

Análisis de plagas

Gianpaolo Berarducci, Julián Murcani, Benjamin Boeri

*Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán
San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina*

gianpaoloberarducci@gmail.com, julianmurcani1996@gmail.com, ben9652@gmail.com

Inteligencia Artificial

Resumen— Este documento contiene el desarrollo del Trabajo Final Integrador (TFI) propuesto por la cátedra de Inteligencia Artificial correspondiente al Departamento de Electricidad, Electrónica y Computación (DEEC) de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET) de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT).

Abstract— This document contains the development of the TFI proposed by the Chair of Artificial Intelligence corresponding to DEEC of FACET-UNT.

Palabras Clave— Agentes inteligentes – NetLogo – Plagas – Argentina – Tucumán

I. INTRODUCCIÓN

En el marco de colaboración con la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres y las estrategias implementadas con el fin de enfrentar las plagas de insectos que generan pérdidas en los cultivos en la provincia de Tucumán, deberá realizar un estudio basado en el conteo de insectos, y posterior determinación de las especies encontradas, a fin de poder inferir información que permita la toma de decisiones en la implementación de medidas que minimicen las pérdidas de productividad.

El objetivo principal del estudio es desarrollar un Modelo Basado en Agentes (ABM), en el marco de los Sistemas Multiagentes, que permita determinar la cantidad de insectos y su especie, de una muestra capturada en las plantas y árboles que componen el área de estudio (plantaciones).

Para la toma de muestras se hacen uso de tarjetas de una superficie constante de 20 x 12.5 cms, las cuales contienen una sustancia pegajosa que, en contacto con los insectos, les impide caminar o volar, constituyendo de esta forma una trampa.

Estas tarjetas adhesivas son trampas a base de pegamento que se usan con frecuencia en el control de plagas para atrapar y monitorear insectos y otras plagas. Por lo general, consisten en una capa de pegamento pegajoso montada sobre una pieza de cartón que se dobla en una estructura de tienda de campaña para proteger la superficie adhesiva. Estas trampas desprenden unas feromonas muy potentes, las cuales atraen a diversos insectos como pueden ser moscas blancas, mosquito de suelo, y otros insectos minadores alados

Los campos de la provincia San Miguel de Tucumán reaccionaron de diversas maneras, que fueron desde la detección de plagas nocivas hacia las plantaciones hasta otras pestes menos dañinas contra las plantaciones.

A los fines del presente TFI, nos enfocaremos en analizar un campo ubicado en la provincia de Tucumán, más específicamente en la localidad de Cruz Alta

II. MARCO TEÓRICO

Agentes Inteligentes

Los agentes son sistemas computacionales que habitan en entornos dinámicos complejos, perciben y actúan de forma autónoma en ese entorno, realizando un conjunto de tareas y cumpliendo objetivos para los cuales fueron diseñados.

Características

- Autonomía: capacidad para actuar por cuenta propia.
- Movilidad: capacidad para desplazarse a sistemas remotos, para el acceso a recursos, para llevar a cabo ciertas tareas.
- Inteligencia: incorporación de funciones adaptables al entorno (capacidad de aprendizaje).
- Sociabilidad: capacidad para comunicarse con otros agentes, sistemas o personas
- Reactividad: los sucesos que tienen lugar en el entorno pueden desencadenar una acción

Especificaciones del Entorno de Trabajo: Elementos

Cuando se analiza el entorno de trabajo del agente, es posible observar elementos que se presentan de manera recurrente:

- **R:** Medidas de Rendimiento
- **E:** Entorno
- **A:** Actuadores
- **S:** Sensores

Tipología

- Naturales:
 - Cuerpos biológicos
 - Entorno → Naturaleza
 - Medida de rendimiento: supervivencia, reproducción, etc.
- Artificiales:
 - Hardware (robots)
 - Actúan directamente en el entorno físico
 - Sensores: cámaras, odómetros, etc.
 - Efectores: ruedas, brazos mecánicos, etc.
 - Software (softbots)
 - Entornos virtuales (e.g. Internet)
 - Sensores y efectores: dependientes del dominio

Otra tipificación que podemos encontrar:

- ❖ Agentes Racionales
- ❖ Agentes de Reflejo Simple
- ❖ Agentes Bien Informados
- ❖ Agentes Basados en Metas
- ❖ Agentes Basados en Utilidad
- ❖ Agentes con Capacidad de Aprendizaje

Un **agente racional** es aquel que hace lo correcto, escogiendo acciones posibles a partir de una secuencia de percepciones que tratan de optimizar su medida de rendimiento. En otras palabras, que obtenga un 'buen desempeño', partiendo de la evidencia aportada por la secuencia de percepciones y cualquier otro conocimiento incorporado al agente.

Todos los agentes son movidos por tendencias. Algunas de ellas pueden provenir de su entorno mientras que otras son internas de los agentes. En el primer caso se habla de **agentes reflejos simples** (Simple-Reflex Agent: SRA).

La actualización del estado interno en función del tiempo lleva a incluir dos tipos de conocimiento en el programa del agente: 1) Información relativa a cómo evoluciona el mundo independiente del agente. 2) Información relativa a cómo afectan al mundo las acciones del agente. Estos agentes reciben el nombre de **agentes bien informados o agentes reflejos con estado**.

Muchas veces no basta con el conocimiento del estado del entorno para tomar decisiones. Con frecuencia se encuentran situaciones donde es imprescindible tener en cuenta la meta, entonces se pide que el agente concilie las características de un agente bien informado con los resultados de posibles acciones a encarar, permitiéndole refinar el método de alcanzar una meta (**agente basado en metas**).

Agente basado en utilidad: la utilidad de un agente es una función que cuantifica el grado de satisfacción con un número real, caracterizador del grado de satisfacción del agente. Una especificación de la función de utilidad permite que un agente resuelva problemas encontrados en la solución obtenida, como ocurre en los siguientes casos:

- Cuando la consecución de una meta implica conflictos entre parámetros del sistema.
- Cuando existen simultáneamente varias metas que el agente debe satisfacer.

Agente con capacidad de aprendizaje: hasta el momento se analizaron variantes que no poseían una estructura con capacidad de aprender. Al plantearse esta necesidad se propone un agente que difiere un tanto de la propuesta de Russell-Norvig. En el siguiente esquema nótese la existencia de dos módulos:

- Módulo Ejecutor (ME)
- Módulo Aconsejador (MA)

¿Qué es NetLogo?

Es un entorno de modelado programable para simular fenómenos naturales y sociales. Fue escrito por Uri Wilensky en 1999 y ha estado en continuo desarrollo desde entonces en el Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling (Centro de Aprendizaje Conectado y Modelado Basado en Computadora).

NetLogo es especialmente adecuado para modelar sistemas complejos que se desarrollan con el tiempo. Los modeladores pueden dar instrucciones a cientos o miles de "agentes" que operan independientemente. Esto permite explorar la conexión entre el comportamiento a nivel micro de los individuos y los patrones de nivel macro que surgen (emergen) de su interacción.

III. MARCO TEÓRICO PARTICULAR

A tal fin, es necesario de manera inicial definir las características de las distintas plagas que afectan a los campos de la provincia.

Para comenzar a estudiar el problema, es necesario definir tipos de insectos, estos dependen en gran medida de la zona de la provincia y del tipo de cultivo. En el caso de analizar de un campo de plantaciones de caña de azúcar se puede tener especial presencia de los siguientes.

- Perforador menor
- Gusano cuarteador
- Gusano perforador

Cada una de estas especies produce un distinto porcentaje de daño y de pérdidas de los cultivos.

De las especies anteriores es importante poder hacer un análisis tanto morfológico como etológico.

Perforador menor Este lepidóptero es una oruga de reducido tamaño (1,5-1,8 cm), delgada, de color marrón con bandas transversales claras, de movimientos muy activos cuando se las molesta. Los adultos machos presentan color claro pajizo en las alas anteriores, mientras que las hembras son de color negro. Sus larvas efectúan galerías y perforaciones en los cultivos jóvenes, pudiendo destruir de 3 a 5 plántulas de numerosos cultivos.



Fig 1. Perforador menor

Gusano cuarteador Detalle cabeza y tórax, color café claro con líneas cremas a lo largo del dorso, cabeza café, tercer estadio, posición lateral frontal, mide 39 mm aproximadamente. El ataque se presenta en lotes donde los callejones, trochas, cabeceras de los surcos, fallas del cultivo y otras áreas marginales no cultivadas se encuentran muy enmalezadas. Estos sitios son los focos donde se desarrollan las primeras generaciones que dan origen a las grandes poblaciones de verano capaces de causar un considerable daño económico.



Fig 2. Gusano cuarteador

Gusano perforador Esta especie se encuentra distribuida ampliamente en Argentina. En caña de azúcar fue citada en Tucumán, Jujuy, Salta, Misiones, Santa Fe y Chaco. El hospedero principal es la caña de azúcar. Una hembra adulta puede llegar a medir hasta 39 mm. El principal perjuicio ocasionado por la plaga es la disminución del contenido de azúcar, por la acción de hongos y bacterias que ingresan al tallo por la perforación



Fig 3. Gusano perforador

Las principales ventajas del modelado de plagas son investigar cómo estas plagas afectan a las diferentes plantaciones, cómo desarrollar un insecticida que solo elimine a estas plagas y no dañe los cultivos y también evaluar los impactos de las estrategias de control aplicadas para el control del campo.

Trampas adhesivas

Las trampas pegajosas son una herramienta que se ocupan para atrapar insectos voladores. Las Trampas amarillas se utilizan para realizar un trapeo en un área determinada, el trapeo se define como:

Un procedimiento efectuado en un periodo de tiempo dado para determinar las características de una población de plagas, determinar las especies presentes dentro de un área o como apoyo para el control o eliminación de plagas.

Su objetivo es:

La detección: Determinar si una especie en particular está presente en un área.

La delimitación: Determinar los límites del área considerada como infestada o libre de la plaga.

El control o eliminación: Apoya a controlar o eliminar plagas en el manejo integrado de plagas y enfermedades

El monitoreo: Verificar de manera continua las características de una población plaga, incluidas la fluctuación estacional de la población, la abundancia relativa, la secuencia de huéspedes y otras características.

Todo esto con el fin de prevenir y controlar distintos tipos de insectos que afectan nuestros cultivos.

Suelen ser de colores atraentes como el amarillo o el azul, este color de la trampa funciona como un estímulo foliar con respuesta de alimentación y oviposición.

Están hechas de distintos materiales durables o desechables como cartón o plástico y cubiertas de uno o ambos lados por una capa delgada de una sustancia pegajosa que atrapa al insecto.

Su diseño bidimensional y su mayor superficie de contacto hacen que esta trampa sea más eficiente, en términos de captura de insectos voladores, es fácil de manejar en el campo, por lo que no se necesita mucha mano de obra.

Es importante señalar que, debido a su color amarillo y su diseño abierto, esta trampa tiende a atrapar también otros insectos, algunos de ellos benéficos, además que no son un método de control y eliminación que funcione por si solo, sino que son parte de un manejo integrado de plagas.

Ya que ciertos insectos son atraídos por longitudes de onda relacionadas con los espectros del amarillo y azul. Esta sensibilidad, sumada a una superficie con un adhesivo estable a la radiación UV y al agua aseguran la captura de numerosas plagas para su monitoreo.

Estas son colocadas principalmente en dos momentos cuando exista la presencia de 1 ó más adultos por planta.

Cuando se observan picaduras iniciales en las hojas cotiledonales y verdaderas.

En los programas de supresión/erradicación que se desarrollan en áreas amplias, es necesario desplegar una extensa red de trampas en toda el área sometida a las

medidas de control. La disposición de la red de trapeo dependerá de las características del área.

En las áreas en que existen bloques compactos y continuos de huertos comerciales, y en las áreas urbanas y suburbanas muy pobladas, donde los huéspedes se encuentran en los patios traseros, las trampas se disponen en un sistema tipo cuadrícula, con una distribución uniforme. La separación entre trampa y trampa puede ser desde 2 m, hasta 20-25m, también la separación puede ser de 10 m lineales entre trampa y trampa para los cultivos en surco..

En las áreas con huertos comerciales dispersos, de aldeas rurales poco pobladas con huéspedes frutales en los patios traseros, y en las zonas extensas con plantas hospederas silvestres y comerciales, la disposición de la red de trapeo es normalmente lineal, con un patrón de distribución que sigue los caminos que dan acceso a las plantas hospederas. La separación va de 10-25 m entre trampa y trampa.



Las trampas se colocan en las áreas de alto riesgo, como los puntos de entrada o en áreas con el mayor riesgo de ataque, es decir, cerca de las puertas, cerca de los bordes del invernadero y de las aberturas laterales de ventilación y los lugares donde se almacena la cosecha.

Uno de los factores más importantes de la colocación de la trampa es la selección de un lugar apropiado. Cuando sea posible, las trampas que usan feromonas deben colocarse en las áreas de apareamiento.



Para moscas de la fruta podemos colocarlas en las copas de los árboles donde tengan sombra en el lado donde sopla el viento, también se pueden colocar en plantas o lugares que brindan refugio.

Las trampas deben estar a entre 2 y 4 metros del suelo (según la altura del árbol hospedero) en el medio de la parte alta de la copa del árbol hospedero, y orientadas contra el viento. Las trampas no deben quedar expuestas directamente a la luz del sol, vientos fuertes o al polvo. Es de vital importancia que la entrada de la trampa se mantenga limpia de pequeñas ramas y hojas para permitir una circulación apropiada del aire y un acceso fácil de las moscas de la fruta.



IV. ANÁLISIS Y DESARROLLO

A continuación hablaremos de las consideraciones que utilizamos para analizar y desarrollar nuestra posible solución.

Análisis del entorno

A partir del análisis de imágenes provistas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales de Argentina (CONAE), se pudo determinar que el área cultivada a cosechar durante la zafra del año 2020 era de 276.880 ha. En la figura 1 se puede observar la distribución departamental de las plantaciones.

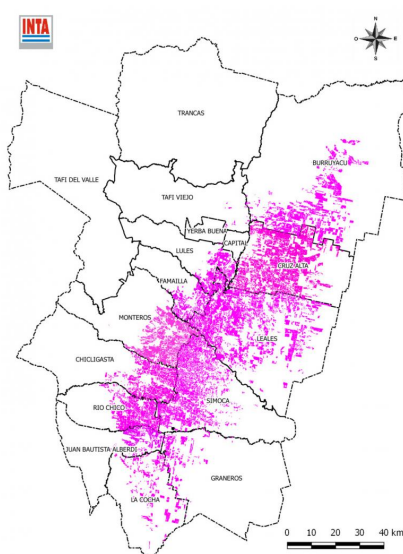


Fig. 1. Cartografía digital de las plantaciones de caña de azúcar, Tucumán (2020)

Específicamente se puede observar la siguiente distribución departamental.

Caña de Azúcar Zafra 2020	
Departamento	Sup. Neta Cosechable (ha).
Leales	54.060
Cruz Alta	50.080
Simoca	40.290
Burruyacu	35.220
Monteros	22.100
Chicligasta	16.970
Río Chico	13.370
La Cocha	10.940
Famaillá	10.640
Lules	8.280
Graneros	7.390
J. B. Alberdi	7.130
Tafi Viejo	250
Yerba Buena	70
Capital	90
Tucumán	276.880

Tabla 1 - Distribución departamental de las plantaciones de caña de azúcar

En base a la información anterior se tiene que durante el año 2020 la producción de caña en la provincia de Tucumán fue del orden de las 15.395.000 tn.

La producción se ve afectada tanto por enfermedades como por plagas. En base a datos históricos se puede calcular que las pérdidas por plagas rondan los 630 gramos de azúcar por tonelada de caña cosechada. Tomando en cuenta los datos del año 2020 podemos estimar que las pérdidas por plagas fueron de 9.8 tn de azúcar.

Desarrollo de una solución

Para poder afrontar este problema en este trabajo se plantea la creación de un agente el cual sea capaz de distinguir las distintas plagas que están azotando en un determinado momento a las plantaciones. De modo de poder actuar en consecuencia.

El uso de agentes bien informados nos permite hacer un análisis del entorno y poder obrar en consecuencia.

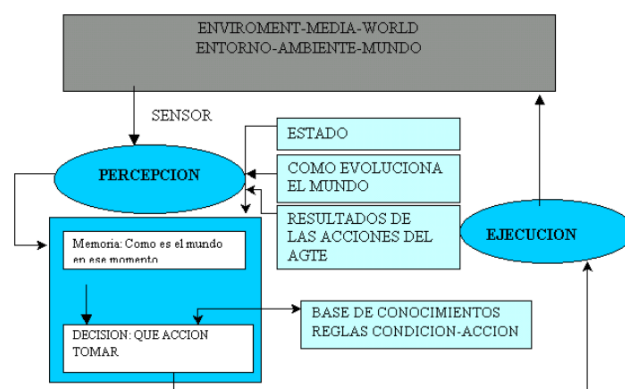


Fig. 1. Agente bien informado

En este caso se plantea una solución que permita la identificación de las plagas. La misma haciendo uso de las mismas trampas para insectos que ya se encuentran montadas en la mayoría de campos de la provincia de Tucumán. Se tomó como objeto de estudio una parcela de cultivo de caña de azúcar ubicada en el departamento de Cruz Alta a 400m de la ruta provincial número 303

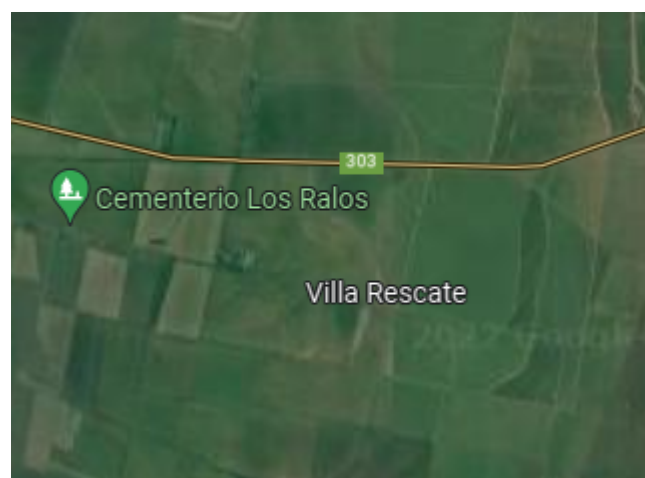


Fig. 1. Campo a estudiar

De la parcela se tomaron fotografías de las trampas para su posterior estudio. Con ellas por medio de simulaciones se busca crear un agente inteligente que sea capaz de capturar una imagen y analizarla pudiendo distinguir de ellas no solo el número si no también el tipo de plaga. Se busca que sea móvil, es decir que una vez haya analizado una trampa tenga la capacidad de moverse a la siguiente y continuar con su tarea.

En el presente trabajo nos centraremos únicamente en el análisis de las fotografías tomadas. Para esto planteamos el siguiente modelo.

En primer lugar las trampas son una cuadrícula amarilla, modelada de color negro (Fig 3) en las cuales los insectos quedan atrapados. Debemos generar un software, en este caso otro agente inteligente que sea capaz de recorrer la imagen y hacer el análisis.

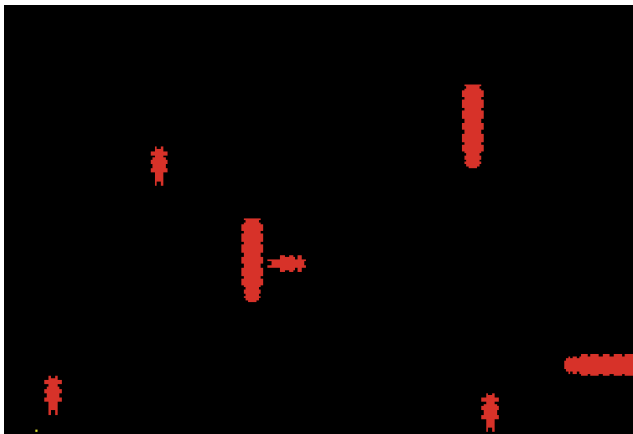


Fig. 3. Modelo trampa

Posteriormente se modelan distintos insectos que pueden posicionarse sobre la trampa. Por simplicidad nos centraremos en las tres plagas más comunes. Las cuales son.

Perforador menor

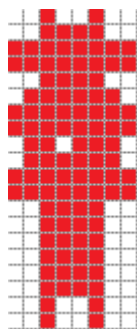


Fig. 4. Modelo perforador menor

Gusano cuarteador

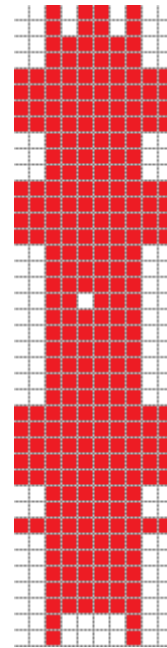


Fig. 5. Modelo gusano cuarteador

Gusano perforador

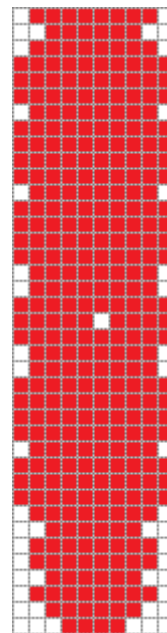


Fig. 6. Modelo gusano perforador

Estos modelos pueden posicionarse sobre la trampa ubicados sobre el eje vertical u horizontal. El punto blanco representa el centro de coordenadas para su futura codificación en el software NetLogo.

Por último se tiene un agente inteligente que se encarga de la búsqueda e identificación de los insectos. Primero realiza un proceso de búsqueda en el cual se mueve libremente por la trampa variando ligeramente su dirección con el tiempo, de modo de evitar colisionar con los bordes de la trampa o viajar siempre en línea recta. Durante este proceso analiza el color del entorno que tiene inmediatamente adelante, si se encuentra con un punto amarillo quiere decir que es un insecto ya analizado así que

seguira su camino. En cambio de encontrar un punto rojo, este se posicionará de manera tangente al punto, sobre alguno de los ejes coordenados y comenzará el proceso de identificación. Este segundo proceso consiste en recorrer el borde del insecto de manera horaria e ir pintando su contorno de color amarillo. A su vez el agente guarda su posición inicial y mide cuál fue la distancia recorrida desde que comenzó el proceso de identificación hasta que regresó a su posición de inicio. De esta forma es capaz de inferir de acuerdo a una aproximación del área contenida en el contorno dibujado, de qué insecto se trata. Por último mantiene un conteo de lo encontrado.

Simulación del agente

La simulación se basará en el siguiente pseudocódigo general:

```
SI encuentra_insecto = FALSE ENTONCES
    avanzar_mientras_se_dan_pequeños_giros
```

```
SI encuentra_insecto = TRUE ENTONCES
    parar
    guiar_direccion
    posicionarf
```

```
MIENTRAS buscando = FALSE ENTONCES
    marcar_borde
    avanzar_sobre_el_insecto
```

Bajando el nivel de abstracción, describiremos con cierto detalle el funcionamiento de varios procedimientos que engloban el comportamiento del agente inteligente, y son los siguientes:

1. Procedimiento de búsqueda: este procedimiento se encarga de hacer que el agente se mueva por el espacio que se le asignó.
2. Reglas para el giro de posicionamiento: cuando el insecto choca con un insecto, este procedimiento se pone en marcha, y hace que el agente inteligente gire en el ángulo adecuado, y se posicione en unas coordenadas enteras, para facilitar el recorrido del insecto.
3. Determinación del sentido del rodeo del insecto: este procedimiento realizará la evaluación de cómo llegó el agente inteligente al insecto, y a partir de esto, se determinará cuál será el recorrido por el insecto: si horario o anti-horario.
4. Consulta de cuadros y marcado: este procedimiento será el encargado de ir marcando el contorno del insecto.
5. Avance del agente alrededor del insecto: este procedimiento se encargará de hacer avanzar al agente por el contorno del insecto.

Pero antes, enumeraremos las variables que definen los sensores y propiedades del agente inteligente.

Las siguientes variables corresponden a estados, reconocimientos, y comportamientos que toma el agente:

- buscando: indicará si el agente está buscando insectos actualmente.
- guiado: indica si el agente ya se guió con el ángulo adecuado para bordear el insecto
- posicionado: indica si el agente está por fin en posición para identificar al insecto
- partes-pintadas-encontradas: al querer pintar el agente un cuadrado ya pintado, aumenta este contador
- partes-pintadas: contador de cuadrados pintados
- sentido-establecido: indica que ya se le asignó un sentido al agente para recorrer el insecto asignado
- sentido-horario: indica que el sentido elegido es el horario; si es falso, el elegido es el anti-horario

Las siguientes variables corresponden al reconocimiento del entorno por parte del agente:

- e-rojo: indica si hay un insecto enfrente
- d-rojo: indica si hay un insecto a su derecha
- i-rojo: indica si hay un insecto a su izquierda
- e-d-rojo: indica si hay un insecto enfrente tirando para su derecha
- e-i-rojo: indica si hay un insecto enfrente tirando para la izquierda
- a-d-rojo: indica si hay un insecto atrás tirando para la derecha
- a-i-rojo: indica si hay un insecto atrás tirando para la izquierda
- e-amarillo: indica si hay un cuadrado de insecto marcado enfrente
- d-amarillo: indica si hay un cuadrado de insecto marcado a su derecha
- i-amarillo: indica si hay un cuadrado de insecto marcado a su izquierda
- e-d-amarillo: indica si hay un cuadrado de insecto marcado enfrente tirando para su derecha
- e-i-amarillo: indica si hay un cuadrado de insecto marcado enfrente tirando para la izquierda
- a-d-amarillo: indica si hay un cuadrado de insecto marcado atrás para la derecha
- a-i-amarillo: indica si hay un cuadrado de insecto marcado atrás para la izquierda
- e-vacio: indica si hay un cuadrado vacío enfrente del agente
- d-vacio: indica si hay un cuadrado vacío a la derecha del agente
- i-vacio: indica si hay un cuadrado vacío a la izquierda del agente
- e-d-vacio: indica si hay un cuadrado vacío enfrente del agente para su derecha
- e-i-vacio: indica si hay un cuadrado vacío enfrente del agente para su izquierda
- a-d-vacio: indica si hay un cuadrado vacío detrás del agente para la derecha
- a-i-vacio: indica si hay un cuadrado vacío detrás del agente para la izquierda

Ahora vamos con los pseudocódigos de los procedimientos:

1. Procedimiento de búsqueda

SI se está buscando un insecto ENTONCES

 girar aleatoriamente a la derecha entre -20 y 160 grados

 SI (e-rojo O e-d-rojo O e-i-rojo) Y NO e-amarillo Y NO e-d-amarillo Y NO e-i-amarillo Y NO i-amarillo Y NO d-amarillo ENTONCES

 insecto encontrado, entonces, detener la búsqueda

 SINO

 SI (e-amarillo O e-d-amarillo O e-i-amarillo) Y NO i-amarillo Y NO d-amarillo ENTONCES

 girar 180°

 avanzar 1

 SINO

 SI NO está guiado

 guiar

 SI NO está posicionado

 posicionar

2. Reglas para el giro de posicionamiento

SI e-rojo Y d-vacio Y i-vacio Y (e-d-vacio O e-i-vacio) ENTONCES

 EJECUTAR choca-de-frente

 guiado = true

SI e-rojo Y d-rojo Y i-vacio Y e-d-vacio Y e-i-vacio ENTONCES

 EJECUTAR

 choca-en-esquina-de-hueco-con-vacio-izquierdo

 guiado = true

SI e-rojo Y i-rojo Y d-vacio Y e-i-vacio Y e-d-vacio ENTONCES

 EJECUTAR

 choca-en-esquina-de-hueco-con-vacio-derecho

 guiado = true

SI e-rojo Y d-rojo Y i-rojo Y e-d-rojo Y e-i-rojo Y a-d-rojo Y a-i-rojo ENTONCES

 EJECUTAR choca-de-frente-en-hueco

 guiado = true

SI e-i-rojo Y e-d-rojo Y a-i-vacio Y a-d-vacio ENTONCES

 EJECUTAR acercamiento-a-hueco

 guiado = true

SI e-i-rojo Y e-d-vacio Y d-vacio ENTONCES

 EJECUTAR choque-oblicuo-derecha-nada

 guiado = true

SI e-d-rojo Y e-i-vacio Y i-vacio ENTONCES

 EJECUTAR choque-oblicuo-izquierda-nada

 guiado = true

SI e-rojo Y d-rojo Y i-rojo Y e-d-rojo Y e-i-rojo Y a-d-vacio Y a-i-vacio ENTONCES

 EJECUTAR choque-agente-se-encierra

 guiado = true

3. Determinación del sentido del rodeo del insecto

SI NO e-rojo

 SI heading = 0 O

 heading = 90 O

 heading = 180 O

 heading = 270 O

 ENTONCES

 SI d-rojo O e-d-rojo ENTONCES

 sentido-horario = true

 SI i-rojo O e-i-rojo ENTONCES

 sentido-horario = false

 SINO

 SI d-rojo Y i-vacio ENTONCES

 sentido-horario = true

 SI i-rojo Y d-vacio ENTONCES

 sentido-horario = false

ENTERO: sentido

 sentido = random(0,1)

 SI sentido = 0 ENTONCES

 sentido-horario = false

 SINO

 sentido-horario = true

sentido-establecido = true

4. Consultas de cuadros y marcado

SI i-rojo ENTONCES

pintar de amarillo izquierda

partes-pintadas++

partes-pintadas-encontradas = 0

SI d-rojo ENTONCES

pintar de amarillo derecha

partes-pintadas++

partes-pintadas-encontradas = 0

SI e-rojo ENTONCES

pintar de amarillo enfrente

partes-pintadas++

partes-pintadas-encontradas = 0

SI i-amarillo ENTONCES

SI partes-pintadas-encontradas <= 10 ENTONCES

partes-pintadas-encontradas++

SINO

SI partes-pintadas >= 46 Y partes-pintadas <= 52

ENTONCES

perforadores-menores-encontrados++

SI partes-pintadas >= 104 Y partes-pintadas <= 110

ENTONCES

gusanos-cuarteadores-encontrados++

SI partes-pintadas >= 86 Y partes-pintadas <= 92

ENTONCES

gusanos-perforadores-encontrados++

girar 90° a la derecha

volver a estado de búsqueda

partes-pintadas-encontradas = 0

partes-pintadas = 0

guiado = false

posicionado = false

SI d-amarillo ENTONCES

SI partes-pintadas-encontradas <= 10 ENTONCES

partes-pintadas-encontradas++

SINO

SI partes-pintadas >= 46 Y partes-pintadas <= 52

ENTONCES

perforadores-menores-encontrados++

SI partes-pintadas >= 104 Y partes-pintadas <= 110

ENTONCES

gusanos-cuarteadores-encontrados++

SI partes-pintadas >= 86 Y partes-pintadas <= 92

ENTONCES

gusanos-perforadores-encontrados++

girar 90° a la izquierda

volver a estado de búsqueda

partes-pintadas-encontradas = 0

partes-pintadas = 0

guiado = false

posicionado = false

5. Avance del agente alrededor del insecto

// Si recorre en sentido anti-horario

// Esto por si el agente se llega a parar en esta situación

SI (e-i-rojo Y i-vacio O a-i-rojo Y i-vacio) Y partes-pintadas = 0 ENTONCES

avanzar 1

SI i-amarillo Y d-vacio Y e-vacio ENTONCES

avanzar 1

SI a-i-amarillo Y i-vacio ENTONCES

girar 90° a la izquierda

avanzar 1

SI e-amarillo Y d-vacio Y (NO a-i-amarillo O NO i-vacio O NO i-rojo-2 ENTONCES

girar 90° a la derecha

avanzar 1

SI e-amarillo Y d-rojo ENTONCES

girar 180°

avanzar 1

girar 90° a la izquierda

avanzar 1

SI e-amarillo Y d-amarillo Y i-amarillo ENTONCES

girar 180°

SI d-amarillo Y i-amarillo Y e-vacio ENTONCES

avanzar 1

// Si recorre en sentido horario

// Esto por si el agente se llega a parar en esta situación

SI (e-i-rojo Y i-vacio O a-i-rojo Y i-vacio) Y partes-pintadas = 0 ENTONCES

avanzar 1

SI d-amarillo Y i-vacio Y e-vacio ENTONCES

avanzar 1

SI a-d-amarillo Y d-vacio ENTONCES

girar 90° a la derecha

avanzar 1

SI e-amarillo Y i-vacio Y (NO a-d-amarillo O NO d-vacio O NO d-rojo-2 ENTONCES

girar 90° a la izquierda

avanzar 1

SI e-amarillo Y i-rojo ENTONCES

girar 180°

avanzar 1

girar 90° a la derecha

avanzar 1

SI e-amarillo Y d-amarillo Y i-amarillo ENTONCES

girar 180°

SI d-amarillo Y i-amarillo Y e-vacio ENTONCES

avanzar 1

El código completo programado en NetLogo se encuentra en los archivos adjuntos, en el archivo llamado *identifiyPlagues.nlogo*.

V. CONCLUSIONES

Luego de la realización del presente Trabajo Final Integrador, podemos llegar a varias conclusiones. Una de ellas es la magnitud del daño que pueden provocar las plagas tanto en las plantaciones de caña de azúcar y en los daños económicos. Esto se pudo ver tanto con los datos y la información analizada en los distintos sitios y medios como con las simulaciones realizadas con NetLogo.

También podemos concluir que Netlogo es una herramienta muy útil para simular los comportamientos de insectos y realizar el estudio pertinente, Mientras mejor se modele, más podemos aproximarnos a la realidad.

REFERENCIAS

- [1] <https://bookdown.org/jamelende/LibroMobaBookDown/qu%C3%A9-es-unmodelo.html#un-primer-ejemplo>
- [2] <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>
- [3] https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmpidentificacin_de_insectos_plagas_en_cultivos_horticol.pdf
- [4] <http://blog.fcagr.unr.edu.ar/new/wp-content/uploads/2014/08/insectos-plaga.pdf>
- [5] https://www.researchgate.net/profile/TomasCabello/publication/272362544_Plagas_de_los_cultivos_Guia_de_identificacion/links/54e6ca750cf2cd2e02907338/Plagas-de-los-cultivos-Guia-de-identificacion.pdf
- [6] <https://www.eeaoc.gob.ar/?articulo=plagas-de-importancia-economica-en-loscanaverales-de-la-provincia-de-tucuman>
- [7] <https://www.eeaoc.gob.ar/?articulo=estimacion-zafra-2020>
- [8] <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-integrado-de-plagas-y-enfermedades-de-la-cania>
- [9] <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-produccion-de-azucar-comienza-en-el-ingenio?idiom=es>
- [10] <https://elaberrural.com/tucuman-implementan-un-sistema-de-monitoreo-de-plagas-en-cultivos-hortícolas/>
- [11] https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmpcontrol_biologico_de_plagas.pdf
- [12] <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/dictionary.html#patch-ahead>