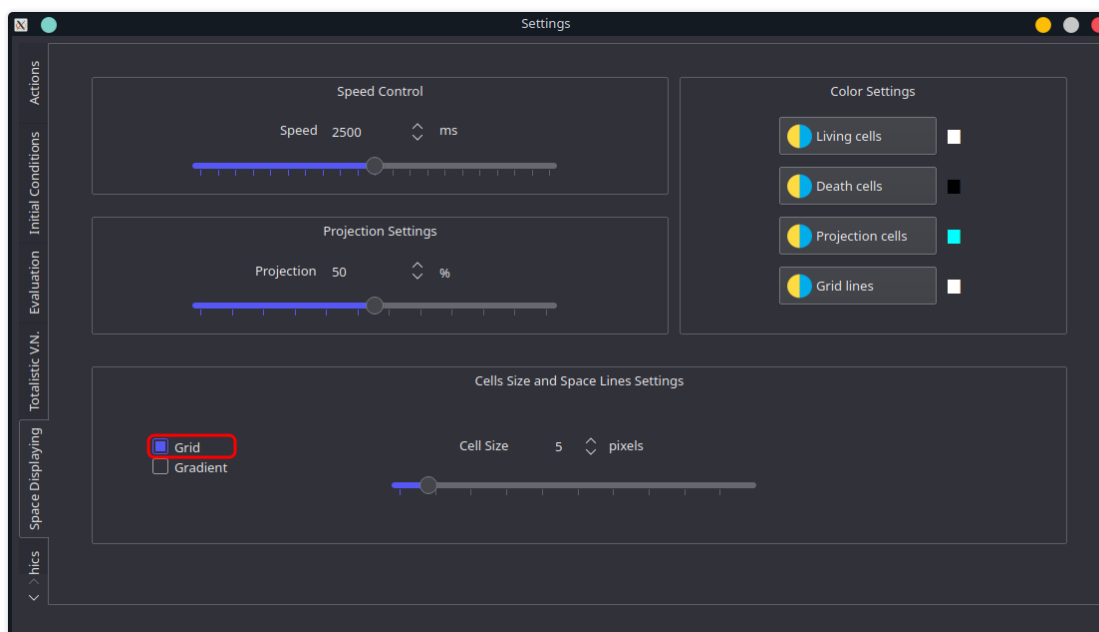


Fig. 2.1.27: IU-CU14 Estado de la rejilla

2.1.28. IU-CU14-1: Espacio de evolución del AC sin rejilla

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*) y posteriormente al hacer click en **Draw**. Se despliega el espacio de evoluciones sin rejilla.

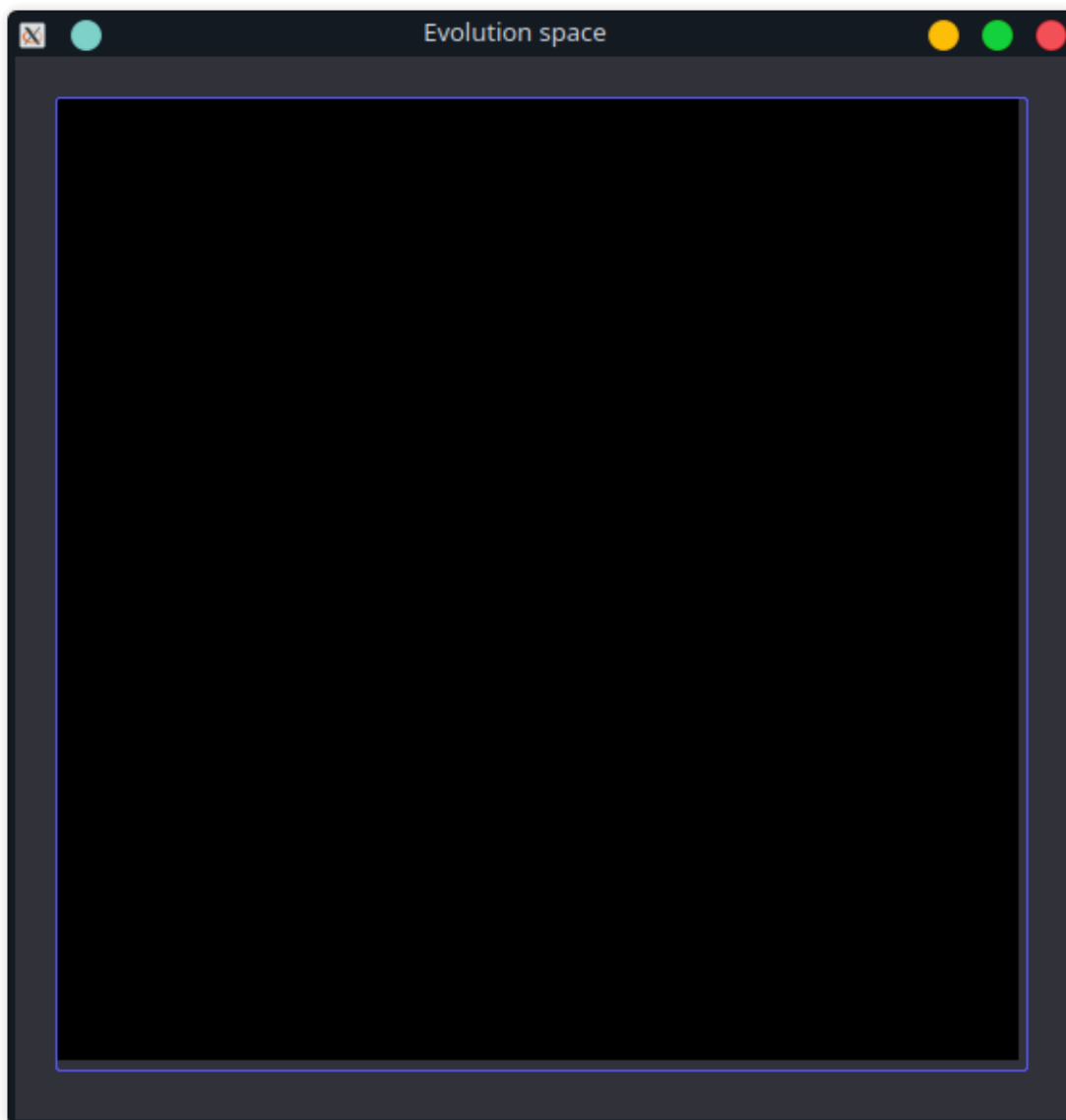


Fig. 2.1.28: IU-CU14-1 Espacio de evolución del AC

2.1.29. IU-CU15: Definir el color de la rejilla

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña Space Displaying que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El usuario define el color de la rejilla presionando el Grid lines lo que despliega una ventana donde elegirá el color deseado.

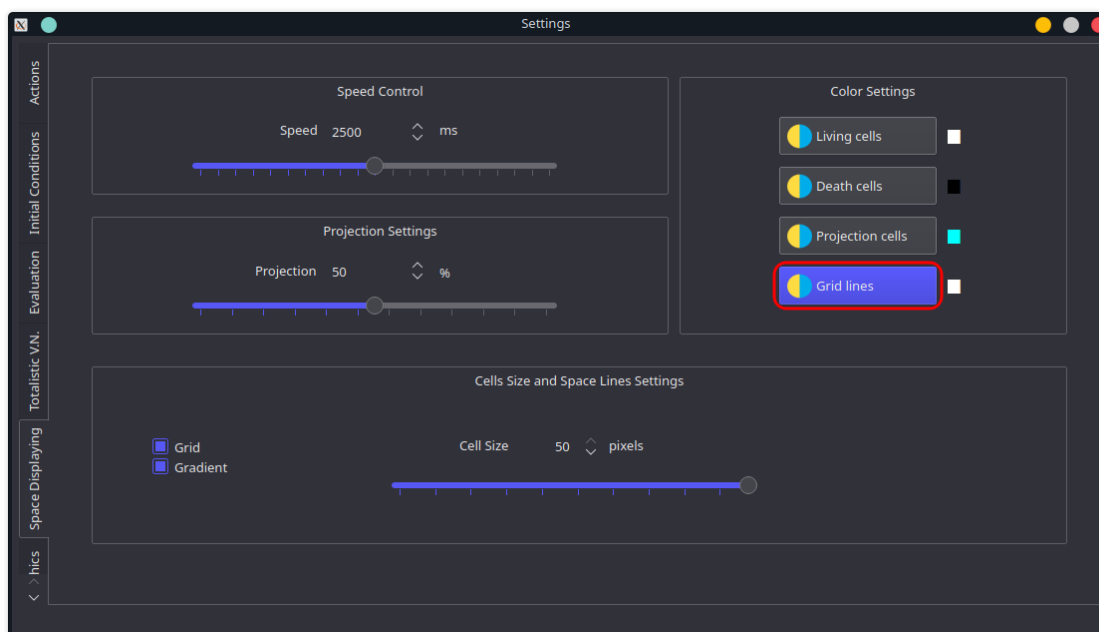


Fig. 2.1.29: IU-CU15 Definir el color de la rejilla

2.1.30. IU-CU15.1: Etiqueta indicadora de la rejilla

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña Space Displaying que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Con el fin de facilitar la visualización de los colores al usuario, hay una etiqueta que muestra el color actual de la rejilla.

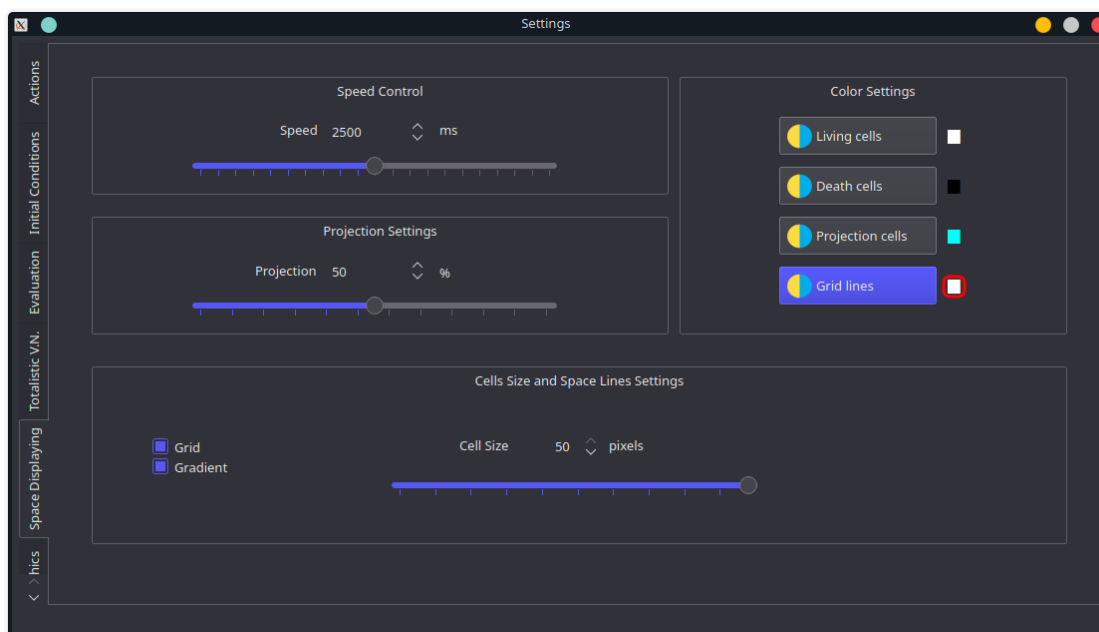


Fig. 2.1.30: IU-CU15.1 Etiqueta indicadora de la rejilla

2.1.31. IU-CU15-1: Paleta de colores

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en `Living cells`, `Death cells`, `Projection cells` ó en `Grid lines` vía `IU-CU16 Definir color de las células vivas`, `IU-CU16.1 Definir color de las células muertas`, `IU-CU16.2 Definir color de las células de proyección`, `IU-CU15 Definir el color de la rejilla`. El usuario ingresa o selecciona el color desde la paleta. Si el usuario da click en `Pick Screen Color` se puede seleccionar cualquier color que se muestre sobre la pantalla, si se presiona `Add Custom Colors` se le permite al usuario añadir un color personalizado a la paleta de colores, si da click en `Aceptar` el color seleccionado será el que muestra la célula, si presiona `Cancelar` se cierra la paleta de colores y el color de la célula no sufre cambio alguno. También es posible modificar los parámetros *Hue* (tono), *Sat* (saturación), *Val* (iluminación), *Red* (valor del color rojo), *Green* (valor del color verde), *Blue* (valor del color azul), *HTML* (valor en formato hexadecimal). Para los primeros 6 atributos mencionados es posible modificar los valores presionando \wedge para incrementar en una unidad el valor del atributo o bien \vee para decrementarlo además el valor mínimo para dichos atributos es cero y el máximo 255, finalmente estos atributos también se pueden modificar ingresando el valor deseado haciendo uso del teclado.

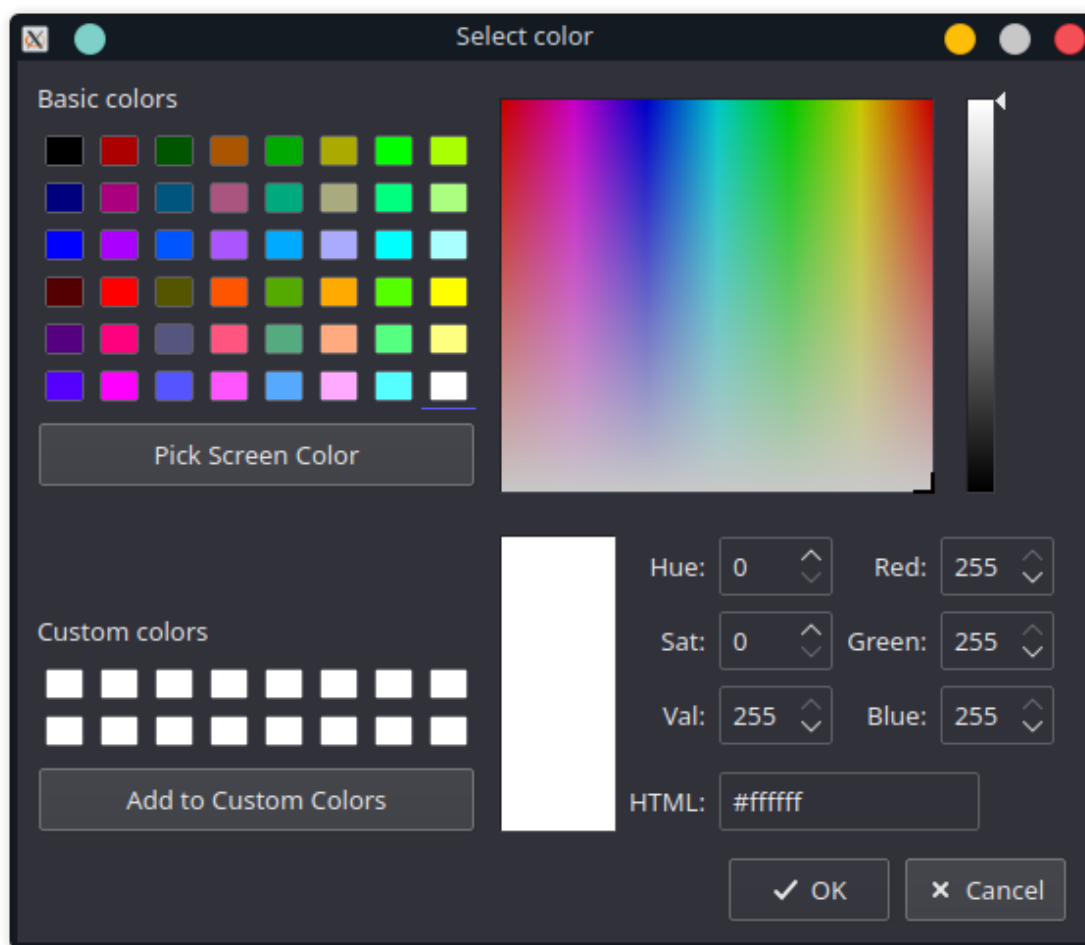


Fig. 2.1.31: IU-CU15-1 Paleta de colores


2.1.32. IU-CU15.2: Rejilla en el espacio de evolución del AC

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña `Actions` que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*) y posteriormente al hacer click en `Draw`. En el espacio de evolución se muestra la rejilla que facilita identificar donde empieza y donde termina una célula.



Fig. 2.1.32: IU-CU15.2 Rejilla en el espacio de evolución del AC

2.1.33. IU-CU16: Definir el color de las células vivas

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña `Space Displaying` que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Cuando el usuario presiona `Living cells` se despliega la paleta de colores  IU-CU15-1 Paleta de colores lo cual permite definir el color de las células vivas en el espacio de evolución

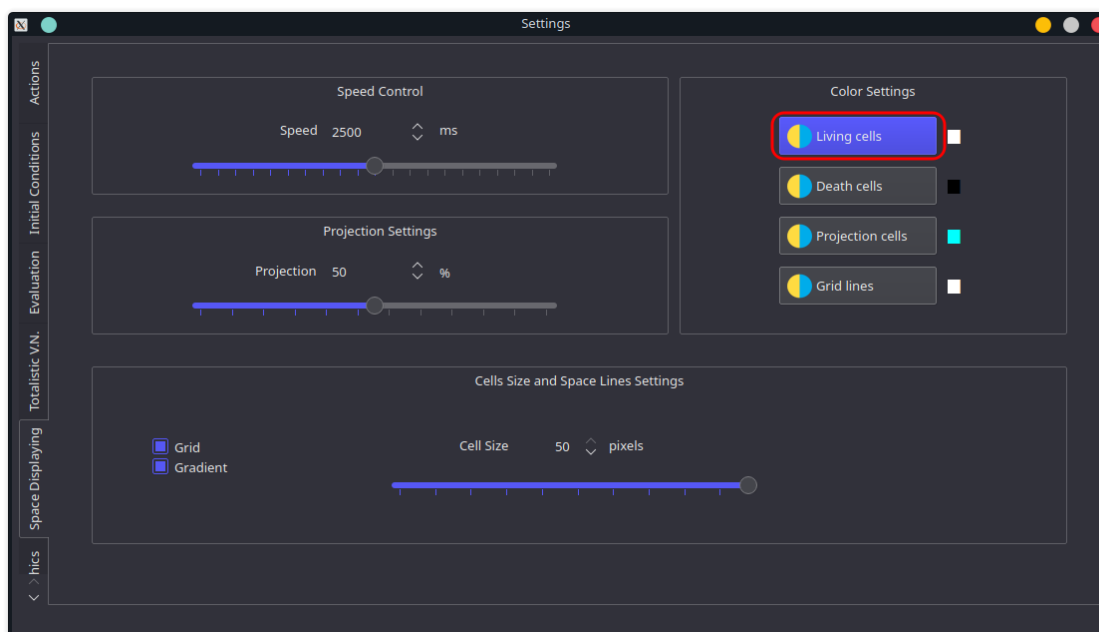



Fig. 2.1.33: IU-CU16 Definir el color de las células vivas

2.1.34. IU-CU16.1: Definir el color de las células muertas

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Space Displaying** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Cuando el usuario presiona **Death cells** se despliega la paleta de colores  IU-CU15-1 Paleta de colores lo cual permite definir el color de las células muertas en el espacio de evolución

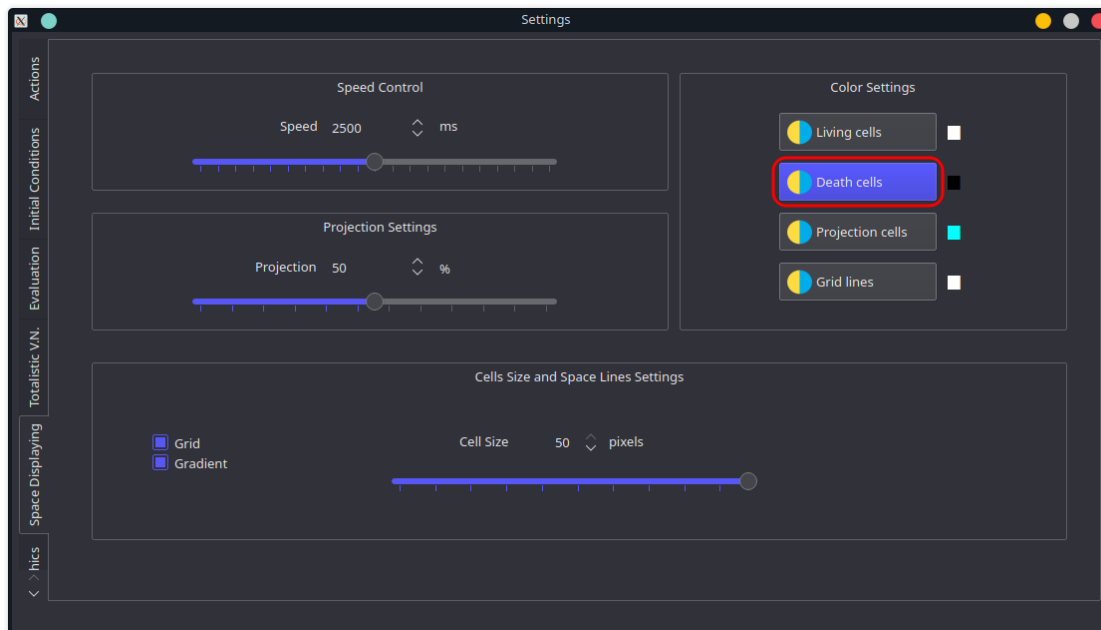



Fig. 2.1.34: IU-CU16.1 Definir el color de las células muertas

2.1.35. IU-CU16.2: Definir el color de las células de proyección

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Space Displaying** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Cuando el usuario presiona **Projection cells** se despliega la paleta de colores  IU-CU15-1 Paleta de colores lo cual permite definir el color de las células de proyección en el espacio de evolución

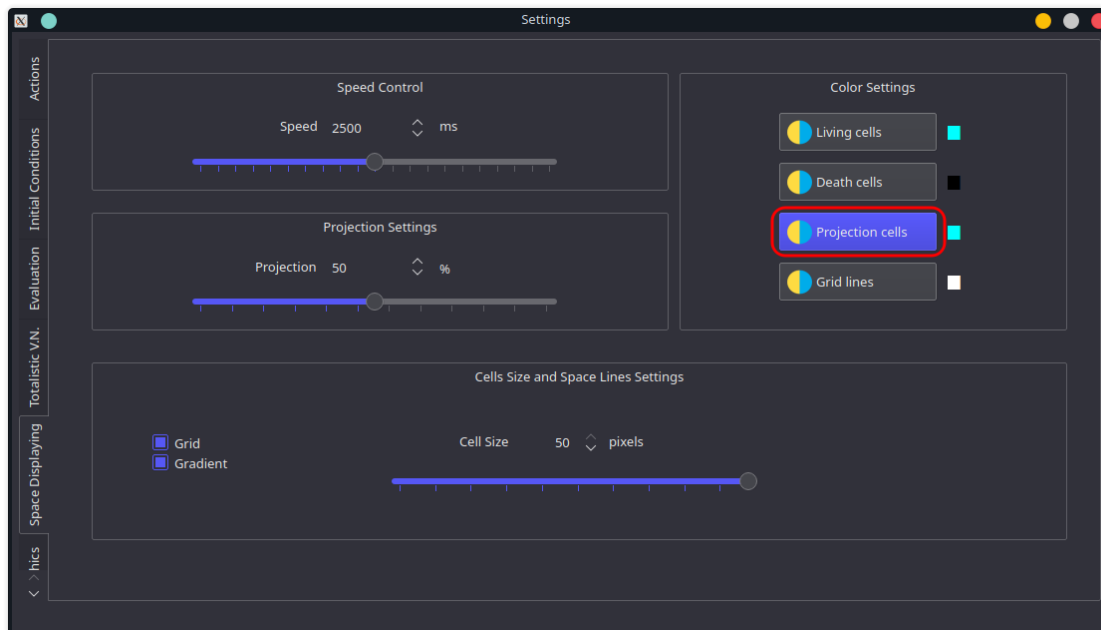


Fig. 2.1.35: IU-CU16.2 Definir el color de las células de proyección

2.1.36. IU-CU16.3: Etiqueta indicadora de las células

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña Space Displaying que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Con el fin de facilitar la visualización de los colores al usuario, hay tres etiquetas que muestran el color actual de las células vivas, células muertas y células de proyección.

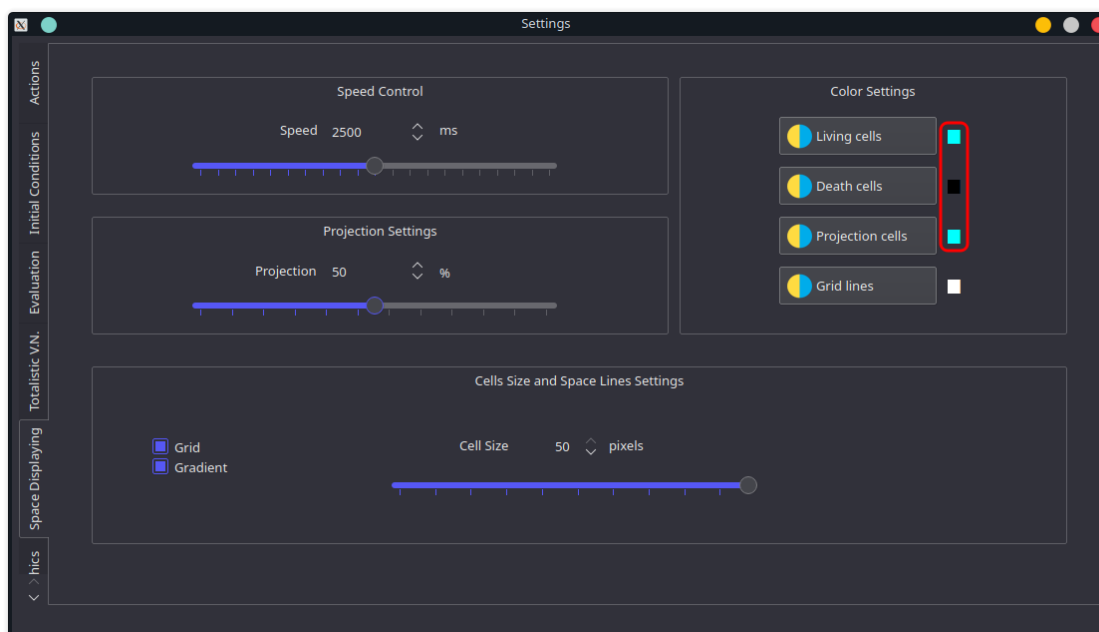


Fig. 2.1.36: IU-CU16.3 Etiqueta indicadora de colores de las células

2.1.37. IU-CU16-1: Células vivas en el espacio de evolución del AC

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*) y posteriormente al hacer click en **Draw**. De acuerdo al color seleccionado por el usuario las células vivas son mostradas en el espacio de evolución

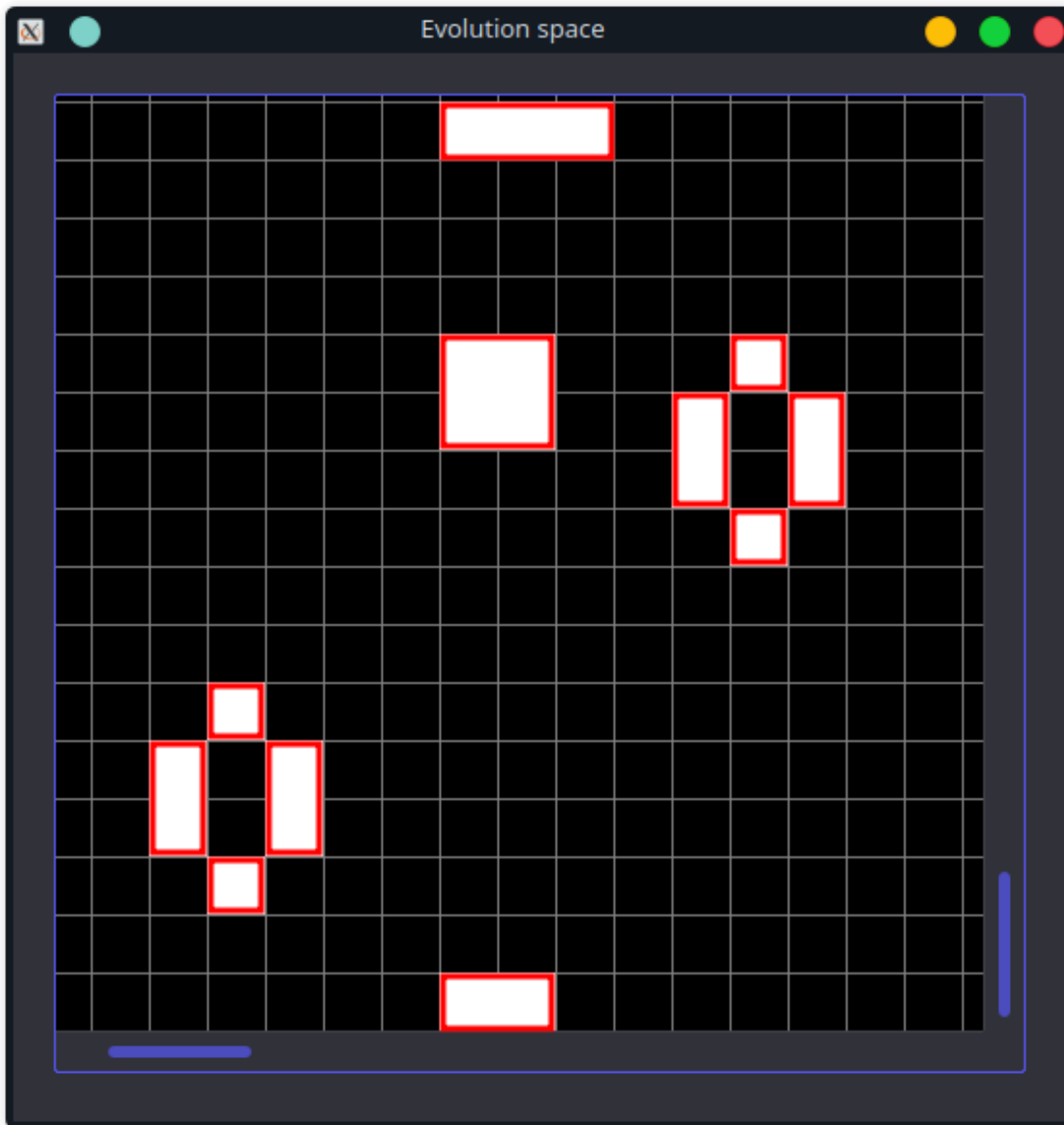


Fig. 2.1.37: IU-CU16-1 Células vivas en el espacio de evolución del AC

2.1.38. IU-CU16-2: Células muertas en el espacio de evolución del AC

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*) y posteriormente al hacer click en **Draw**. De acuerdo al color seleccionado por el usuario las células muertas son mostradas en el espacio de evolución

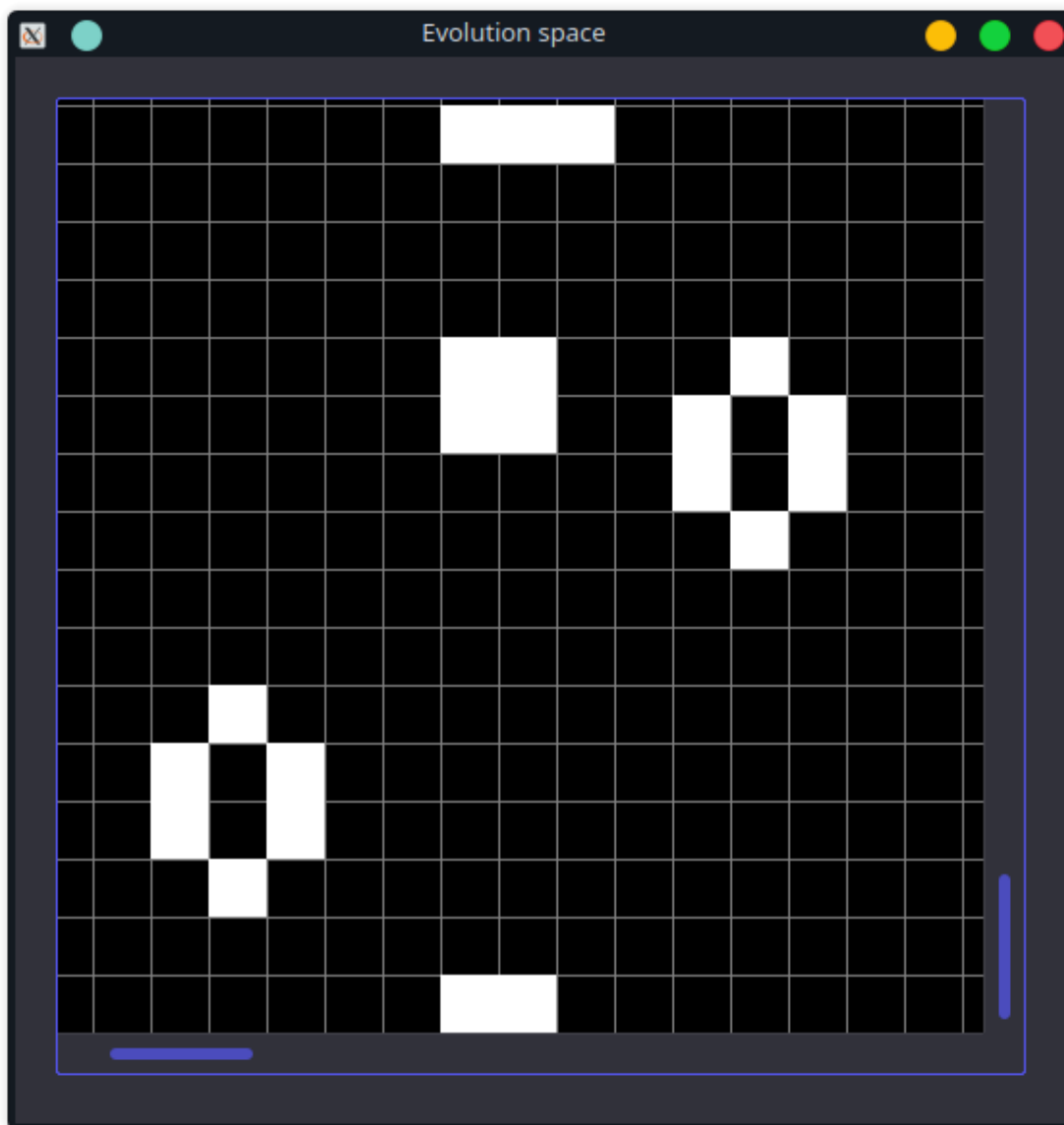


Fig. 2.1.38: IU-CU16-2 Células muertas en el espacio de evolución del AC

2.1.39. IU-CU16-3: Células de proyección en el espacio de evolución del AC

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*) y posteriormente al hacer click en **Draw**. De acuerdo al color seleccionado por el usuario las células de proyección son mostradas en el espacio de evolución

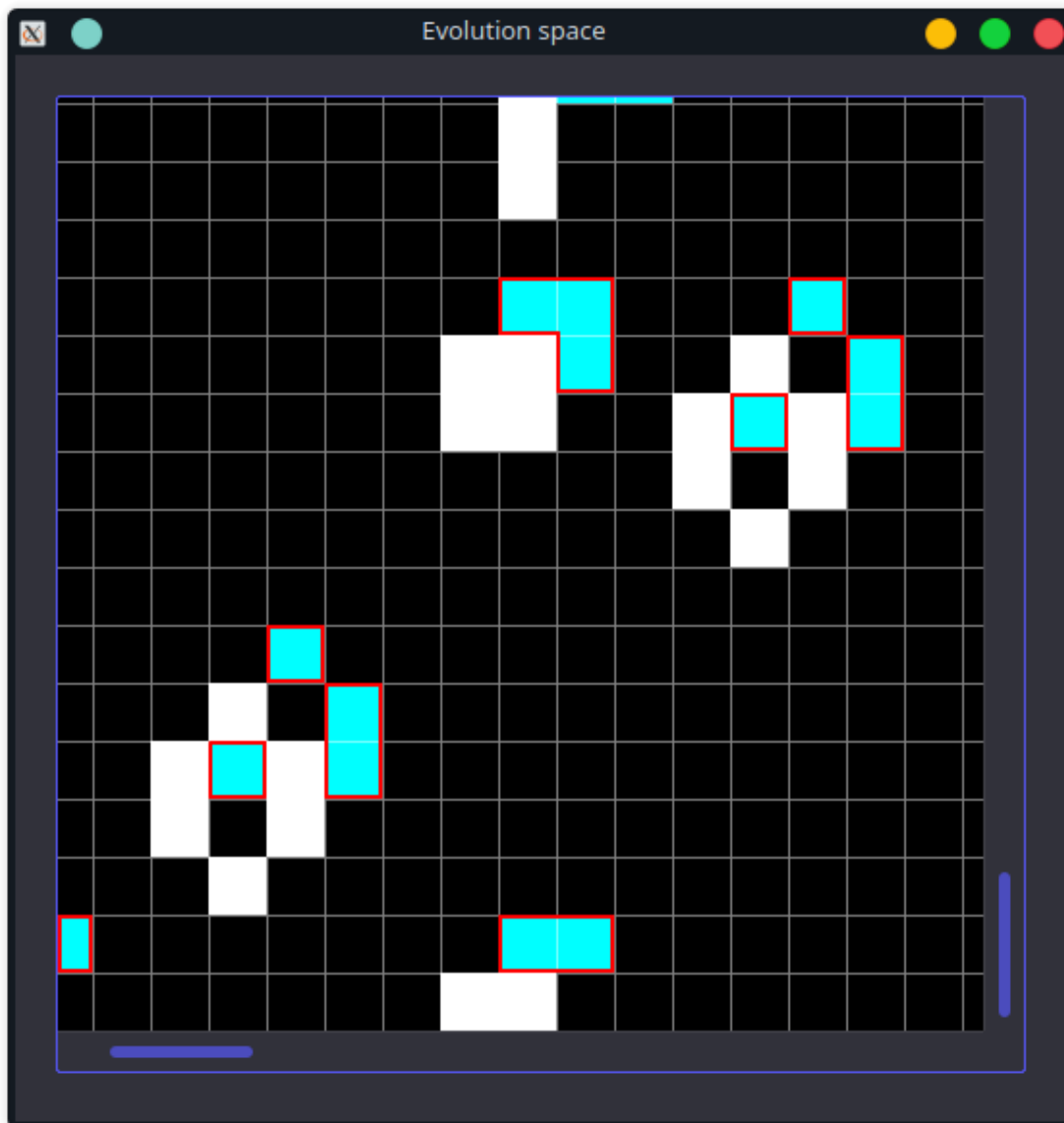


Fig. 2.1.39: IU-CU16-3 Células de proyección en el espacio de evolución del AC

2.1.40. IU-CU17: Cambiar una célula del espacio de evolución del AC

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*) y posteriormente al hacer click en **Draw**. El usuario selecciona una célula del espacio de evolución y su valor es cambiado si el valor era cero este pasa a ser uno y viceversa.

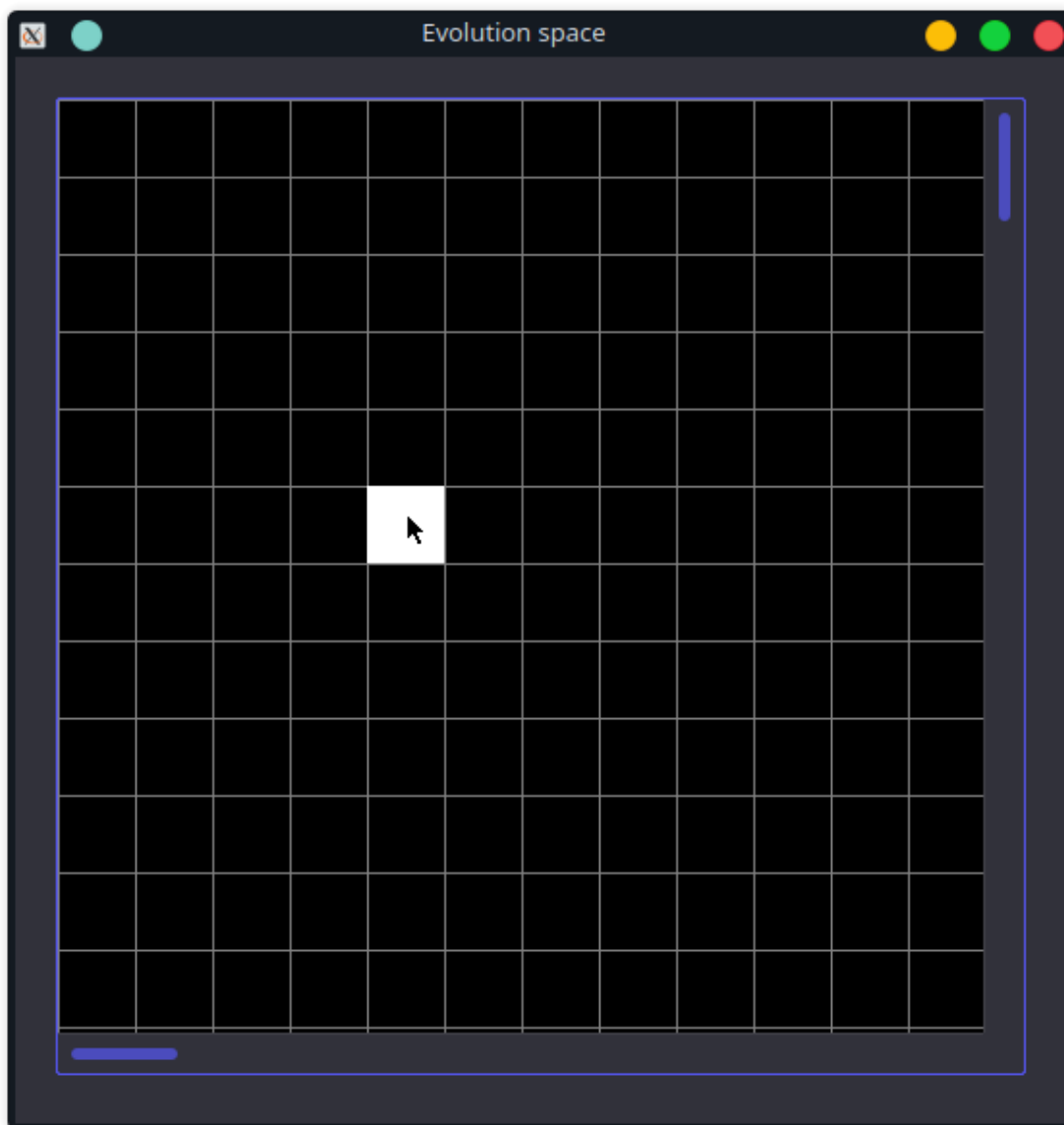


Fig. 2.1.40: IU-CU17 Cambiar una célula del espacio de evolución del AC

2.1.41. IU-CU18: Ventana de configuración

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en el ícono "vNCASimulator" en la computadora del usuario. El programa despliega la ventana de configuración al usuario, desde la cual puede manipular cualquier parámetro que desee en la simulación.

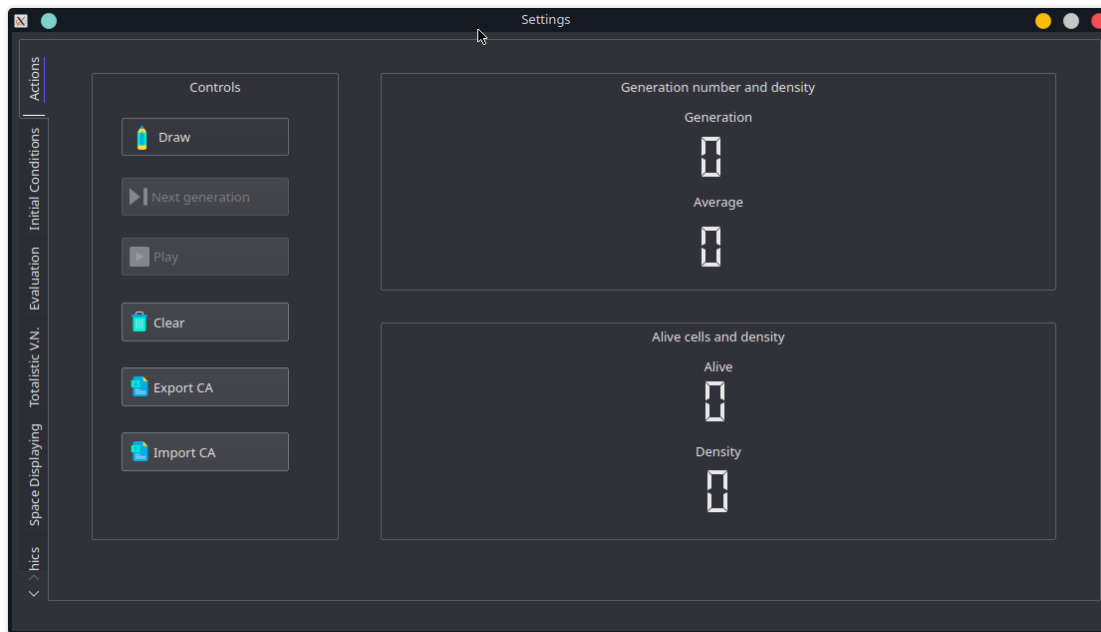


Fig. 2.1.41: IU-CU18 Ventana de configuración

2.1.42. IU-CU19: Desplegar CA con la configuración inicial

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña `Space displaying` que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Si se da click al botón `draw` se crea un objeto el cual contiene todos los parametros establecidos por el usuario, es decir: tipo de espacio, configuración inicial, dimensiones del espacio y tamaño de las células.

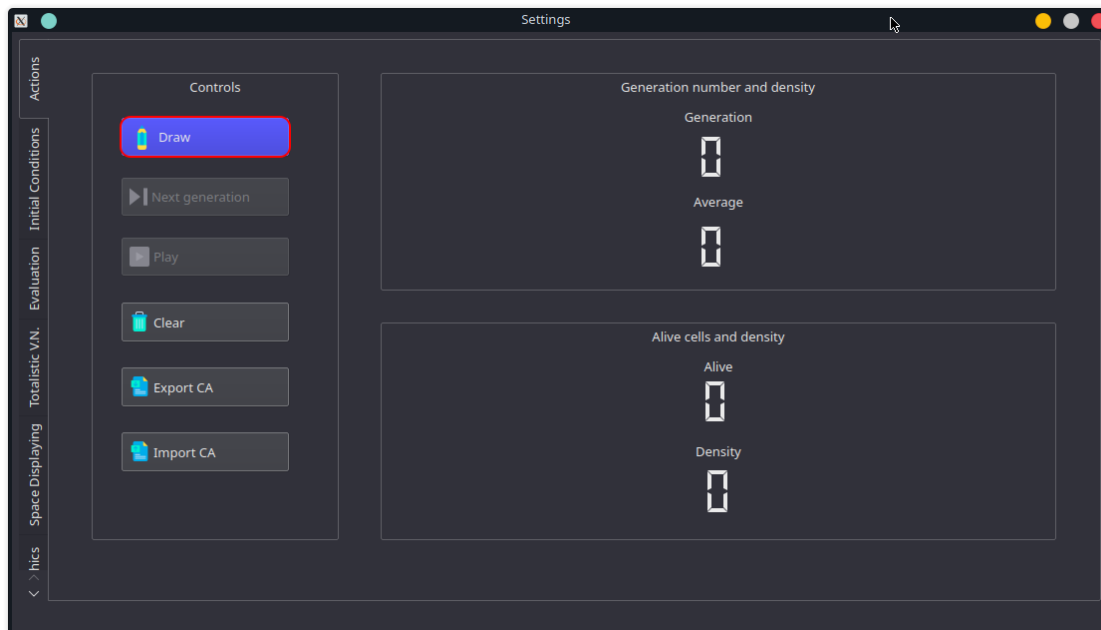


Fig. 2.1.42: IU-CU19 Desplegar CA con la configuración inicial.


2.1.43. IU-CU19.1: Espacio de evolución con la configuración inicial

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*) y posteriormente al hacer click en **Draw** una vez hecho esto se despliega la ventana la cual contiene el espacio de evolución del AC, esta permite visualizar la simulación con los parámetros establecidos por el usuario.



Fig. 2.1.43: IU-CU19.1 Espacio de evolución con la configuración inicial

2.1.44. IU-CU21: Desplegar siguiente generación

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Al presionar **Next generation** se calcula la siguiente generación del autómata celular según  IU-CU21-1 Siguiendo generación del AC

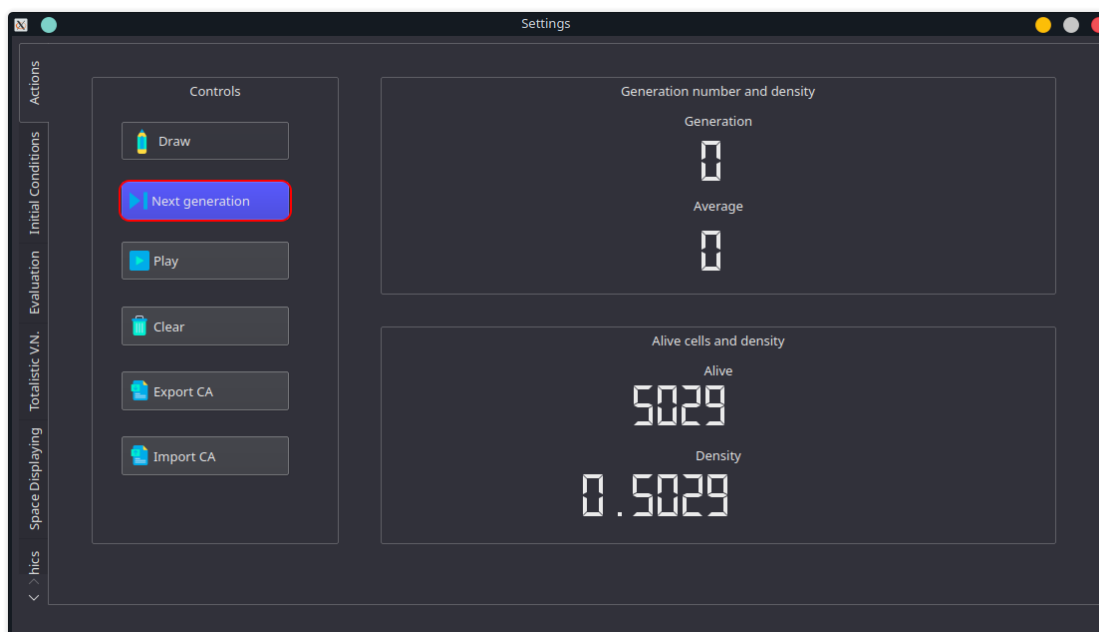


Fig. 2.1.44: IU-CU21 Desplegar siguiente generación


2.1.45. IU-CU21-1: Siguiete generación del AC

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña Space displaying que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Se obtiene la regla de evolución, tipo de espacio, tipo de frontera y configuración de la t -ésima generación para calcular la siguiente generación del AC.



Fig. 2.1.45: IU-CU21-1 Siguiete generación del AC

2.1.46. IU-CU26: Graficar población

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Al presionar **Next generation** se obtienen atributos del objeto CA y se realiza el cálculo del siguiente punto que será añadido a la gráfica de población según  IU-CU26.1 Gráfica de población.

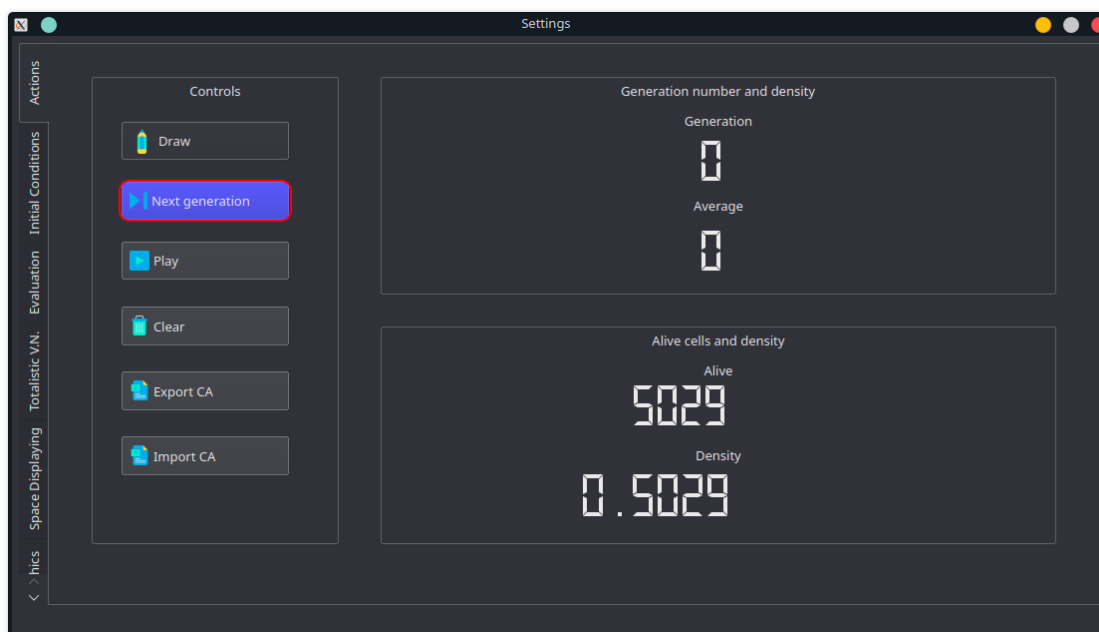


Fig. 2.1.46: IU-CU26 Graficar población

2.1.47. IU-CU26.1: Gráfica de población

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Graphics** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Cuando se calcula la siguiente generación se obtiene la población actual del autómata celular y se añade un punto a la gráfica, donde el eje x representa la generación y el eje y la cantidad de células vivas en la generación actual.

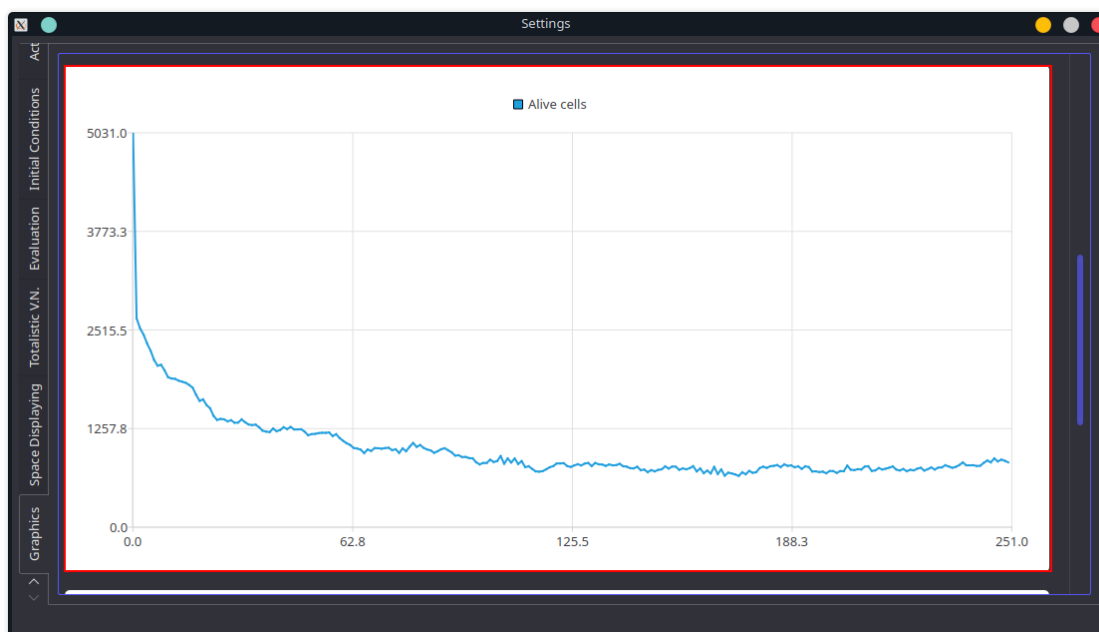



Fig. 2.1.47: IU-CU26.1 Gráfica de población

2.1.48. IU-CU27: Graficar entropía

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Al presionar **Next generation** se obtienen atributos del objeto CA y se realiza el cálculo del siguiente punto que será añadido a la gráfica de población según  IU-CU27.1 Gráfica de entropía.

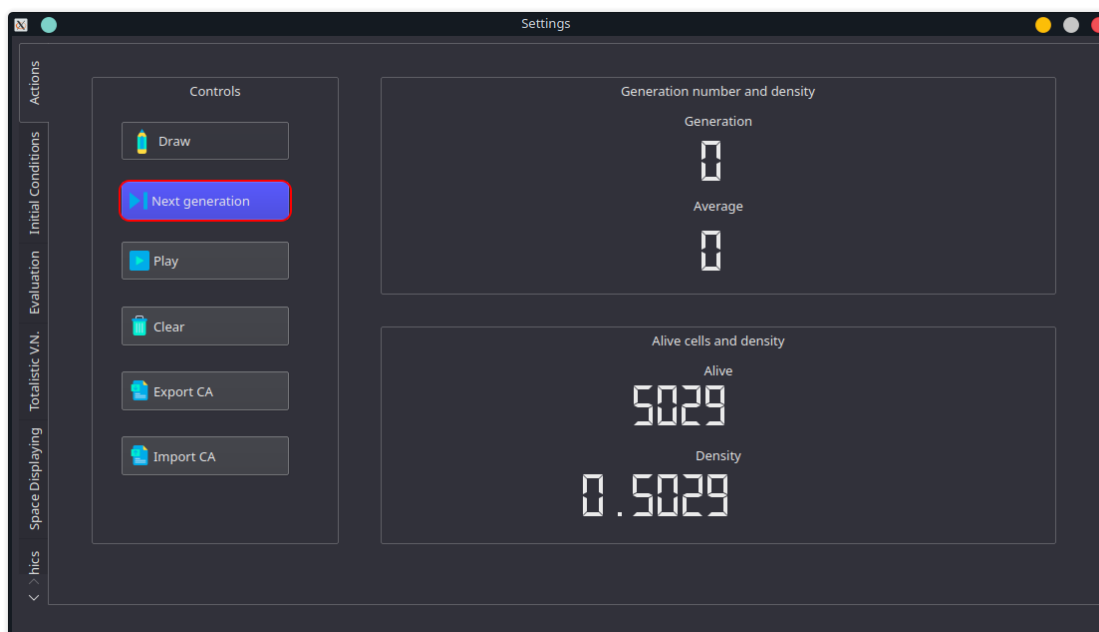


Fig. 2.1.48: IU-CU27 Graficar entropía

2.1.49. IU-CU27.1: Gráfica de entropía

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Graphics** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Cuando se calcula la siguiente generación se obtiene la población actual del autómata celular y se añade un punto a la gráfica, donde el eje x representa la generación y el eje y la entropía en la generación actual.

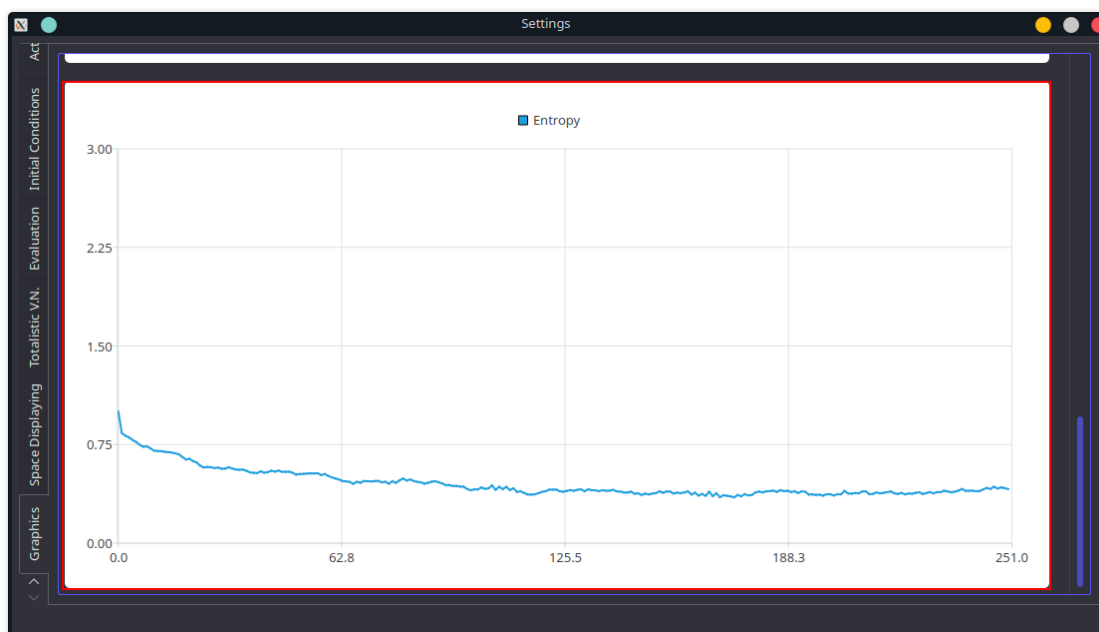



Fig. 2.1.49: IU-CU27.1 Gráfica de entropía

2.1.50. IU-CU28: Graficar polinomio característico

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Space displaying** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Graphics*). Si se presiona **Draw**, se modifica el tipo de vecindad, regla o tipo de regla automáticamente y el programa graficará el polinomio característico según  IU-CU28.2 Gráfica del polinomio característico.

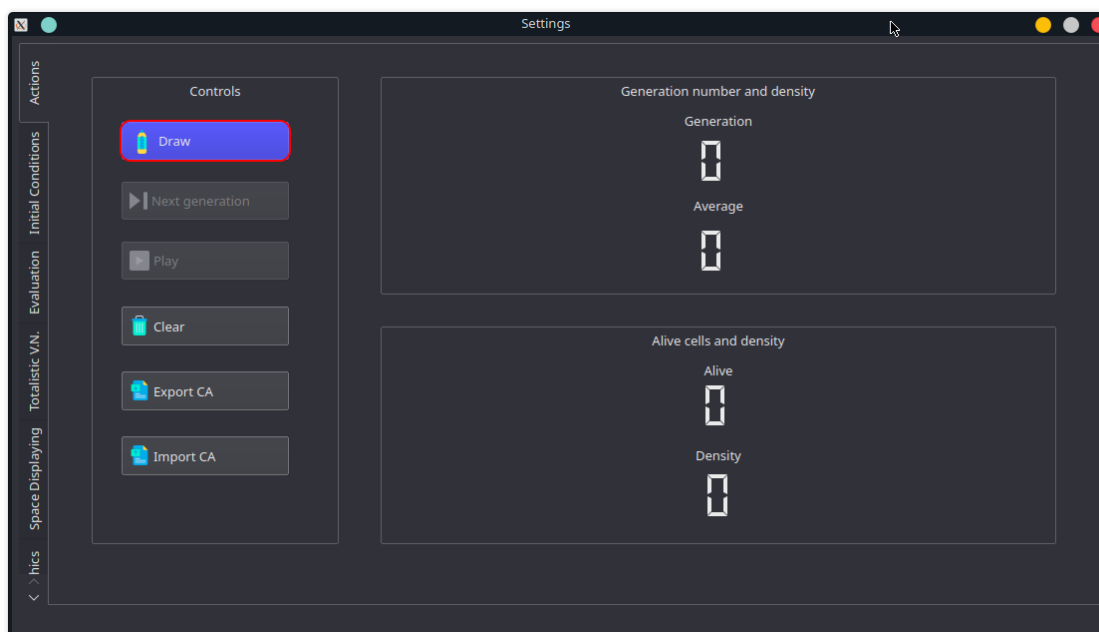


Fig. 2.1.50: IU-CU28 Graficar polinomio característico

2.1.51. IU-CU28.1: Lista de puntos clasificados

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña Space displaying que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Graphics*). El programa muestra una lista con los puntos de intersección entre la recta identidad y el polinomio característico además dichos puntos ya están clasificados de acuerdo a los diferentes tipos de puntos fijos.



Fig. 2.1.51: IU-CU28.1 Lista de puntos clasificados

2.1.52. IU-CU28.2: Gráfica del polinomio característico

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Graphics** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Se grafica el polinomio característico de la regla de evolución actual evaluado en diversos puntos con distancia 1×10^{-3} en un intervalo de $I = [0, 1]$

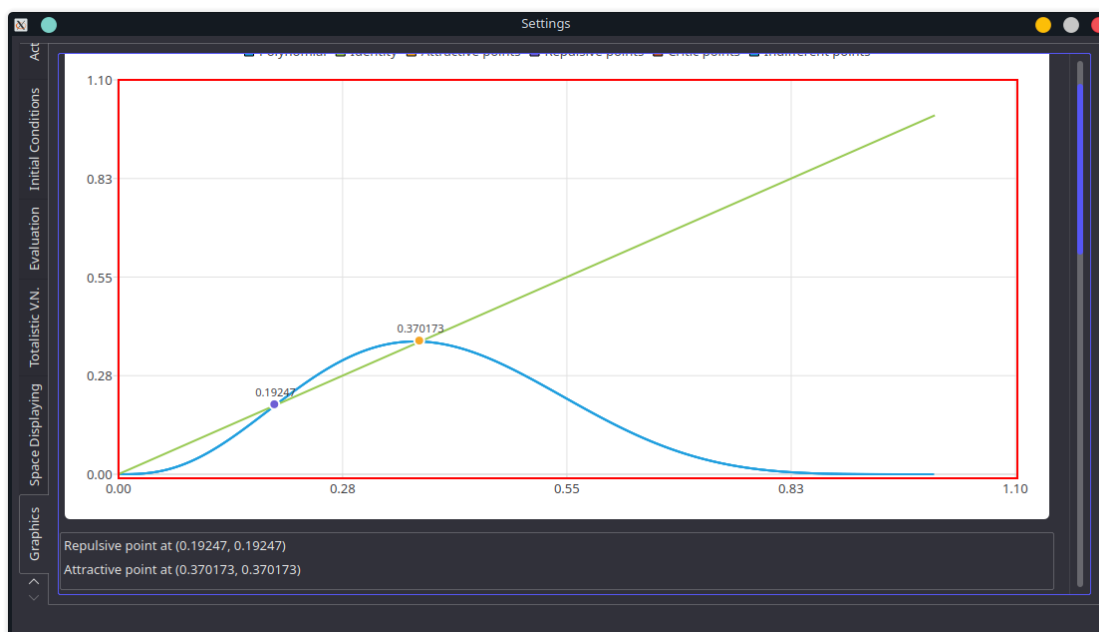


Fig. 2.1.52: IU-CU28.2 Gráfica del polinomio característico

2.1.53. IU-CU29: Graficar recta identidad

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El programa añade puntos cuya distancia entre ellos es de 1×10^{-3} y además $x = y$ dónde todos los puntos viven en el intervalo $I = [0, 1]$ posteriormente son añadidos a la gráfica según



IU-CU29.1 Gráfica del polinomio característico y la recta identidad.

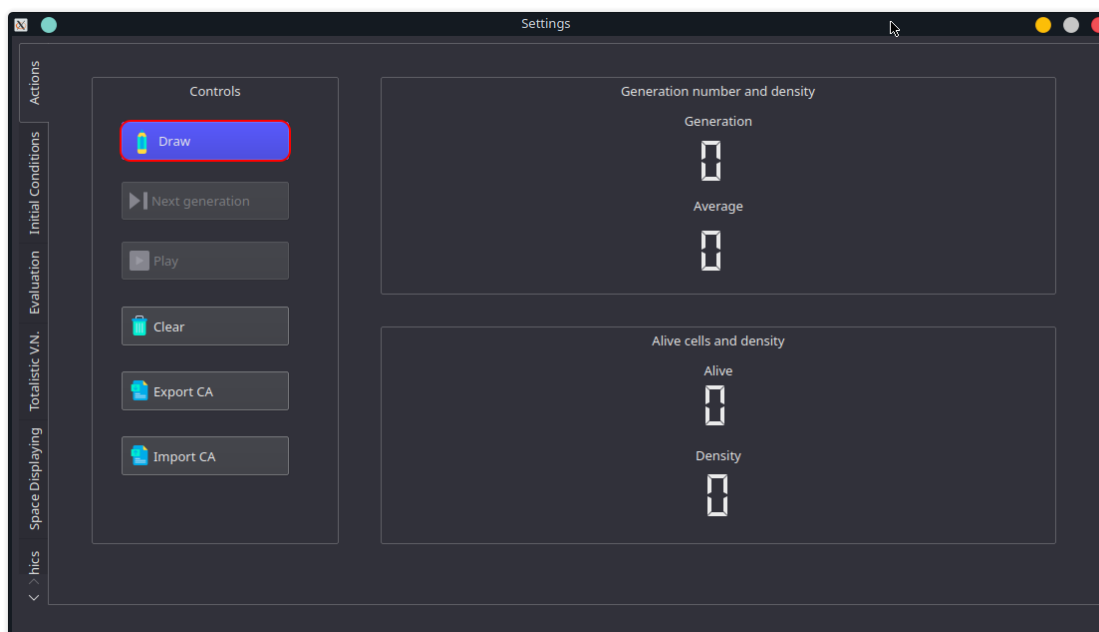


Fig. 2.1.53: IU-CU29 Graficar recta identidad

2.1.54. IU-CU29.1: Gráfica del polinomio característico con recta identidad

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña Space displaying que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Graphics*). Una vez que se han obtenido los puntos de la recta identidad se añaden a la gráfica y son mostrados al usuario.

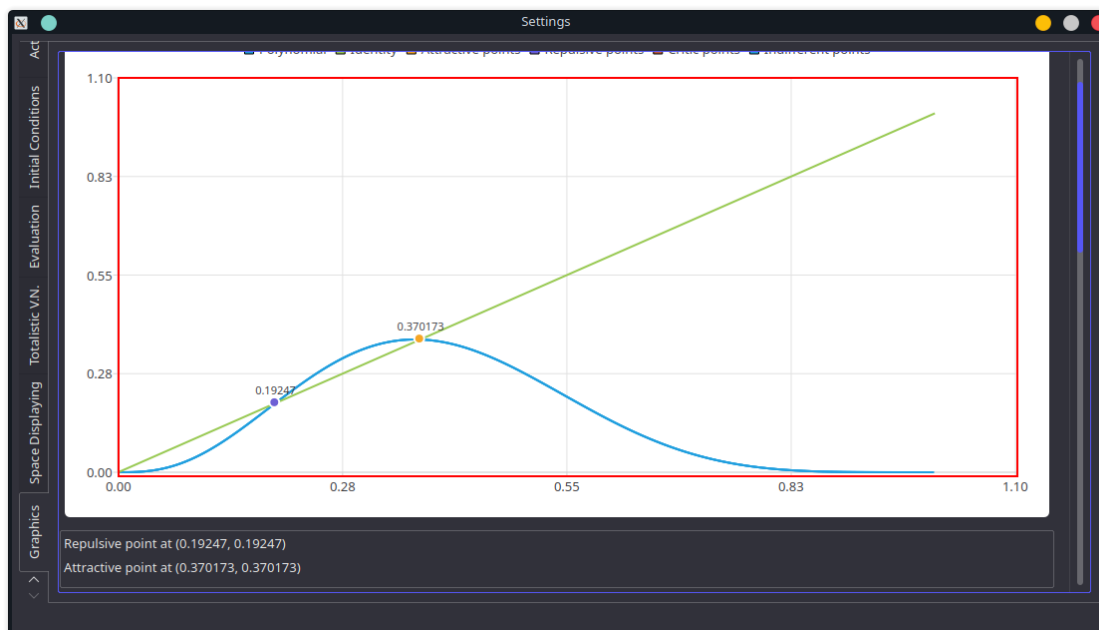


Fig. 2.1.54: IU-CU29.1 Gráfica del polinomio característico con recta identidad

2.1.55. IU-CU30: Graficar puntos de intersección

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). El programa obtiene los puntos de intersección entre el polinomio característico y la recta identidad estos puntos son clasificados según IU-CU30.1 Gráfica del polinomio característico con puntos de intersección del tipo atractivo, IU-CU30.2 Gráfica del polinomio característico con puntos de intersección del tipo repulsivo y IU-CU30.3 Gráfica del polinomio característico con puntos de intersección del tipo crítico posteriormente son mostrados en la gráfica que contiene la recta identidad y el polinomio característico de la regla de evolución actual.

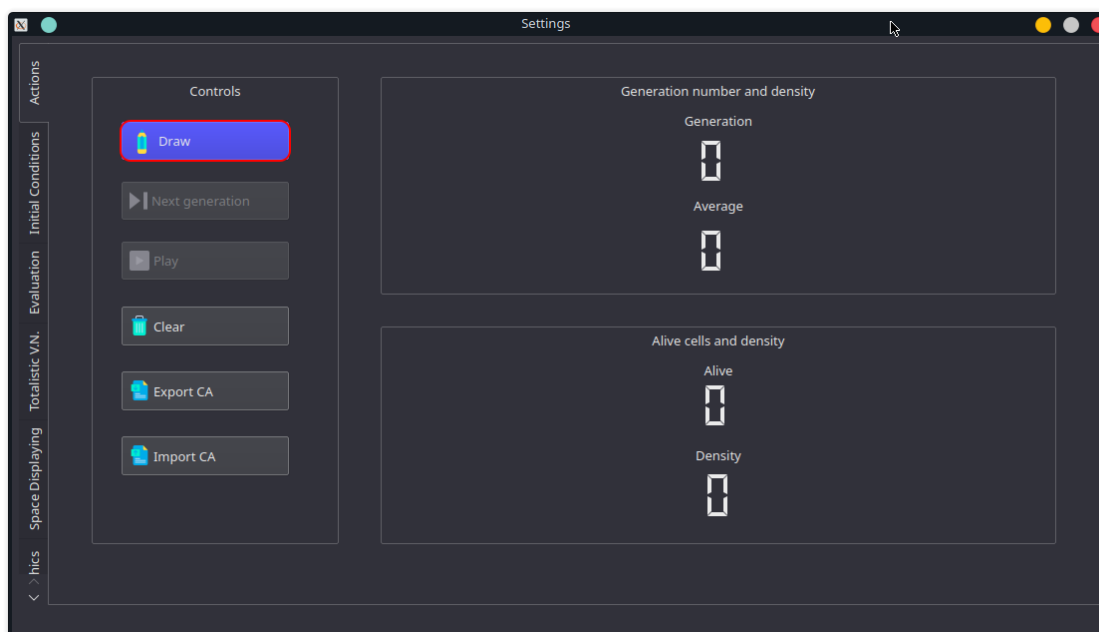


Fig. 2.1.55: IU-CU30 Graficar puntos de intersección

2.1.56. IU-CU30.1: Gráfica del polinomio característico con puntos de intersección del tipo atractivo

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Se evalúa $|f'(x)|$ si $|f'(x)| < 1$ el punto se clasifica como atractivo.



Fig. 2.1.56: IU-CU30.1 Gráfica del polinomio característico con puntos de intersección del tipo atractivo

2.1.57. IU-CU30.2: Gráfica del polinomio característico con puntos de intersección del tipo repulsivo

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Se evalúa $|f'(x)|$ si $|f'(x)| > 1$ el punto se clasifica como repulsivo.



Fig. 2.1.57: IU-CU30.2 Gráfica del polinomio característico con puntos de intersección del tipo repulsivo

2.1.58. IU-CU30.3: Gráfica del polinomio característico con puntos de intersección del tipo crítico

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Se evalúa $|f'(x)|$ si $|f'(x)| = 1$ el punto se clasifica como crítico o super atractor.



Fig. 2.1.58: IU-CU30.3 Gráfica del polinomio característico con puntos de intersección del tipo crítico

2.1.59. IU-CU31: Iniciar simulación

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Al presionar **Play** se inicia el *timer* el cual cada x milisegundos calculará la siguiente generación adicionalmente el botón **Play** cambia a ser el botón **Pause**.

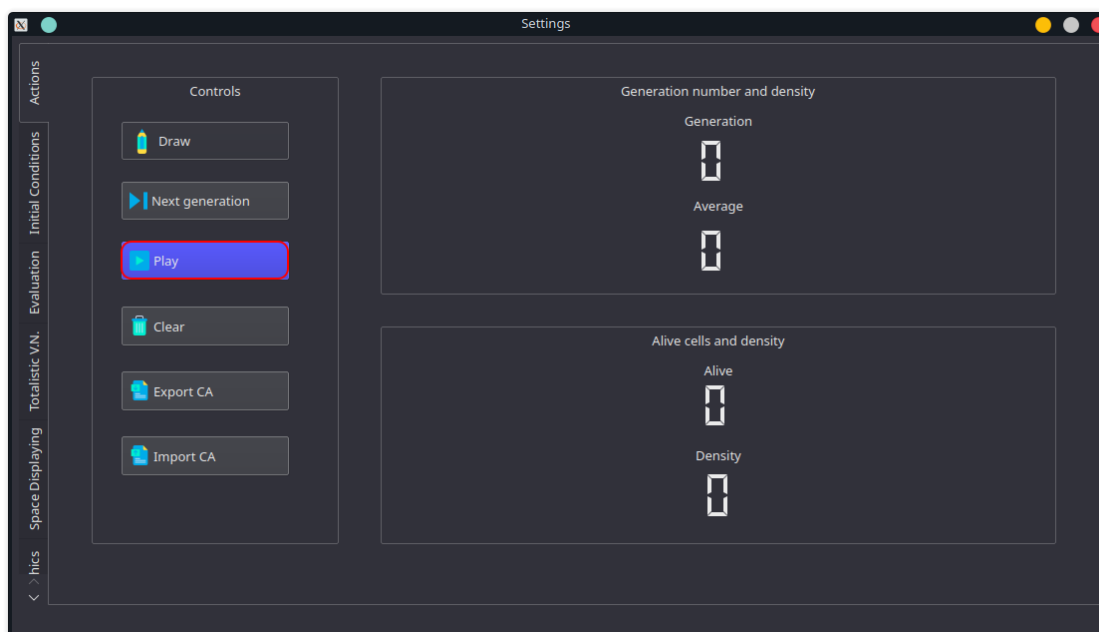


Fig. 2.1.59: IU-CU31 Iniciar simulación

2.1.60. IU-CU32: Detener simulación

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Al presionar **Pause** se detiene el *timer* el cual cada x milisegundos calculará la siguiente generación adicionalmente el botón **Pause** cambia al botón **Play**.

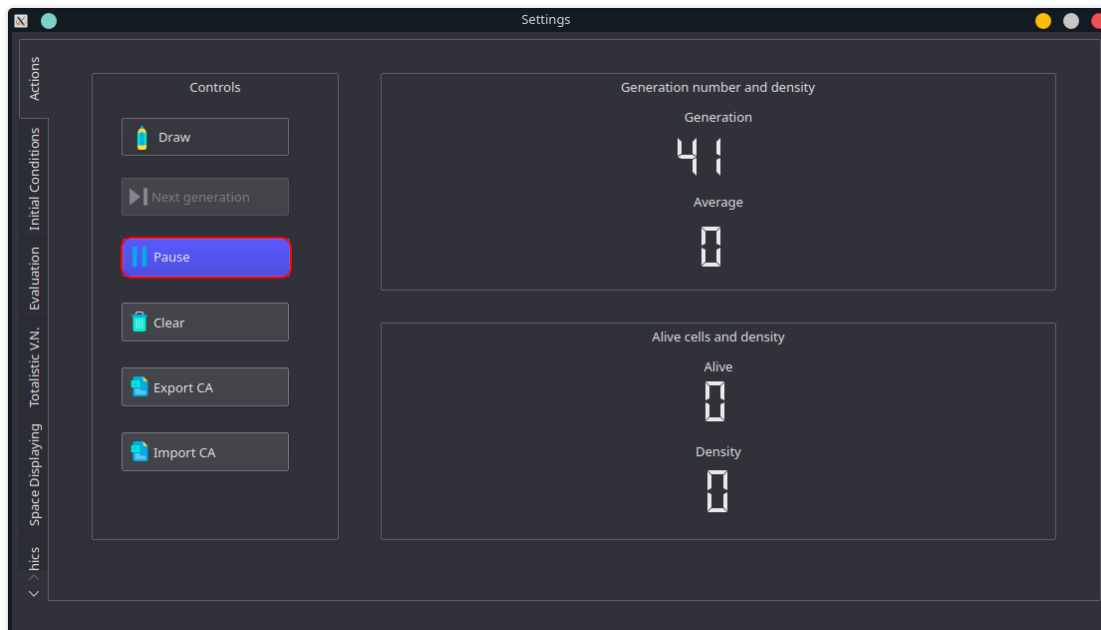


Fig. 2.1.60: IU-CU32 Detener simulación

2.1.61. IU-CU33: Restablecer simulación

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Al presionar **Clear** se detiene el *timer* el cual cada x milisegundos calculará la siguiente generación, cada célula del espacio de evoluciones cambia su valor según IU-CU33.3 Restablecer espacio de evolución del AC, la población actual se iguala con cero, la generación actual se iguala a cero, los puntos acumulados de la gráfica de población y entropía son eliminados según IU-CU33.1 Restablecer gráfica de población y IU-CU33.2 Restablecer gráfica de entropía.

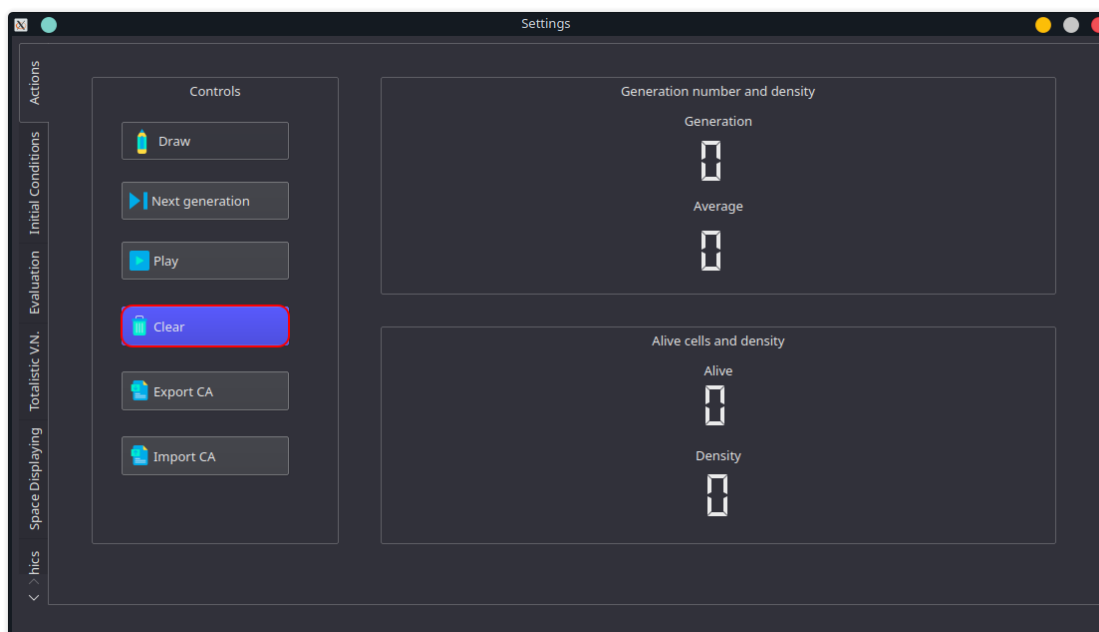


Fig. 2.1.61: IU-CU33 Restablecer simulación

2.1.62. IU-CU33.1: Restablecer gráfica de población

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña Graphics que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Elimina los puntos acumulados en la gráfica de población.

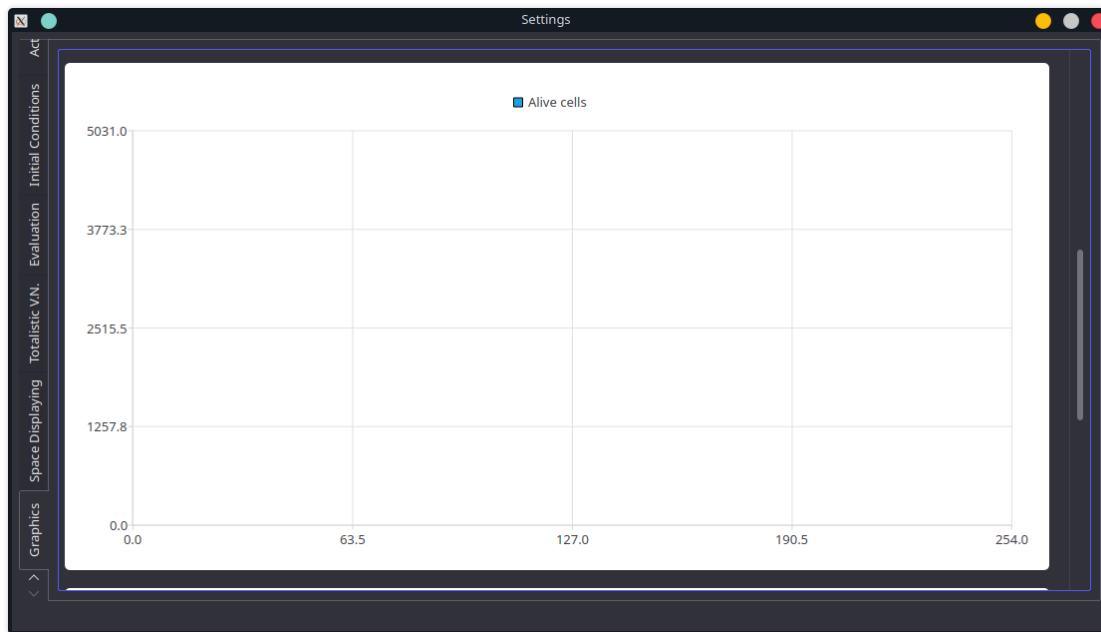


Fig. 2.1.62: IU-CU33.1 Restablecer gráfica de población

2.1.63. IU-CU33.2: Restablecer gráfica de entropía

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña Graphics que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*). Elimina los puntos acumulados en la gráfica de entropía.

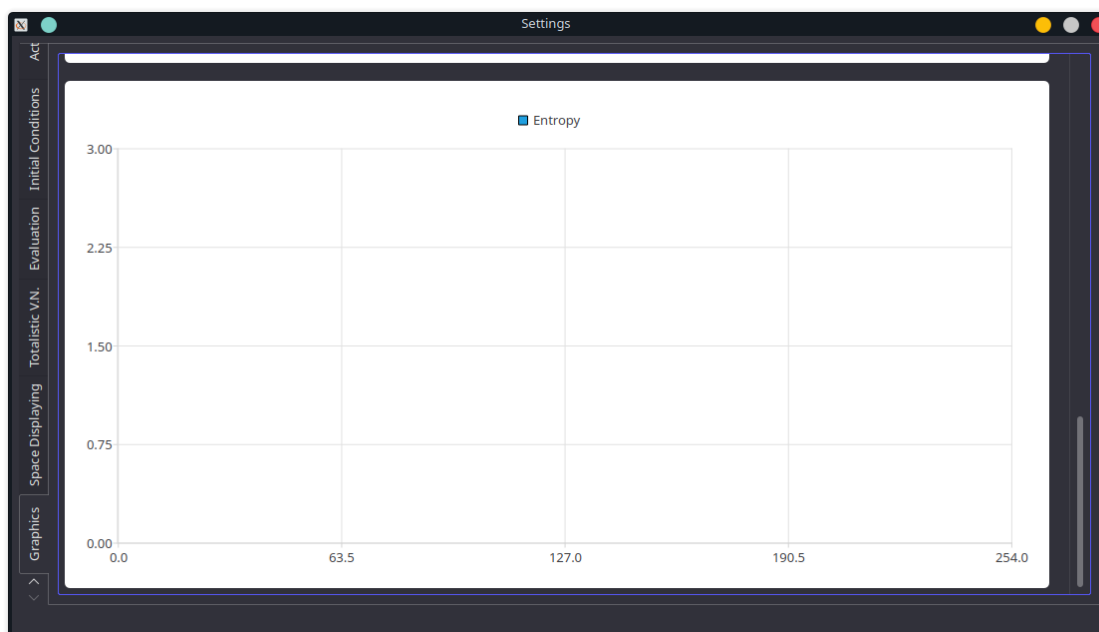


Fig. 2.1.63: IU-CU33.2 Gráfica de entropía

2.1.64. IU-CU33.3: Restablecer espacio de evolución del AC

Descripción: Esta pantalla aparece al hacer click en la pestaña **Actions** que se encuentra de lado izquierdo de la ventana principal (*Settings*) y posteriormente al hacer click en **Draw**. Todas las células $c_{i,j}$ del espacio de evolución son igualadas con 0



Fig. 2.1.64: IU-CU33.3 Espacio de evolución del AC