



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

TESIS PROFESIONAL

RED NEURONAL PARA ANÁLISIS DEL SUELO

EN LA ROTACIÓN DE CULTIVOS

EN UN INVERNADERO

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

PRESENTA:

MONTERO CORTES YEIMI YANET

RUIZ RAMÍREZ ALAN EDUARDO

ASESOR:

M.E.T. EVA RAFAEL PÉREZ

COMISIÓN REVISORA:

M.C. MARICELA MORALES HERNÁNDEZ

ING. GERMÁN MALDONADO VELAZCO

M.C. LUIS ALBERTO ALONSO HERNÁNDEZ

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	9
I.MARCO CONTEXTUAL	10
1.2 Nombre del proyecto.....	10
1.3 Giro	10
1.4 Misión.....	10
1.5 Visión.....	10
1.6 Organigrama de la empresa	11
1.7 Croquis	11
1.8 Procesos de la empresa	12
1.9 Área en donde se desarrolla el proyecto.....	15
1.10 Planteamiento del problema	16
1.11 Objetivos	17
1.11.1 Objetivo General.	17
1.11.2 Objetivos Específicos.....	17
1.12 Justificación	17
1.13 Alcances y Limitaciones.....	18
1.13.1 Alcances.	18
1.13.2 Limitaciones.	18
II.MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 Definición y conceptos sobre los cultivos.....	19
2.1.1 ¿Qué es un cultivo?	19
2.1.2 Tipos de cultivos.	19
2.1.3 Factores que influyen en el crecimiento de los cultivos.	20
2.1.4 Monocultivo y rotación de cultivo.....	25
2.2 Invernaderos	29
2.2.1 Tipos de invernaderos.	29
2.3 Inteligencia Artificial	36
2.3.1 Definición de Inteligencia Artificial.	36
2.3.2 Ventajas de la IA.	37
2.3.3 Neurona Biológica.	38
2.3.4 Neurona Artificial.	39
2.3.5 Red Neuronal.....	44

2.3.6 Algoritmo backpropagation.....	45
2.4 Lenguaje de programación.....	50
2.4.1 Java.....	50
2.5 Base de datos.....	50
2.5.1 Gestor de base de datos.....	51
2.5.2 MySQL.....	52
2.6 Sensores.....	53
2.7 Arduino.....	53
III. MARCO METODOLÓGICO.....	57
3.1 Primer prototipo.....	57
3.1.1 Comunicación.....	57
3.1.2 Plan rápido.....	57
3.1.3 Modelado diseño rápido.....	59
3.1.4 Construcción del prototipo.....	61
3.1.5 Despliegue, entrega y retroalimentación.....	62
3.2 Segundo prototipo.....	64
3.2.1 Comunicación.....	64
3.2.2 Plan rápido.....	65
3.2.3 Modelado diseño rápido.....	67
3.2.4 Construcción del prototipo.....	70
3.2.5 Despliegue, entrega y retroalimentación.....	76
3.3 Tercer prototipo.....	81
3.3.1 Comunicación.....	81
3.3.2 Plan rápido.....	81
3.3.3 Modelado diseño rápido.....	90
3.3.4 Construcción del prototipo.....	102
3.3.5 Despliegue, entrega y retroalimentación.....	107
CONCLUSIONES.....	139
BIBLIOGRAFÍA.....	140
GLOSARIO.....	142

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Organigrama de la Agencia Municipal de San Sebastián Atoyacillo.....	11
Ilustración 2 Croquis[Ilustración] Recuperado de https://www.google.com/maps	11
Ilustración 3 Rotación de cultivos por familia. Fuente: propia	28
Ilustración 4 Invernadero tipo túnel.....	30
Ilustración 5 Invernadero tipo capilla.	31
Ilustración 6 Invernadero tipo multicapilla.	33
Ilustración 7 Invernadero tipo parral.	34
Ilustración 8 Invernadero tipo asimétrico.	36
Ilustración 9 Neurona biológica. Fuente: https://www.piensaenbinario.es/inteligencia-artificial-redes-neuronales/neurona/	39
Ilustración 10 Neurona Artificial. Fuente: https://www.ibiblio.org/pub/linux/docs/LuCaS/Presentaciones/200304curso-glisa/redes_neuronales/curso-glisa-redes_neuronales-html/neurona.jpg	40
Ilustración 11 Gráfica función escalón. Fuente: https://tecdigital.tec.ac.cr/revistamatematica/cursos-linea/EcuacionesDiferenciales/EDO-Geo/edo-cap5-geo/laplace/images/Heaviside.gif	41
Ilustración 12 Gráfica función sigmoideal. Fuente: https://ml4a.github.io/ml4a/es/neural_networks/	42
Ilustración 13 Ejemplo Softmax.....	43
Ilustración 14 Gráfica función Tangente Hiperbólica. Fuente: https://ccc.inaoep.mx/~pgomez/cursos/redes%20neuronales%20artificiales/presentaciones/basicos.pdf .	43
Ilustración 15 Estructura de red neuronal. Fuente: IBM Knowledge Center	44
Ilustración 16 Gráfico de minimos locales y globales. Fuente: https://www.fisimat.com.mx/maximos-y-minimos-de-una-funcion/	46
Ilustración 17 Caso de uso primera iteración. Fuente: propia	57
Ilustración 18 Diagrama E-R. Fuente: propia	59
Ilustración 19 Circuito Electrónico. Fuente: propia	60
Ilustración 20 Prototipo invernadero tipo capilla. Fuente propia	60
Ilustración 21 Código realizado en Arduino. Fuente: propia	61
Ilustración 22 Circuito realizado. Fuente propia	62
Ilustración 23 Invernadero construido. Fuente: propia	63
Ilustración 24 Resultado de t y h. Fuente: propia	63
Ilustración 25 Valores obtenidos (Humedad, Temperatura, pH). Fuente: propia	63
Ilustración 26 Caso de uso de obtención de datos. Fuente: propia	65
Ilustración 27 Caso de uso de análisis del suelo. Fuente: propia	66
Ilustración 28 Diagrama de secuencia iteración 2. Fuente: propia	67
Ilustración 29 Diseño de inicio de sesión. Fuente: Sistema ROCI-XS.....	68
Ilustración 30 Interfaz de obtención de mediciones. Fuente: propia	69
Ilustración 31 Interfaz de resultados. Fuente: propia.....	70
Ilustración 32 Código clase Neurona. Fuente: propia	72
Ilustración 33 Interfaz de inicio de sesión. Fuente: propia	76
Ilustración 34 Interfaz de error. Fuente: propia.....	77
Ilustración 35 Obtención de datos (Botón obtener datos). Fuente: propia	78
Ilustración 36 Interfaz con datos obtenidos. Fuente: propia	79

Ilustración 37 Opciones recomendadas por la red neuronal. Fuente: propia	80
Ilustración 38 Caso de uso: Administrador I3. Fuente: propia.....	81
Ilustración 39 Caso de uso agricultor I3. Fuente: propia	84
Ilustración 40 Caso de uso invitado I3. Fuente: propia	88
Ilustración 41 Diagrama de secuencia inicio de sesión. Fuente: propia	90
Ilustración 42 Diagrama de secuencia administrador. Fuente: propia	91
Ilustración 43 Diagrama de secuencia agricultor. Fuente: propia	92
Ilustración 44 Diagrama de secuencia invitado. Fuente: propia.....	93
Ilustración 45 Diagrama E-R. Fuente: propia	93
Ilustración 46 Diseño inicial (Inicio de sesión). Fuente: Sistema ROCI-XS	94
Ilustración 47 Diseño inicial (Menú admin.) Fuente: Sistema ROCI-XS.....	95
Ilustración 48 Diseño inicial (Agregar cultivo). Fuente: Sistema ROCI-XS.....	95
Ilustración 49 Diseño inicial (Agregar riego). Fuente: Sistema ROCI-XS.....	96
Ilustración 50 Diseño inicial (Usuarios). Fuente: Sistema ROCI-XS	96
Ilustración 51 Diseño inicial(Menú agricultor). Fuente: Sistema ROCI-XS	97
Ilustración 52 Diseño inicial(Ver cultivos). Fuente: Sistema ROCI-XS	97
Ilustración 53 Diseño inicial(Registrar cosecha). Fuente: Sistema ROCI-XS.....	98
Ilustración 54 Diseño inicial(Registrar cosecha). Fuente: Sistema ROCI-XS.....	98
Ilustración 55 Diseño inicial(Sistema de riego).Fuente: Sistema ROCI-XS	99
Ilustración 56 Diseño inicial(Realizar bitácora). Fuente: Sistema ROCI-XS	99
Ilustración 57 Diseño inicial(Ver bitácora).Fuente: Sistema ROCI-XS	100
Ilustración 58 Diseño inicial(Historial). Fuente: Sistema ROCI-XS.....	101
Ilustración 59 Diseño inicial(Menú invitado).Fuente: Sistema ROCI-XS.....	101
Ilustración 60 Paquetes (MVC). Fuente: propia.....	102
Ilustración 61 Atributos iteración 3. Fuente: propia.....	102
Ilustración 62 Acción del botón iniciar e invitado. Fuente: propia	103
Ilustración 63 Método de conexión a base de datos remota. Fuente: propia	104
Ilustración 64 Respaldo de cambios. Fuente: propia	104
Ilustración 65 Respaldo en la base de datos remota. Fuente: propia	105
Ilustración 66 Código restauración de base de datos local. Fuente: propia	106
Ilustración 67 Interfaz de recuperación de base de datos. Fuente: propia	107
Ilustración 68 Mensaje de no conexión a internet. Fuente: propia	107
Ilustración 69 Interfaz de base de datos restaurada. Fuente: propia	108
Ilustración 70 Ventana de inicio de sesión con recuperación de contraseña. Fuente: propia	109
Ilustración 71 Recuperación de contraseña. Fuente: propia.....	109
Ilustración 72 Mensaje de aviso (contraseña). Fuente: propia	110
Ilustración 73 Contraseña nueva. Fuente: propia	110
Ilustración 74 Ventana inicio de sesión administrador. Fuente: propia	111
Ilustración 75 Ventana inicio. Fuente: propia	111
Ilustración 76 Ventana cultivos. Fuente: propia.....	112
Ilustración 77 Ver cultivos. Fuente: propia.....	112
Ilustración 78 Agregar un nuevo cultivo. Fuente: propia	113
Ilustración 79 Mensaje de confirmación cultivo (Agregar). Fuente: propia	113
Ilustración 80 Mensaje de operación exitosa. Fuente: propia	113

Ilustración 81 Búsqueda cultivo. Fuente: propia.....	114
Ilustración 82 Mensaje de edición. Fuente: propia.....	114
Ilustración 83 Mensaje de confirmación cultivo (Editar). Fuente: propia	115
Ilustración 84 Opción eliminar cultivo. Fuente: propia	115
Ilustración 85 Ventana riego administrador. Fuente: propia.....	116
Ilustración 86 Agregar nueva información de riego. Fuente: propia	116
Ilustración 87 Mensaje de confirmación riego(Agregar). Fuente: propia.....	117
Ilustración 88 Editar información de riego. Fuente: propia	117
Ilustración 89 Mensaje de confirmación riego (Editar). Fuente: propia	118
Ilustración 90 Mensaje de operación exitosa riego(Editar). Fuente: propia	118
Ilustración 91 Mensaje de confirmación riego (Eliminar). Fuente: propia	118
Ilustración 92 Búsqueda de información de riego. Fuente: propia	119
Ilustración 93 Administración de usuarios. Fuente: propia	120
Ilustración 94 Ver usuarios. Fuente: propia	120
Ilustración 95 Mensaje de confirmación usuarios(Agregar). Fuente: propia	121
Ilustración 96 Operación exitosa usuarios(Agregar). Fuente: propia	121
Ilustración 97 Mensaje de confirmación usuarios (Editar). Fuente: propia	122
Ilustración 98 Operación exitosa usuarios(Editar). Fuente: propia	122
Ilustración 99 Mensaje de confirmación usuarios(Eliminar). Fuente: propia	123
Ilustración 100 Operación exitosa usuarios(Eliminar). Fuente: propia	123
Ilustración 101 Ventana falla de conexión. Fuente: propia.....	124
Ilustración 102 Ventana análisis de datos administrador. Fuente: propia.....	124
Ilustración 103 Mensaje de aviso (Análisis). Fuente: propia	125
Ilustración 104 Ventana análisis de datos administrador. Fuente: propia.....	125
Ilustración 105 Opciones (Análisis del suelo). Fuente: propia	126
Ilustración 106 Ventana red neuronal. Fuente: propia.....	126
Ilustración 107 Ventana de mediciones. Fuente: propia	127
Ilustración 108 Opción salir. Fuente: propia.....	128
Ilustración 109 Inicio de sesión agricultor. Fuente: propia.....	129
Ilustración 110 Venta inicio agricultor. Fuente: propia	129
Ilustración 111 Ventana cultivos (agricultor). Fuente: propia.....	130
Ilustración 112 Ventana siembra (Agricultor). Fuente: propia	130
Ilustración 113 Ventana siembra deshabilitada (Agricultor). Fuente: propia	131
Ilustración 114 Ventana cosecha (Agricultor). Fuente: propia	131
Ilustración 115 Ventana riego (Agricultor). Fuente: propia.....	132
Ilustración 116 Ventana realizar bitácora (Agricultor). Fuente: propia	133
Ilustración 117 Procesos de bitácora(Agricultor). Fuente: propia.....	133
Ilustración 118 Ventana ver bitácora (Agricultor e invitado). Fuente: propia.	134
Ilustración 119 Filtro bitácora. Fuente propia:.....	134
Ilustración 120 Ventana historial (Agricultor e invitado). Fuente: propia	135
Ilustración 121 Ventana de cambio de contraseña. Fuente: propia.....	136
Ilustración 122 Mensaje de confirmación(Cambio de contraseña).Fuente: propia	136
Ilustración 123 Inicio de sesión invitado. Fuente: propia	137
Ilustración 124 Panel de inicio de invitado. Fuente: propia.....	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 PH en suelos	23
Tabla 2 Rangos de pH en cultivos	23
Tabla 3 Caso de uso obtener datos primera iteración.	58
Tabla 4 Caso de uso sensor de temperatura y humedad.	58
Tabla 5 Caso de uso sensor de pH.....	58
Tabla 6 Materiales para el dispositivo de obtención de datos.	59
Tabla 7 Especificaciones del caso de uso uno.....	65
Tabla 8 Especificaciones del caso de uso dos.	66
Tabla 9 Especificaciones del caso de uso tres.....	66
Tabla 10 Especificaciones del caso de uso cuatro.....	67
Tabla 11 Especificaciones del caso de uso: Agregar nuevo cultivo.	82
Tabla 12 Especificaciones del caso de uso: Agregar información de riego.	82
Tabla 13 Especificaciones del caso de uso: Administrar usuarios.	82
Tabla 14 Especificaciones del caso de uso: Análisis de suelo.	83
Tabla 15 Especificaciones del caso de uso: Ver mediciones.	83
Tabla 16 Especificaciones del caso de uso: Cerrar sesión.	83
Tabla 17 Especificaciones del caso de uso: Ver cultivos (Agricultor).	84
Tabla 18 Especificaciones del caso de uso: Agregar siembra (Agricultor).	85
Tabla 19 Especificaciones del caso de uso: Agregar cosecha (Agricultor).	85
Tabla 20 Especificaciones del caso de uso: Mostrar riego (Agricultor).	85
Tabla 21 Especificaciones del caso de uso: Realizar bitácora (Agricultor).	86
Tabla 22 Especificaciones del caso de uso: Ver bitácora.	86
Tabla 23 Especificaciones del caso de uso: Ver historial (Agricultor).	86
Tabla 24 Especificaciones del caso de uso: Realizar cambio de contraseña(Agricultor).	87
Tabla 25 Especificaciones del caso de uso: Análisis del suelo (Agricultor).	87
Tabla 26 Especificaciones del caso de uso: Ver mediciones (Agricultor).	87
Tabla 27 Especificaciones del caso de uso: Cerrar sesión (Agricultor).	88
Tabla 28 Especificaciones del caso de uso: Ver cultivos (Invitado).	88
Tabla 29 Especificaciones del caso de uso: Ver riego (Invitado).	89
Tabla 30 Especificaciones del caso de uso: Ver bitácora (Invitado).	89
Tabla 31 Especificaciones del caso de uso: Ver historial (Invitado).	89
Tabla 32 Especificaciones del caso de uso: Ver mediciones (Invitado).	89

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Porcentaje de error del conjunto de datos iris. Fuente: propia.....	73
Gráfico 2 Porcentaje de error de conjunto de cultivos. Fuente: propia	75

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la tecnología avanza con rapidez mejorando la calidad de vida en varios sectores de la sociedad como lo es la agricultura, un ejemplo de esto es el uso de invernaderos ya que son utilizados para la producción de cultivos gracias a que estos protegen a las plantas del exceso de frío en ciertas épocas del año, además permite el control de la temperatura, la humedad y otros factores ambientales, que se requieren para favorecer el desarrollo de las plantas.

Este proyecto tiene como finalidad utilizar Inteligencia Artificial para realizar una técnica llamada “Rotación de cultivos”, para así mejorar la producción de los cultivos en invernaderos por medio de un análisis de suelo (pH) y del ambiente (humedad y temperatura). Con el análisis, se determinará el cultivo idóneo a sembrar de este modo el riesgo de pérdida de producción se reduciría considerablemente dando como resultado mayor cantidad de ganancias económicas a los productores y mejorar la calidad del suelo.

El presente trabajo está compuesto de tres capítulos, organizados de la siguiente manera:

Capítulo I denominado Marco contextual abarca el planteamiento del problema, objetivos, justificación, alcances y limitaciones del proyecto.

Capítulo II denominado Marco teórico tiene como finalidad mostrar las bases del conocimiento utilizado a lo largo de la elaboración del proyecto tales como: Inteligencia Artificial, Redes Neuronales, Invernaderos, Crecimiento de plantas, Rotación de cultivos, etc.

Capítulo III denominado Marco Metodológico el cual contiene todas las actividades realizadas; creación del dispositivo de adquisición de datos, realización de la red neuronal y entrenamiento de la misma, etc.

I.MARCO CONTEXTUAL

1.2 Nombre del proyecto

Red neuronal para análisis del suelo en la rotación de cultivos en un invernadero.

1.3 Giro

Servicio.

1.4 Misión

Ofertar educación superior tecnológica y posgrado, de calidad a nivel nacional e internacional; para participar en el desarrollo científico y tecnológico de las personas y la comunidad.

1.5 Visión

Para el año 2025 el Tecnológico Nacional de MÉXICO/Instituto Tecnológico de Oaxaca, seremos reconocidos como una institución académica de alto impacto a la sociedad, contribuyendo significativamente al desarrollo de Oaxaca y del Sureste de México, gracias a la aportación de las personas que se forman en nuestra institución mediante planes y programas de licenciatura acreditados a nivel internacional, así como la formación de posgrado con registro en PNPC del CONACyT, como resultado de la aplicación de los sistemas funcionales y amigables que contribuyen a la integración y compromiso de las personas que trabajan en nuestro nombre.

1.6 Organigrama de la empresa

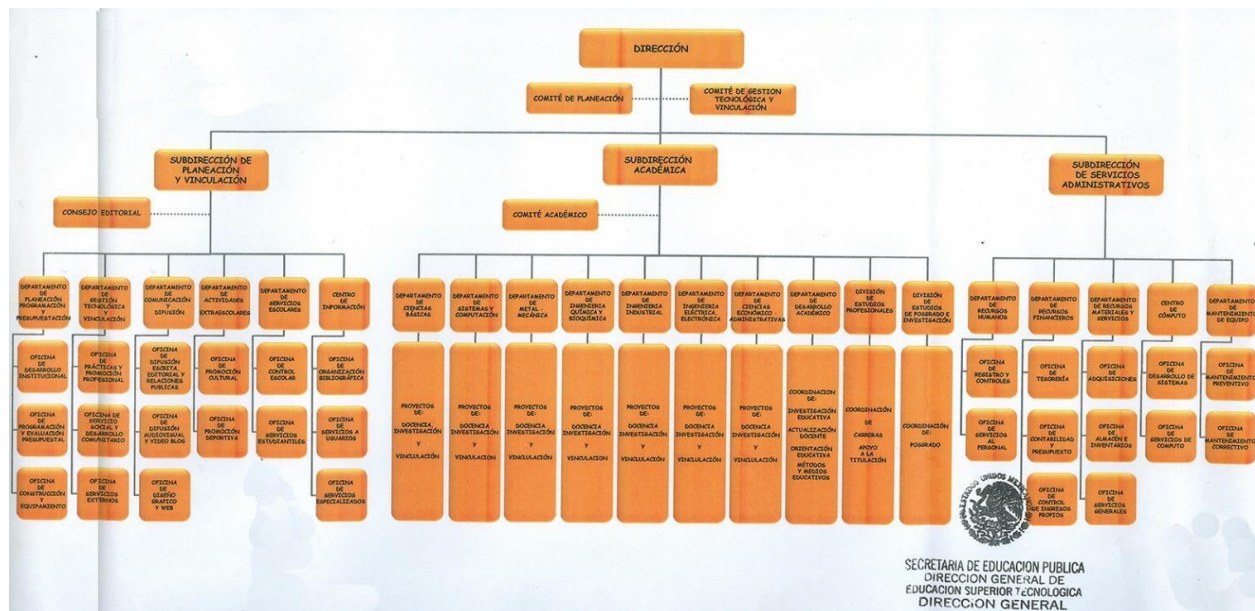


Ilustración 1 Organigrama del TecNM Campus Oaxaca.

1.7 Croquis



Ilustración 2 Croquis[Ilustración] Recuperado de <https://www.google.com/maps/@19.4328359,-99.1332093,15z>

1.8 Procesos de la empresa

Existen diferentes procesos dentro del TecNM campus Oaxaca, como se describen a continuación:

1) Dirección:

- Recibir, analizar y autorizar los planes de actividades anuales presentados por los profesores de grupo.
- Levantar con el apoyo del personal docente el censo anual de población en edad escolar que habita en el ámbito de influencia de la escuela.
- Prever las necesidades anuales de personal y recursos materiales y financieros de la escuela.
- Prever las necesidades anuales de recursos humanos y materiales de la escuela.
- Detectar las necesidades de mantenimiento, conservación, remodelación o ampliación que requiera la escuela a su cargo.
- Detectar las necesidades de mantenimiento, conservación, remodelación, ampliación o sustitución que requiera la escuela a su cargo.
- Elaborar el programa anual de trabajo de la escuela a su cargo con base en el censo escolar, en las necesidades detectadas y en los planes de actividades que le presente el personal docente.
- Presentar el Comité Directivo de la Asociación de Padres de Familia las necesidades de materiales de apoyo didáctico y las relativas a la conservación y mantenimiento de la escuela, a efecto de que participe en su solución.
- Mantener actualizados los datos estadísticos generados por el funcionamiento de la escuela.

- Integrar y remitir la información que requiera la Dirección de Educación Primaria correspondiente para la planeación de la atención a la demanda del servicio Educativo.

-

2) Administración académica:

La gestión académica es un proceso complejo que involucra la entrada de recursos diversos (tangibles e intangibles), un procesamiento de la complejidad más elevada que pueda existir (pues tiene que vérselas con el desarrollo de las capacidades intelectuales y emotivas, que involucra aspectos aptitudinales y actitudinales), y genera salidas bajo la forma de productos de alta complejidad (como: nuevos conocimientos, profesionalidad, habilidades cognoscitivas, investigativas, capacidades de solución en el descubrimiento, formulación, planteamiento y resolución de problemas profesionales, pretendiendo que se minimicen los errores y se maximicen los aciertos en aras de garantizar el continuado progreso de la sociedad humana en equilibrada armonía con la naturaleza a la que pertenece).

El proceso de gestión académica que realizan los departamentos docentes suelen presentar distinta complejidad según las tareas que le correspondan. Una de las distinciones más significativas está asociada al hecho de que tengan la responsabilidad de una carrera o especialidad o el que no tengan como contenido el trabajo en esta dirección. El caso que aquí se estudia es, precisamente, el de una estructura conocida como Departamento-carrera. Ello aporta complejidades adicionales al trabajo académico, tanto en su conducción como en su previsión, orientación, control, medición y evaluación de los resultados.

En el orden de la gestión académica la primera necesidad que se evidencia es la de un enfoque integrador de la diversidad y complejidad de este tipo de actividad, lo que requiere de un sistema de administración que se adecue a esta exigencia objetiva del proceso que se conducirá. La

dirección del departamento docente en la educación superior, en tanto administración de la actividad académica, exige que sea considerada en toda su compleja multilateralidad. Ella no está presente en la estructura jerárquica tradicional con que se ha enfocado la administración de la actividad académica, y el sistema de normativas que rigen este trabajo actualmente no lo contemplan de este modo.

3) Gestión logística:

Son todas aquellas acciones o conocimientos que posee una empresa para captar, acceder o hacer uso de los recursos necesarios que hacen posible el desarrollo de su actividad empresarial.

Sus objetivos principales son:

- Aumentar la competitividad de la escuela. El empleo adecuado de los recursos hace a las escuelas más eficaces internamente y externamente, pues se eliminan los obstáculos en la cadena productiva y, por efecto, se obtienen mejores resultados.
- Disminuir costos. La gestión logística da una idea de los recursos con los que se cuenta y ayuda a planificar mejor su uso. Lo contrario sería usarlos sin ninguna previsión e incurriendo en nuevos gastos.
- Mejorar los niveles de calidad. No cabe duda que el aporte interno de la gestión logística es notorio. Sin embargo, este debe traducirse en algo muy concreto: una mayor calidad del servicio o contenido con el que se compita.
- Velar por la eficacia de los procesos. Se busca la eficacia en cada una de las áreas productivas de la escuela. Es un buen recurso contra la duplicidad de tareas, el mal uso de

recursos, la burocracia y las denominadas zonas vacías de producción o lagunas productivas.

4) Mejoramiento continuo del Sistema de Gestión de la Calidad:

El mejoramiento continuo es el conjunto de todas las acciones diarias que permiten que los procesos y la escuela sea más competitiva. La mejora continua debe formar parte de la cultura de la escuela, convirtiéndose en una filosofía de vida y trabajo. Esto incidirá directamente en la velocidad del cambio.

1.9 Área en donde se desarrolla el proyecto

Subdirección de Planeación y Vinculación.

1.10 Planteamiento del problema

En la actualidad los invernaderos son utilizados para la producción de cultivos gracias a que estos protegen a las plantas del exceso de frío en ciertas épocas del año esto debido que aprovecha el efecto producido por la radiación solar que, al atravesar un vidrio u otro material traslúcido calienta los objetos que hay adentro; estos, a su vez, emiten radiación infrarroja, con una longitud de onda mayor que la solar, por lo cual no pueden atravesar los vidrios a su regreso quedando atrapados y produciendo el calentamiento, además permite el control de la temperatura, la humedad y otros factores ambientales, que se utiliza para favorecer el desarrollo de las plantas.

La problemática se da cuando se práctica el monocultivo dentro de los invernaderos ya que esto tiene ciertas desventajas como: el suelo sufre un desgaste de los nutrientes, tendencia hacia la erosión, sequía, puede haber una rápida dispersión de plagas y enfermedades, en algunos casos se puede controlar, pero sigue existiendo un mayor riesgo de su resurgimiento e inclusive que generen resistencia a productos fitosanitarios(plaguicidas).

Este problema afecta tanto al suelo como a los productores agrícolas ya que en el caso de grandes pérdidas de siembra los productores carecen de productos para vender y esto conlleva a un déficit económico.

1.11 Objetivos

1.11.1 Objetivo General.

Desarrollar una red neuronal para análisis del suelo en la rotación de cultivos en un invernadero.

1.11.2 Objetivos Específicos.

- Aplicar el modelo de desarrollo a utilizar
- Analizar y comprender las características propias de cada cultivo
- Obtener indicadores de las características del suelo (ph)
- Seleccionar el tipo de sensor y/o los dispositivos de entrada y salida que se adecuen a las necesidades
- Desarrollar una interfaz para el enlace de la red neuronal con el sistema experto para la rotación de cultivos

1.12 Justificación

La solución a la problemática planteada es la rotación de cultivos ya que esta técnica alterna los tipos de plantas que se cultivan en un mismo lugar con la intención de no desarrollar enfermedades que afectan a una familia específica de cultivos y evitar que el suelo se agote.

La red neuronal de análisis del suelo para un invernadero será desarrollada con la finalidad de brindar alternativas sobre el tipo de cultivo a sembrar por medio de la rotación de cultivos.

Con el análisis del cultivo idóneo a sembrar el riesgo de pérdida de producción se reduciría considerablemente dando como resultado mayor cantidad de ganancias económicas a los productores.

Al productor se le asegura de esta manera que su cosecha obtendrá la mejor producción según la experiencia y conocimiento de la red neuronal, además de optimizar el uso del suelo y disminuirá la incidencia de plagas y enfermedades, al interrumpir sus ciclos de vida.

1.13 Alcances y Limitaciones

1.13.1 Alcances.

- El proyecto contará con un módulo de obtención de datos (temperatura y humedad)
- Historial en el que se registran manualmente los últimos cultivos.
- Red neuronal encargada de mostrar alternativas viables de cultivo de acuerdo a los datos recolectados.
- Dirigido a productores de invernaderos.

1.13.2 Limitaciones.

- Depende de la energía eléctrica
- La precisión de la temperatura dependerá de las características de los sensores utilizados
- La capacidad de generalización que se consiga al entrenar la red neuronal depende directamente de la calidad de los datos obtenidos.

II.MARCO TEÓRICO

2.1 Definición y conceptos sobre los cultivos

2.1.1 ¿Qué es un cultivo?

El cultivo es la práctica de sembrar semillas en la tierra y realizar las labores necesarias para obtener frutos de las mismas.

Un cultivo es una planta o producto vegetal que se puede cultivar y cosechar con fines de lucro o de subsistencia. Por uso, los cultivos se dividen en seis categorías: cultivos alimentarios, cultivos forrajeros, cultivos fibrosos, cultivos oleaginosos, cultivos ornamentales y cultivos industriales. (Geographic, 2011).

2.1.2 Tipos de cultivos.

- **Cultivos Alimentarios:** Los cultivos alimentarios fueron los primeros cultivos que se cosecharon a través de la agricultura. El desarrollo agrícola y el crecimiento de las civilizaciones condujeron a la diversidad de otros tipos de cultivos además los cultivos alimentarios, como las frutas y hortalizas, se cosechan para consumo humano. Los granos, como el maíz, el trigo y el arroz, son los cultivos alimenticios más populares del mundo.
- **Cultivos forrajeros:** Los cultivos forrajeros, como la avena y la alfalfa, se cosechan para el consumo del ganado. Estos cultivos contienen nutrientes que los animales necesitan para desarrollarse. Se cultivan en campos agrícolas, pero también se pueden encontrar en prados y pastos naturales.
- **Cultivos fibrosos:** Los cultivos de fibra, como el algodón y el cáñamo, se cosechan para productos textiles y de papel. Los textiles, o telas, están hechos de fibras secas y procesadas

de ciertas plantas. La mayoría de las fibras utilizadas para hacer textiles se toman del tallo o raíces de plantas como el lino.

- **Cultivos oleaginosos:** Los cultivos oleaginosos se cosechan para su uso en la cocina, como el aceite de oliva y el aceite de maíz, también se cosechan para uso industrial, como pinturas al óleo, jabones y lubricación para maquinaria.
- **Cultivos ornamentales:** Se cosechan para la jardinería paisajística. Los cultivos ornamentales se cultivan con mayor frecuencia en viveros, donde se compran para entornos residenciales o comerciales.
- **Cultivos industriales:** Dos ejemplos de cultivos industriales son el caucho y el tabaco, estos se cosechan para el uso de sus productos en fábricas o máquinas, además incluyen todos los cultivos utilizados en la producción de bienes industriales, como fibra y productos de combustible.

2.1.3 Factores que influyen en el crecimiento de los cultivos.

Es necesario conocer las condiciones que favorecen o limitan el desarrollo vegetal, de forma que proporcionemos a las plantas las condiciones óptimas para su crecimiento y producción. (Fernández Fernández, y otros, 2014).

Las exigencias básicas para el desarrollo vegetal, independientemente del sistema de cultivo, son las siguientes:

Agua (H₂O)

El grado de humedad del ambiente condicionará en buena medida la transpiración de la planta y, por tanto, el consumo de agua. La transpiración además es un proceso que está estrechamente relacionado con la fotosíntesis y ambos pueden ser limitados si la planta no dispone de abastecimiento suficiente de agua a través de las raíces. (Fernández Fernández, y otros, 2014).

El agua es el factor más importante ligado a la nutrición de los cultivos.

La demanda de agua por la planta y su absorción a través de las raíces hace que se produzca un movimiento continuo de ella entre dichas raíces y las zonas del suelo más cercanas, movimiento que permite, al mismo tiempo, el desplazamiento de los elementos nutritivos que se encuentran en el suelo.

Luz (energía).

Las plantas necesitan de la luz para realizar la fotosíntesis, el proceso a través del cual obtienen su alimento. Las necesidades varían según cada especie: existen plantas que necesitan mucha cantidad de luz, mientras que otras se arreglan con muy poca. (Ramón López , 2017).

Humedad

El grado de humedad del ambiente condicionará en buena medida la transpiración de la planta y, por tanto, el consumo de agua. Un nivel adecuado de humedad ambiental permite se lleve a cabo la fotosíntesis en las plantas. También permite que las plantas no evaporen y transpiren tanta agua a través de sus **estomas**, lo que a su vez hace que la planta pierda menos agua, y no sean tan dependientes del riego.

Temperatura

Se trata de un factor de crecimiento de primera magnitud, y en consecuencia es uno de los factores limitantes de mayor importancia en el desarrollo práctico de los cultivos puesto que influye en todos los procesos básicos que realizan las plantas (germinación, floración, etc.). Cada fase del ciclo vegetativo de una especie requiere un régimen de temperaturas específicas, con diferenciación de las temperaturas nocturnas y diurnas.

Mantener una temperatura equilibrada en los cultivos es primordial para favorecer al correcto desarrollo de la planta, pues influye en su crecimiento y productividad en la cosecha, a la hora de cultivar es importante conocer cuáles son las condiciones de temperatura necesarias para cada planta, pues varían dependiendo de la especie.

Suelo

El suelo es la capa superior de la tierra en donde se desarrollan las raíces de las plantas, esta capa es un gran depósito de agua y alimentos del que las plantas toman las cantidades necesarias para crecer y producir cosechas.

Un buen suelo es esencial para una buena cosecha. El suelo debe tener todos los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, y una estructura que las mantenga firmes y derechas. La estructura del suelo debe asegurar suficiente aire y agua para las raíces de la planta, pero debe evitar el exceso de agua mediante un buen drenaje.

Una de las características principales del suelo es el pH siendo esta una medida que muestra la acidez o alcalinidad del mismo, este afecta la absorción de nutrientes de las plantas.

El pH puede variar desde 0 a 14 y de acuerdo con esta escala los suelos se clasifican en:

Tabla 1 *PH en suelos*

Tipo de suelo	PH
Suelo ácido	Inferior a 6.5
Suelo neutro	6.6 – 7.5
Suelo básico	Superior a 7.5

Fuente: <http://www.agropal.com/es/el-ph-del-suelo/>

Cada cultivo requiere que el suelo contenga diferentes rangos de pH, a continuación, se muestra los rangos óptimos de crecimiento para ciertos cultivos.

Tabla 2 *Rangos de pH en cultivos*

Cultivo	pH Mínimo	pH Máximo
Acelga	6	6.5
Ajo	5.5	8
Alcachofa	6	7.5
Anís	5	6.5
Apio	5.8	7
Berenjena	5.5	6.5
Brócoli	6	7
Cacahuete	5.5	6.5
Calabacín	6	7
Calabaza	5	7.5

Cebolla	6	7
Chayote	6	7
Chícharo	6	7.5
Chile habanero	6	6.8
Cilantro	6.5	7.5
Col	6	7.5
Col de Bruselas	6	7.5
Coliflor	6	7
Esparrago	6	8
Espinaca	6	7.5
Frijol	6	7
Garbanzo	6	9
Haba	6	7
Lechuga	6	7
Lenteja	5	7
Melón	5.9	8.0
Nabo	5.5	6.5
Papa	5	5.4
Pepino	5.5	7
Perejil	6.5	8
Pimiento	6.3	7.8
Puerro	6	6.8
Rábano	5.5	6.5
Betabel	6	7
Sandía	5	6.5
Soya	6.1	7.2
Tomate	5.5	6.8
Tomate verde	6.6	7.3
Zanahoria	5.8	7

2.1.4 Monocultivo y rotación de cultivo.

Durante los inicios de la agricultura se ha usado una técnica llamada monocultivo la cual consiste en utilizar el terreno sembrando un tipo de cultivo durante varios años, esto dio resultados negativos al suelo ya que perdía los nutrientes y no generaba cosechas óptimas para esto se comenzó a introducir el concepto rotación de cultivos. A continuación, se muestra la definición de cada una de las técnicas.

2.1.4.1 Monocultivo.

El monocultivo se refiere a plantaciones de gran extensión de un solo cultivo manteniendo los mismos cuidados y métodos de cultivo (control de plagas, etc.). Esto conlleva a ciertas desventajas como son:

- El suelo sufre un desgaste de los nutrientes.
- Tendencia hacia la erosión.
- Sequía.
- Rápida dispersión de plagas y enfermedades.
- Resistencia a productos fitosanitarios.

2.1.4.2 Rotación de cultivos.

La rotación de cultivos es la práctica de plantar diferentes cultivos secuencialmente en la misma extensión de terreno para mejorar la salud del suelo, optimizar los nutrientes y combatir las plagas y malezas.

Las diferentes plantas tienen diferentes necesidades nutricionales y son susceptibles a diferentes patógenos y plagas.

Si un agricultor siembra exactamente el mismo cultivo en el mismo lugar cada año, continuamente extrae los mismos nutrientes del suelo. Las plagas y enfermedades se convierten en un hogar permanente ya que su fuente de alimento está garantizada. (Rodale Institute, 2019).

Una de las ventajas de la rotación de cultivos es la cantidad mínima de fertilizante. Al emplear menos cantidad se evita esfuerzos y menos dinero en la producción de cultivos. También se obtiene salud para los seres que lo consumen, ya que las plantas están mejor nutridas y son más equilibradas al tener menos deficiencias en nutrientes. Las plantas crecen más fuertes y producen más. Además, de forma natural, ganan mayor resistencia a las plagas y enfermedades y ello conlleva a no utilizar ni plaguicidas ni herbicidas.

2.1.4.2.1 Reglas de rotación de cultivos por familias.

1. No repetir cultivos de la misma especie o misma familia: Los cultivos de la misma especie o familia van a consumir el mismo tipo de nutrientes y aquellos que se encuentren en la misma profundidad del suelo, ya que sus raíces alcanzarán el mismo rango de suelo al ser de longitudes similares. Además, al repetir un cultivo consecutivamente se favorece la instalación de plagas específicas ya que existe alimento y refugio perpetuo.

2. Iniciar el primer cultivo con **solanáceas**, una familia exigente ya que requiere gran cantidad de nutrientes, especialmente nitrógeno (N). Para ello, si no se dispone de un buen suelo rico en materia orgánica, conviene añadírsela, abonando antes de la siembra.
3. Una vez hemos finalizado con las solanáceas, se sugiere plantar leguminosas o **crucíferas**. Las dos familias son consideradas como mejoradoras. Esto se debe principalmente a sus características en relación al suelo. Las leguminosas, mantienen una simbiosis en el suelo con microorganismos del género *Rhizobium*, que son fijadores del Nitrógeno atmosférico y lo incorporan al suelo. Por su parte, las crucíferas, son plantas que mejoran la estructura del suelo por su raíz pivotante y, además, reincorporan el azufre (S) al suelo.
4. Se plantan cultivos de exigencia media, como pueden ser las compuestas, las **quenopodiáceas** o las **cucurbitáceas**.
5. Finalmente, encontramos las **umbelíferas** y las **liliáceas**, ambos cultivos poco exigentes a nivel nutricional y que dejan el suelo preparado para abonar nuevamente (si fuera necesario) y volver a empezar el ciclo de rotación.

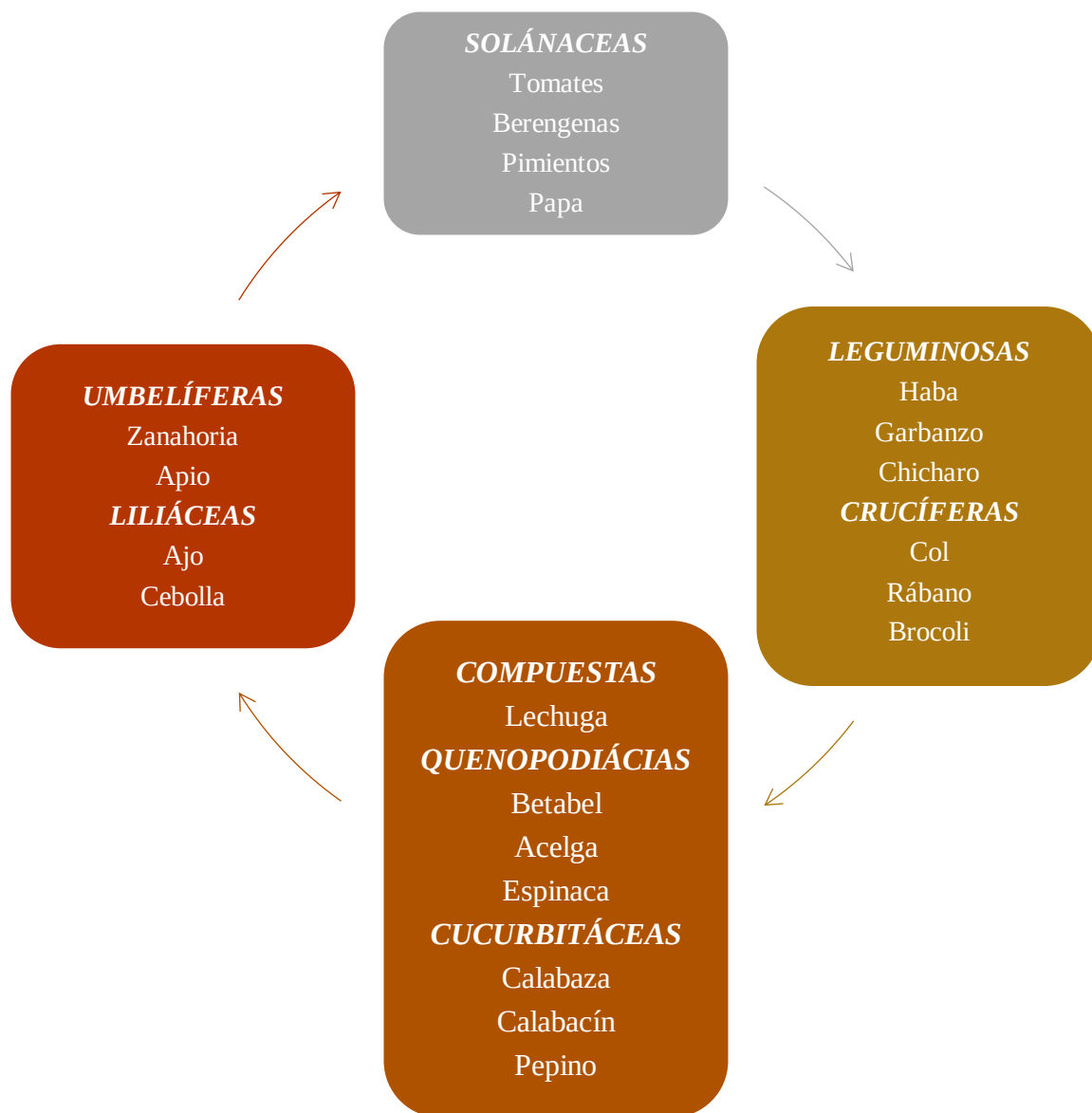


Ilustración 3 Rotación de cultivos por familia. Fuente: propia

2.2 Invernaderos

Invernadero es toda aquella estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas en condiciones óptimas y fuera de temporada. Es el sistema más simple y económico, para captar energía solar en favor de los cultivos. (Ing. Agr. MSc. Miserendino & Ing. Agr. Astorquizaga, 2014).

2.2.1 Tipos de invernaderos.

A. Invernadero-túnel.

Este tipo de invernadero está compuesto por una serie de arcos paralelos que parten desde el suelo y se unen entre sí mediante perfiles cilíndricos longitudinales, perfiles que sirven para dar rigidez a la estructura y fijar el recubrimiento (plástico o mallas). Normalmente, estos invernaderos carecen de paredes rectas, fijándose los arcos directamente al suelo, siendo posible instalarles ventilación natural laterales.

Ventajas

- Alta resistencia a los vientos y de fácil instalación.
- Tiene un alto grado de paso de luz solar.
- Apto tanto para materiales de cobertura flexible como rígidos.

Desventajas

- Solamente recomendado para cultivos de bajo a mediano porte (lechuga, flores, frutas, etc).
- No aprovecha el agua de la lluvia.

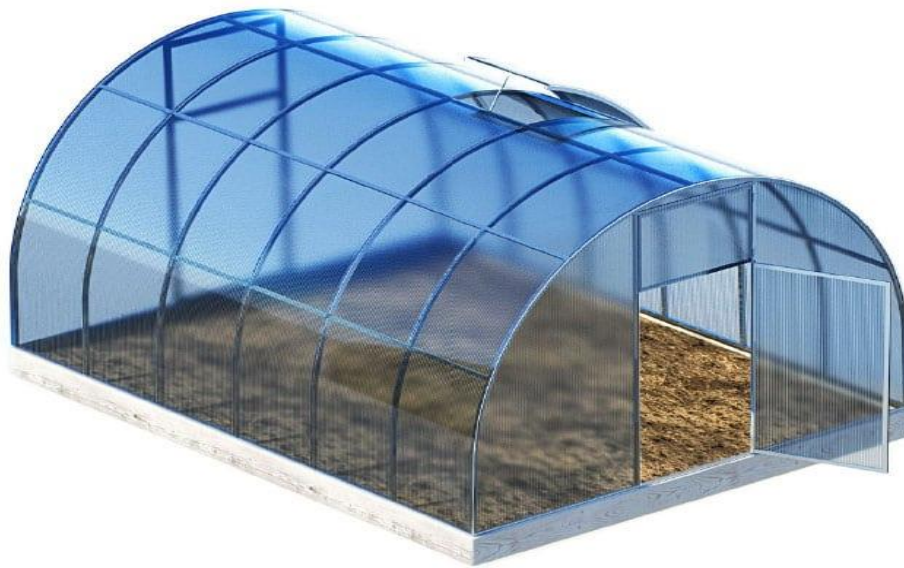


Ilustración 4 Invernadero tipo túnel.

Fuente: <https://www.horticultivos.com/featured/principales-tipos-invernaderos/>

B. Invernadero capilla.

Los invernaderos de capilla simple tienen el techo formando uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas. Posee características aerodinámicas en la construcción que permiten la entrada, flujo y salida de aire en el invernadero.

La anchura que suele darse a estos invernaderos es de 12 a 16 metros. La altura en **cumbrera** está comprendida entre 3.25 y 4 metros. Si la inclinación de los planos del techo es mayor a 25° no ofrecen inconvenientes en la evacuación del agua de lluvia.

Ventajas

- Es de fácil construcción y de fácil conservación.
- Es muy aceptable para la colocación de todo tipo de plástico en la cubierta.

- La ventilación vertical en paredes es muy fácil y se puede hacer de grandes superficies, con mecanización sencilla. También resulta fácil la instalación de ventanas cenitales.
- Tiene grandes facilidades para evacuar el agua de lluvia.

Desventajas

- Problemas de ventilación con invernaderos en baterías.
- Elementos de soportes internos que dificultan los desplazamientos y el emplazamiento de cultivo.



Ilustración 5 Invernadero tipo capilla.

Fuente: <https://www.horticultivos.com/featured/principales-tipos-invernaderos/>

C. Invernadero doble capilla.

El invernadero doble capilla o multicapilla se caracteriza por la forma de su cubierta formada por arcos curvos semicirculares y por su estructura totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero está pensado para climas templados y fríos, aunque con las modificaciones adecuadas se pueden adaptar a casi todo tipo de condiciones climáticas, como puede ser el reforzado de su estructura para climas más fríos, donde las cargas por nieve o granizo pueden ser un problema.

Tienen gran resistencia a fuertes vientos y permite una rápida instalación al ser estructuras prefabricadas. Su ventilación es mejor que en otros tipos de invernadero, debido a la ventilación cenital y vertical en las paredes frontales y laterales. La construcción de este tipo de invernadero es más difícil y cara que el tipo de invernadero capilla simple a dos aguas.

Ventajas

- Pocos obstáculos en su estructura.
- Buena ventilación.
- Buena estanqueidad a la lluvia y al aire.
- Permite la instalación de ventilación cenital, así como ventilación perimetral.
- Buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero.
- Fácil instalación.



Ilustración 6 Invernadero tipo multicapilla.

Fuente: <https://www.horticultivos.com/featured/principales-tipos-invernaderos/>

D. Invernadero tipo parral.

Este tipo de invernadero se utiliza en zonas poco lluviosas, aunque no es aconsejable su construcción. La estructura de estos invernaderos se encuentra constituida por dos partes claramente diferenciadas, una estructura vertical y otra horizontal. La estructura vertical está constituida por soportes rígidos que se pueden diferenciar según sean perimetrales (soportes de cerco situados en las bandas y los esquineros) o interiores. Tanto los apoyos exteriores como

interiores pueden ser rollizos de pino o eucalipto y tubos de acero galvanizado. La estructura horizontal está constituida por dos mallas de alambre galvanizado superpuestas, implantadas manualmente de forma simultánea a la construcción del invernadero. Los invernaderos planos tienen una altura de cubierta que varía entre 2.15 y 3.5 mts., y la altura de las bandas oscila entre 2 y 2.7 mts.

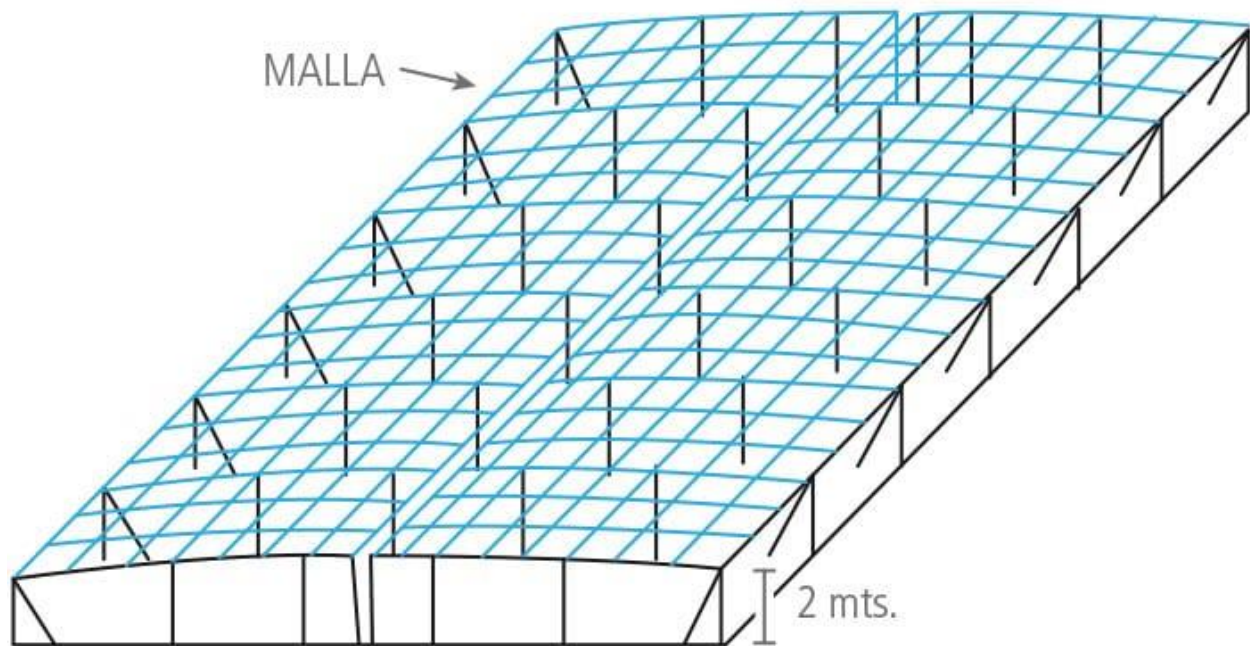


Ilustración 7 Invernadero tipo parral.

Fuente: <https://www.horticultivos.com/featured/principales-tipos-invernaderos/>

E. Invernadero asimétrico.

Su geometría es asimétrica porque, a diferencia de los invernaderos tipo capilla y góticos, uno de los lados de la cubierta está más inclinado que el otro. La inclinación de la cubierta se estudia

en función de la incidencia perpendicular sobre la misma de la luz al medio día solar, durante el invierno, con el objetivo de aprovechar al máximo la radiación solar incidente.

Está diseñado para el desarrollo de todo tipo de cultivos en clima tropical, con temperaturas cálidas y alta humedad. Proporciona una eficaz ventilación cenital, siendo esta normalmente fija. Las ventanas cenitales suelen orientarse para proteger al cultivo de los vientos fuertes típicos de las regiones tropicales.

La ventilación de este invernadero suele ser fija y es resuelta a través de las aperturas localizadas en el centro de cada uno de los arcos estructurales que corren a lo largo de todo el techo. Las aperturas permiten ventilación natural y la salida de aire caliente.

Ventajas

- Buen aprovechamiento de la luz en la época invernal.
- Elevada inercia térmica debido a su gran volumen unitario.
- Buena estanqueidad a la lluvia y al aire (no acceden al interior).
- Buena ventilación debido a su elevada altura.
- Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento.

Inconvenientes

- No aprovecha el agua de lluvia.
- Se dificulta el cambio del plástico de la cubierta.
- Tiene más pérdidas de calor a través de la cubierta debido a su mayor superficie desarrollada en comparación con el tipo plano.



Ilustración 8 Invernadero tipo asimétrico.

Fuente:<https://www.horticultivos.com/featured/principales-tipos-invernaderos/>

2.3 Inteligencia Artificial

2.3.1 Definición de Inteligencia Artificial.

La Inteligencia artificial es el campo científico de la informática que se centra en la creación de programas y mecanismos que pueden mostrar comportamientos considerados inteligentes. En otras palabras, la IA es el concepto según el cual las máquinas piensan como seres humanos. Normalmente, un sistema de IA es capaz de analizar datos en grandes cantidades, identificar patrones y tendencias y, por lo tanto, formular predicciones de forma automática, con rapidez y precisión. (Iberdrola, 2019).

La IA abarca en la actualidad una gran variedad de subcampos, que van desde áreas de propósito general. como el aprendizaje y la percepción, a otras más específicas como el ajedrez, la demostración de teoremas matemáticos y el diagnóstico de enfermedades. IA sintetiza y automatiza tareas intelectuales y es, por lo tanto, potencialmente relevante para cualquier ámbito de la actividad intelectual humana. (Russell & Norving, 2004).

Los expertos en ciencias de la computación Stuart Russell y Peter Norving diferencian varios tipos de inteligencia artificial:

- **Sistemas que piensan como humanos:** automatizan actividades como la toma de decisiones, la resolución de problemas y el aprendizaje. Un ejemplo son las redes neuronales artificiales.
- **Sistemas que actúan como humanos:** se trata de computadoras que realizan tareas de forma similar a como lo hacen las personas. Es el caso de los robots.
- **Sistemas que piensan racionalmente:** intentan emular el pensamiento lógico racional de los humanos, es decir, se investiga cómo lograr que las máquinas puedan percibir, razonar y actuar en consecuencia. Los sistemas expertos se engloban en este grupo.
- **Sistemas que actúan racionalmente:** son aquellos que tratan de imitar de manera racional el comportamiento humano, como los agentes inteligentes.

2.3.2 Ventajas de la IA.

- En el ámbito laboral reduce los costos y salarios adicionales.
- Se han desarrollado aplicaciones que realizan tareas que el hombre nunca hubiera

podido hacer debido a su complejidad.

- Puede predecir situaciones a largo plazo.
- Reduce el tiempo que consume realizar cierta actividad.
- Lograr grandes hallazgos y avances.

2.3.3 Neurona Biológica.

Fue Santiago Ramón y Cajal (1888) quién descubrió la estructura celular (neurona) del sistema nervioso. Defendió la teoría de que las neuronas se interconectaban entre sí de forma paralela, y no formando un circuito cerrado como el sistema sanguíneo.

Una neurona consta de un cuerpo celular (soma) de entre 10 y 80 μm , del que surge un denso árbol de ramificaciones (dendritas) y una fibra tubular (axón) de entre 100 μm y un metro.

Una neurona es un procesador de información muy simple:

- Canal de entrada: dendritas.
- Procesador: soma.
- Canal de salida: axón.

Una neurona cerebral puede recibir cerca de 10.000 entradas y enviar a su vez su salida a varios cientos de neuronas. La conexión entre neuronas se llama sinapsis. No es una conexión física, sino que hay unos 2 μm de separación (Fig. 1). Son conexiones unidireccionales, en la

que la transmisión de la información se hace de forma eléctrica en el interior de la neurona y de forma química entre neuronas; gracias a unas sustancias específicas llamadas neurotransmisores.

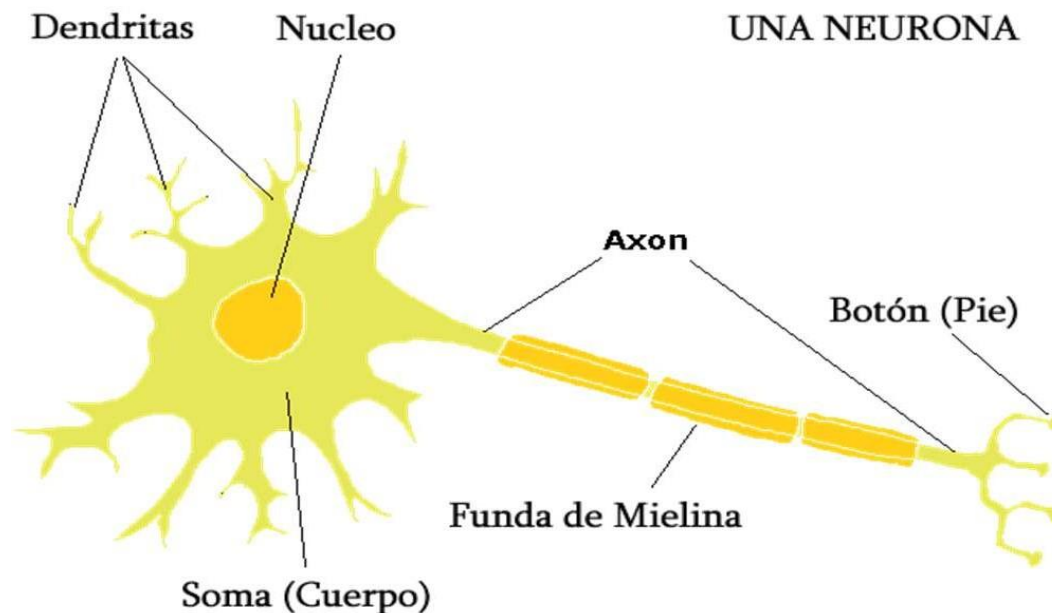


Ilustración 9 Neurona biológica. Fuente: <https://www.piensaenbinario.es/inteligencia-artificial-redes-neuronales/neurona/>

2.3.4 Neurona Artificial.

Una neurona artificial pretende imitar las características más importantes de las neuronas biológicas. Cada una de las neuronas artificiales está caracterizada en cualquier instante por un valor numérico denominado valor o estado de activación $a_i(t)$; asociado a cada unidad, existe una función de salida, f_i , que transforma el estado actual de activación en una señal de salida. Dicha señal es enviada a través de los canales de comunicación unidireccionales a otras unidades de la red; en estos canales la señal se modifica de acuerdo con la sinapsis (el peso, w_{ji}) asociada a cada

uno de ellos según determinada regla. Las señales moduladas que han llegado a la unidad j-ésima se combinan entre ellas, generando así la entrada total Net_j .

$$Net_j = \sum_i x_i w_i$$

Las señales de entrada contienen pesos los cuales son realmente la forma de aprender que tendrá la neurona. Estos pesos se irán modificando de cierta manera para ir adaptando el valor de la salida de tal forma que se minimice su error con respecto al resultado real que debería obtener la neurona artificial. (Valencia Reyes, Yañez Márquez, & Sánchez Chávez, 2006).

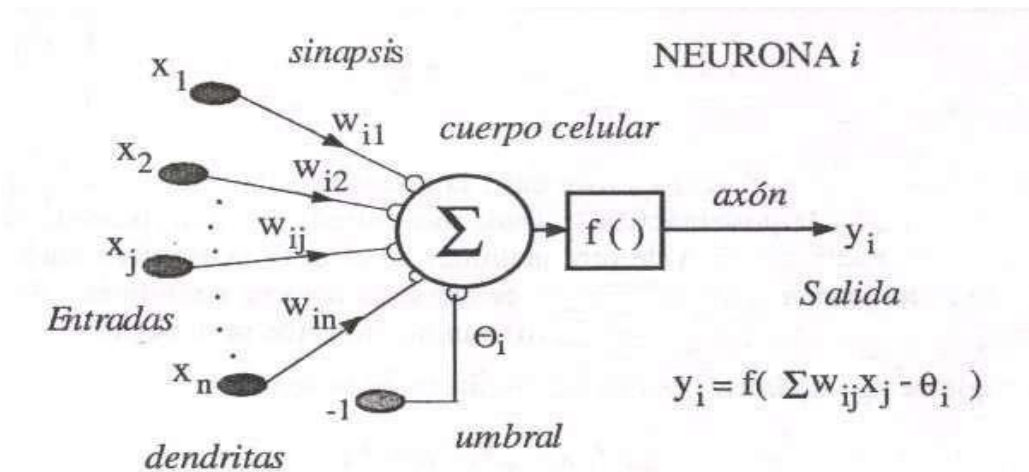


Ilustración 10 Neurona Artificial.

Fuente: https://www.ibiblio.org/pub/linux/docs/LuCaS/Presentaciones/200304curso-glisa/redes_neuronales/cursos-glisa-redes_neuronales.html/neurona.jpg

2.3.4.1 Función de activación.

La función de activación calculará la salida de la neurona a partir de los valores de entrada netos y, solamente en algunos casos, de la salida anterior de la neurona artificial.

Los distintos tipos de funciones de activación existentes son los siguientes:

- **Función escalón:** Si los valores de entrada netos superan un cierto umbral la neurona devolverá una señal de activación positiva, por ejemplo “1”, y si no lo superan devolverá una señal negativa, por ejemplo “0” o “-1”. El umbral de la función se suele notar mediante Θ .

$$f(x, w) = x_1 * w_1 + x_2 * w_2 + \dots + x_n * w_n$$

$$\text{si } f(x, w) \geq 0$$

$$y=1;$$

si no

$$y=0;$$

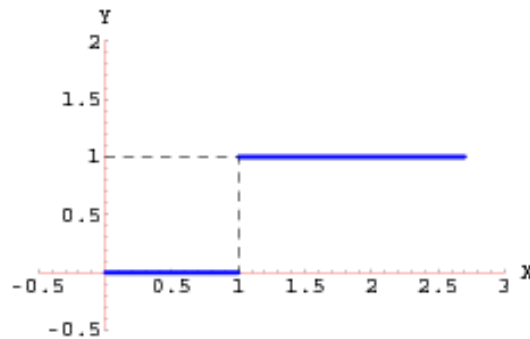


Ilustración 11 Gráfica función escalón. Fuente:
<https://tecdigital.tec.ac.cr/revistamatematica/cursos-linea/EcuacionesDiferenciales/EDO-Geo/edo-cap5-geo/laplace/images/Heaviside.gif>

- **Función sigmoideal:** Esta función no devolverá simplemente un valor positivo o negativo, como una función escalón, sino que ahora se devolverá un grado de acercamiento positivo o negativo, es decir, que en vez de “0” o “1” se devolverán valores del tipo “0.2”, “0.9”, “0.6”, “1”, etc.

Formula de la función:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

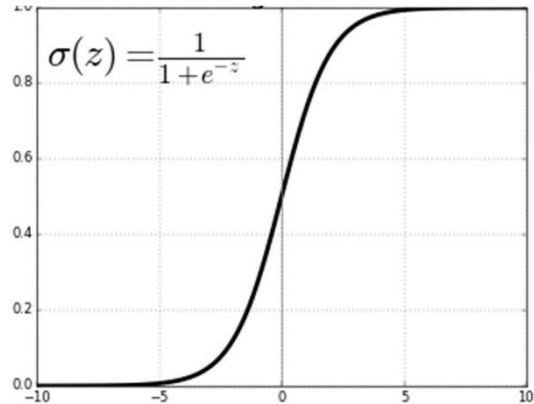


Ilustración 12 Gráfica función sigmoideal.
Fuente: https://ml4a.github.io/ml4a/es/neural_networks/

- **Función Softmax:** Asigna probabilidades decimales a cada clase en un caso de clases múltiples. Esas probabilidades decimales deben sumar 1.0. Esta restricción adicional permite que el entrenamiento converja más rápido. Softmax se implementa a través de una capa de red neuronal justo antes de la capa de resultado. La capa de Softmax debe tener la misma cantidad de nodos que la capa de resultado. (Google Developers, 2020).

Ejemplo: Las probabilidades que se muestran a continuación con la función Softmax, la más óptima es perro.

Probabilidades de las siguientes clases

Manzana -----0.001

Oso-----0.04

Caramelos-----0.008

Perro-----0.95

Huevo-----0.001

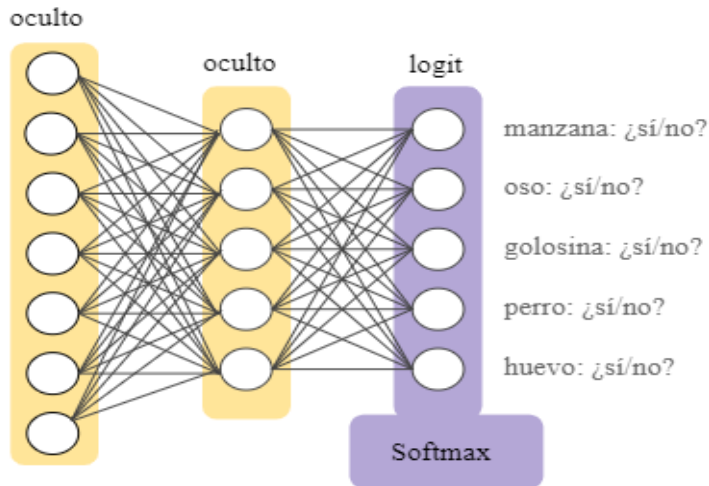


Ilustración 13 Ejemplo Softmax.

Fuente: <https://developers.google.com/achine-learning/crash-course/imhages/SoftmaxLayer.svg?hl=es>

- **Tangente Hiperbólica:** La función tangente hiperbólica transforma los valores introducidos a una escala (-1,1), donde los valores altos tienen de manera asintótica a 1 y los valores muy bajos tienden de manera asintótica a -1.

Características de la función tangente hiperbólica:

Ventajas

- Satura el gradiente.
- Lenta convergencia.
- Centrada en 0.
- Está acotada entre -1 y 1.

Función:
$$f(x) = \frac{2}{1+e^{-2x}} - 1$$

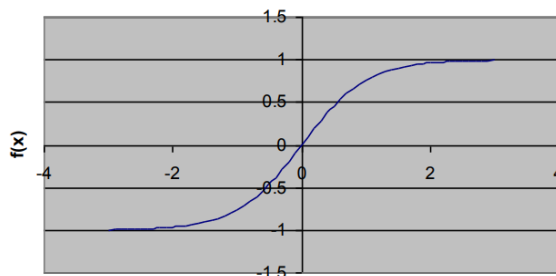


Ilustración 14 Gráfica función Tangente Hiperbólica.

Fuente:

<https://ccc.inaoep.mx/~pgomez/cursos/redes%20neuronal%20artificiales/presentaciones/basicos.pdf>

2.3.5 Red Neuronal.

Las redes neuronales son modelos que intentan reproducir el comportamiento del cerebro.

Una red neuronal es un conjunto de neuronas artificiales divididas en capas. Cada neurona de una capa estará conectada con todas las neuronas de la capa siguiente mediante unos arcos con pesos. Los pesos de estos arcos serán modificados durante la fase de aprendizaje de la red neuronal para conseguir que en la salida de la red se muestren los resultados deseados.

Las capas de la red las dividiremos en tres tipos: la capa de entradas, la(s) capa(s) oculta(s) y la capa de salida. La capa de entrada será una la primera capa de la red y por ella se introducirán los datos a la red. En esta capa habrá tantas neuronas como entradas necesite la red. La capa oculta puede ser única o haber varias capas ocultas, según el problema y el diseño de la red que se haga. Ésta capa será la encargada de realizar el paso o pasos intermedios entre la capa de entrada y la capa de salida. (Valencia Reyes, Yañez Márquez, & Sánchez Chávez, 2006).

La capa de salida será la encargada de sacar los resultados obtenidos al exterior. El número de neuronas de esta capa vendrá definido por el problema en sí que se esté resolviendo.

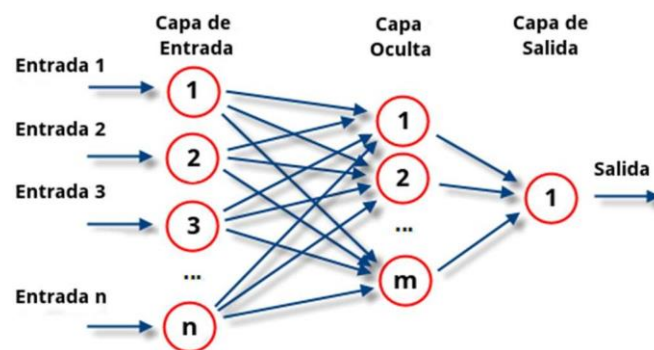


Ilustración 15 Estructura de red neuronal. Fuente: IBM Knowledge Center

Fases de procesamiento de una red neuronal

En una red neuronal existen dos fases de procesamiento:

- **Fase de aprendizaje:** En esta fase se tiene una red que inicialmente es genérica y mediante una serie de ejemplos se irán adaptando los pesos de los arcos de tal manera que produzca las salidas deseadas. Conviene que el conjunto de ejemplos sea lo suficientemente amplio para que abarcar todos los posibles rangos de valores de entrada. Durante la fase existe la posibilidad de que se pueda producir un fenómeno llamado sobre entrenamiento, es decir, que la red neuronal se adapte perfectamente al conjunto de datos de ejemplo y no produzca resultados aceptables con datos que no pertenezcan al conjunto.
- **Fase de presentación:** En esta fase la red neuronal ya se encuentra entrenada y se puede utilizar para resolver un problema determinado.

2.3.6 Algoritmo backpropagation.

En 1986, Rumelhart, Hinton y Williams, formalizaron un **algoritmo** para que una red neuronal aprendiera la asociación que existe entre los patrones de entrada y las clases correspondientes, utilizando varios niveles de neuronas.

Consiste en calcular el error en la salida, ajustar los pesos de la capa de salida para reducir el error y propagar ese error hacia las capas ocultas y, de entrada, respectivamente. El algoritmo buscará, por tanto, el mínimo de la función de error y ajustará los pesos con respecto a ese error. A continuación, estos errores se transmiten hacia atrás, partiendo de la capa de salida hacia todas

las neuronas de la capa intermedia que contribuyan directamente a la salida. Este proceso se repite, capa por capa, hasta que todas las neuronas de la red hayan recibido un error que describa su aportación relativa al error total. (Valencia Reyes, Yañez Márquez, & Sánchez Chávez, 2006). Basándose en el valor del error recibido, se reajustan los pesos de conexión de cada neurona, de manera que en la siguiente vez que se presente el mismo patrón, la salida esté más cercana a la deseada

Backpropagation puede tener ciertos problemas tales como:

- No encontrar el mínimo absoluto de la función.
- Que el algoritmo solo encuentre un mínimo local.
- Una zona de pendiente nula y que se quede estancado.
- Una zona de pendiente muy pequeña.

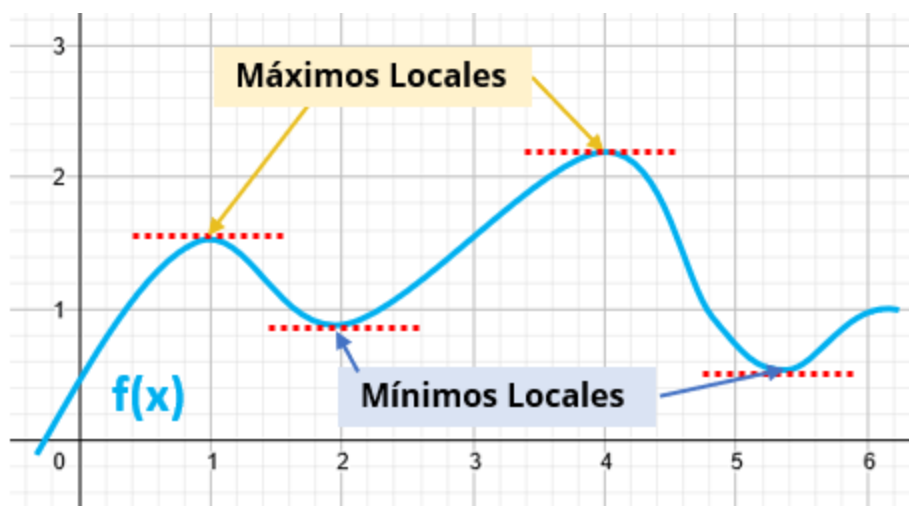


Ilustración 16 Gráfico de mínimos locales y globales. Fuente: <https://www.fisimat.com.mx/maximos-y-minimos-de-una-funcion/>

Pasos para aplicar el algoritmo backpropagation.

- 1.- Inicializar los pesos de la red con valores pequeños aleatorios.
- 2.- Presentar un patrón de entrada y especificar la salida deseada que debe generar la red.
- 3.- Calcular la salida actual de la red. Para ello se presentan las entradas a la red y se calcula la salida de cada capa hasta llegar a la capa de salida, ésta será la salida de la red.

Se calculan las entradas netas para las neuronas ocultas procedentes de las neuronas de entrada.

Para una neurona j oculta.

$$net_{pj}^h = \sum_{i=1}^N w_{ji}^h x_{pi} + \theta_j^h$$

En donde el índice h se refiere a magnitudes de la capa oculta; el subíndice p , al p -ésimo vector de entrenamiento, y j a la j -ésima neurona oculta. El término θ puede ser opcional, pues actúa como una entrada más.

Se calculan las salidas de las neuronas ocultas:

$$y_{pj} = f_j^h(net_{pj}^h)$$

Se realizan los mismos cálculos para obtener las salidas de las neuronas de salida:

$$net_{pk}^0 = \sum_{j=1}^L w_{kj}^0 x_{pj} + \theta_k^0$$

$$y_{pk} = f_k^0(net_{pk}^0)$$

- 4.-Calcular los términos de error para todas las neuronas. Si la neurona k es una neurona de la capa

de salida, el valor de la delta es:

$$s_k^0 = (d_{pk} - y_{pk}) f_k^0 (net_{pk}^0)$$

La función f debe ser derivable. En general se dispone de dos formas de función de salida:

-Función lineal: $f_k(net_{jk}) = net_{jk}$

-Función sigmoideal: $f_k(net_{jk}) = \frac{1}{1+e^{-net_{jk}}}$

La selección de la función depende de la forma que se decida representar la salida: si se desea que las neuronas de salida sean binarias, se utiliza la función sigmoideal, en otros casos, la lineal. Para una función lineal, tenemos: $f = 1$, mientras que la derivada de una función sigmoideal es:

$$f_k^{0'} = f_k^0 (1 - f_k^0) = y_{pk} (1 - y_{pk})$$

por lo que los términos de error para las neuronas de salida quedan:

$$s_{pk}^0 = (d_{pk} - y_{pk}) \quad \text{Para la salida lineal.}$$

$$s_{pk}^0 = (d_{pk} - y_{pk}) y_{pk} (1 - y_{pk}) \quad \text{Para la salida sigmoideal.}$$

Si la neurona j no es de salida, entonces la derivada parcial del error no puede ser evaluada directamente, por tanto, se obtiene el desarrollo a partir de valores que son conocidos y otros que pueden ser evaluados.

La expresión obtenida en este caso es:

$$s_{pj}^h = f_j^{h'}(net_{pj}^h) \sum_k s_{pk}^0 w_{kj}^0$$

Donde observamos que el error en las capas ocultas depende de todos los términos de error de la capa de salida. De aquí surge el término propagación hacia atrás.

5.-Actualización de los pesos: para ello utilizamos un algoritmo recursivo, comenzando por las neuronas de salida y trabajando hacia atrás hasta llegar a la capa de entrada, ajustando los pesos de la siguiente forma:

Para los pesos de las neuronas de la capa de salida:

$$w_{kj}^0(t+1) = w_{kj}^0(t) + \Delta w_{kj}^0(t+1)$$

$$\Delta w_{kj}^0(t+1) = \alpha \delta_{pj}^0 y_{pj}$$

Para los pesos de las neuronas de la capa oculta:

$$w_{ji}^h(t+1) = w_{ji}^h(t) + \Delta w_{ji}^h(t+1)$$

$$\Delta w_{ji}^h(t+1) = \alpha \delta_{pj}^h x_{pj}$$

En ambos casos, para acelerar el proceso de aprendizaje se puede añadir un término momento.

6.- El proceso se repite hasta que el término de error resulta aceptablemente pequeño para cada uno de los patrones aprendidos.

$$Ep = \frac{1}{2} \sum_{K=1}^M \delta_{pK}^2$$

Donde:

α Factor de aprendizaje (constante).

δ Error en la unidad j (diferencia entre salida real y la entrada de aprendizaje).

2.4 Lenguaje de programación

Los lenguajes de programación son idiomas artificiales diseñados para expresar cálculos y procesos que serán llevados a cabo por ordenadores. Un lenguaje de programación está formado por un conjunto de palabras reservadas, símbolos y reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos y expresiones. El proceso de programación consiste en la escritura, compilación y verificación del código fuente de un programa. (Martínez Ladrón de Guevara, 2014).

2.4.1 Java.

Java es un lenguaje de programación desarrollado por Sun Microsystems. Java fue presentado en la segunda mitad del año 1995 y desde entonces se ha convertido en un lenguaje de programación muy popular. Los programas Java se compilan a un lenguaje intermedio, denominado Bytecode. Este código es interpretado por la máquina virtual de Java del entorno de ejecución(JRE) y así se consigue la portabilidad en distintas plataformas. (Martínez Ladrón de Guevara, 2014).

El lenguaje Java tiene su propia estructura, reglas de sintaxis y paradigma de programación. El paradigma de programación del lenguaje Java se basa en el concepto de programación orientada a objetos (OOP), que las funciones del lenguaje soportan. (Steven Perry, 2012).

2.5 Base de datos

Es una colección de información/datos almacenada de cierta forma y con una estructura específica, que tienen rutinas optimizadas para guardar, eliminar, consultar y gestionar información. Una base de datos es una colección estructurada de datos. Puede ser desde una simple lista de compras hasta una galería de imágenes o la gran cantidad de información en una red

corporativa. Para agregar, acceder y procesar datos almacenados en una base de datos de computadora, necesita un Sistema Gestor de Base de Datos.

2.5.1 Gestor de base de datos.

Un gestor de base de datos es un conjunto de programas no visibles que administran y gestionan la información que contiene una base de datos además de administrar todo acceso a la base de datos ya que tienen el objetivo de servir de interfaz entre ésta, el usuario y las aplicaciones.

El SGBD es una aplicación que permite a los usuarios definir, crear y mantener bases de datos y proporciona un acceso controlado a la misma. Debe prestar los siguientes servicios:

- **Creación y definición de la BD:** especificación de la estructura, el tipo de los datos, las restricciones y relaciones entre ellos mediante lenguajes de definición de datos. Toda esta información se almacena en el diccionario de datos, el SGBD proporcionará mecanismos para la gestión del diccionario de datos.
- **Manipulación de los datos:** realizando consultas, inserciones y actualizaciones de los mismos utilizando lenguajes de manipulación de datos.
- **Acceso controlado a los datos de la BD:** mediante mecanismos de seguridad de acceso a los usuarios.
- **Mantener la integridad y consistencia de los datos:** utilizando mecanismos para evitar que los datos sean perjudicados por cambios no autorizados.
- **Acceso compartido a la BD:** controlando la interacción entre usuarios concurrentes.
- **Mecanismos de respaldo y recuperación:** para restablecer la información en caso de fallos en el sistema.

Ventajas de un SGBD

- Permite a los usuarios finales y programadores de aplicaciones acceder y utilizar los mismos datos mientras administra la integridad de los datos.
- Abstracción de datos e independencia.
- Seguridad de datos.
- Un mecanismo de bloqueo para el acceso concurrente.
- La capacidad de recuperarse rápidamente de bloqueos y errores, incluida la capacidad de reinicio y de recuperación.
- Registro y auditoría de actividad.
- Procedimientos uniformes de administración de datos.

2.5.2 MySQL.

MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacionales de código abierto con un modelo cliente-servidor. **RDBMS** es un software o servicio utilizado para crear y administrar bases de datos basadas en un modelo relacional.

Características

- Contiene un sólido y amplio subconjunto del lenguaje SQL.
- Dispone una amplia cantidad de plataformas transacciones y claves foráneas.
- Contiene una conectividad segura y una búsqueda e indexación de campos de texto.
- Integración perfecta con PHP.

Ventajas

- MySQL es un software de código abierto, además ofrece velocidad al realizar las operaciones, lo que le hace uno de los gestores con mejor rendimiento.
- Bajo costo en requerimientos para la elaboración de bases de datos, ya que debido a su bajo consumo puede ser ejecutado en una máquina con escasos recursos sin ningún problema también posee facilidad de configuración e instalación y soporta gran variedad de Sistemas Operativos.

2.6 Sensores

Para la obtención de los datos se utilizan sensores los cuales son dispositivos electrónicos con la capacidad de detectar la variación de una magnitud física tales como temperatura, iluminación, movimiento y presión; y de convertir el valor de ésta, en una señal eléctrica ya sea analógica o digital.

Un sensor es un elemento idóneo para tomar o percibir una señal física proveniente del medio ambiente y convertirla en una señal de naturaleza traducible. Un sensor o captador convierte las variaciones de una magnitud física en variaciones de una magnitud eléctrica o magnética.

2.7 Arduino

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador re-programable y una serie de pines hembra. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla.

Ventajas de Arduino.

- **Arduino tiene una gran comunidad:** Gracias a su gran alcance hay una gran comunidad trabajando con esta plataforma. Así se genera una cantidad de documentación bastante extensa, la cual abarca casi cualquier necesidad.
- **Su entorno de programación es multiplataforma.** Se puede instalar y ejecutar en sistemas operativos Windows, Mac OS y Linux.
- **Lenguaje de programación de fácil comprensión.** Su lenguaje de programación basado en C++ es de fácil comprensión. C++ permite una entrada sencilla a los nuevos programadores y a la vez con una capacidad tan grande, que los programadores más avanzados pueden expresar todo el potencial de su lenguaje y adaptarlo a cualquier situación.
- **Bajo costo.**
- **Re-usabilidad y versatilidad.** Es re-utilizable porque una vez terminado el proyecto es muy fácil poder desmontar los componentes externos a la placa y empezar con un nuevo proyecto. De igual manera todos los pines del microcontrolador están accesibles a través de conectores hembra y esto permite sacar partido de todas las bondades del microcontrolador con un riesgo muy bajo de hacer una conexión errónea.

2.8 Metodologías de desarrollo de software

Las metodologías de desarrollo de software son enfoques de carácter estructurado y estratégico que permiten el desarrollo de programas con base a modelos de sistemas, reglas, sugerencias de diseño y guías además toman en cuenta factores como los costos, la planificación, la calidad y las dificultades asociadas.

Modelo de desarrollo por prototipos

Etapas:

- **Comunicación:** Tener una interacción con el cliente para evaluar la petición del software y determinar si el programa a desarrollar es un buen candidato para construir un prototipo. Debido a que el cliente debe interaccionar con el prototipo para determinar el refinamiento del proyecto
- **Plan rápido:** Cuando se tienen que los resultados de un proyecto son aceptables, se procede a desarrollar una representación abreviada de los requerimientos. Antes de que pueda comenzar la construcción de un prototipo, en este se debe representar los dominios funcionales y de información del programa. La aplicación de estos principios de análisis fundamentales, pueden realizarse mediante los métodos de análisis de requerimientos.
- **Modelado diseño rápido:** Después de que se haya revisado la representación de los requerimientos, se crea un conjunto de especificaciones de diseño abreviadas para el prototipo. El diseño debe ocurrir antes de que comience la construcción del prototipo. Sin embargo, el diseño de un prototipo se enfoca normalmente hacia la arquitectura a nivel superior y a los aspectos de diseño de datos

- Construcción del prototipo: El software del prototipo se crea, prueba y se corrigen idealmente todos los posibles errores, los bloques de construcción de software preexistentes se utilizan para crear el prototipo de una forma rápida y se determina si un prototipo es funcional o no.
- Desarrollo y entrega: Una vez que el prototipo ha sido probado, se presenta al cliente, el cual "conduce la prueba" de la aplicación y sugiere modificaciones. Este paso es el núcleo del método de construcción de prototipo. Es aquí donde el cliente puede examinar una representación implementada de los requerimientos del programa, sugerir modificaciones que harán al programa cumplir mejor las necesidades reales. Los pasos 4 y 5 se repiten iterativamente hasta que todos los requerimientos estén formalizados o hasta que el prototipo haya evolucionado hacia un sistema de producción.

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Primer prototipo

3.1.1 Comunicación.

En este primer prototipo se requiere obtener los datos del ambiente y suelo, de una forma rápida y eficaz, para esto se utilizarán sensores de pH, humedad y temperatura.

3.1.2 Plan rápido.

Para la realización completa y correcta de la red neuronal para análisis del suelo en la rotación de cultivos en un invernadero es necesario crear un módulo de recolección de datos en el cual los datos obtenidos servirán en la fase de entrenamiento de la red neuronal además de predecir si los datos de suelo y ambiente son favorables para la cosecha de plantas de una familia en específico.

3.1.2.1 Casos de uso.

A continuación, se muestra el caso de uso en el cual se especifican los requerimientos.

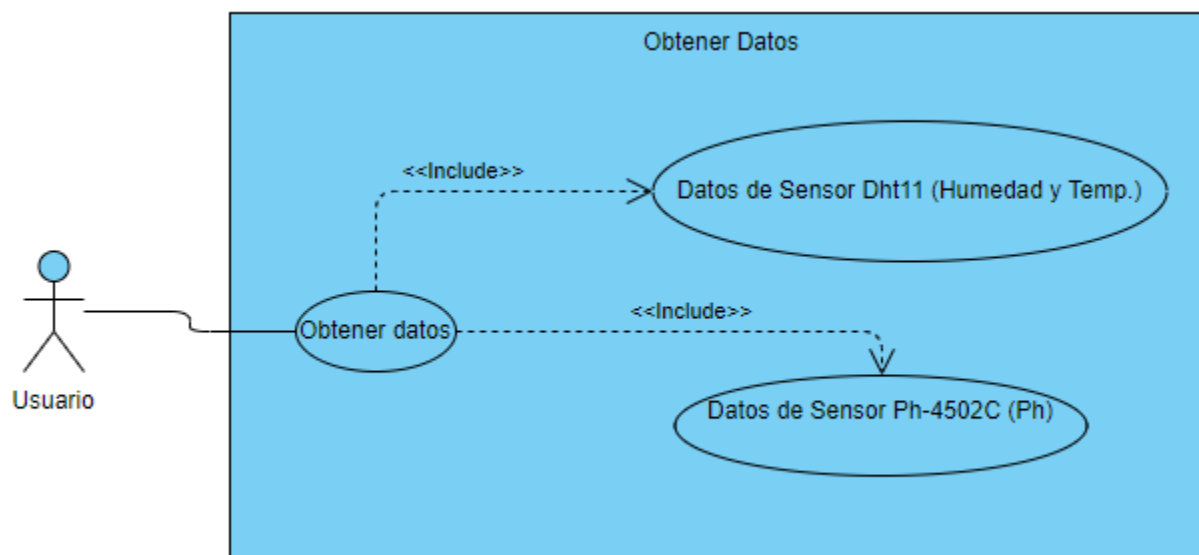


Ilustración 17 Caso de uso primera iteración. Fuente: propia

Tabla 3 *Caso de uso obtener datos primera iteración.*

No. :	1
Caso de uso:	Obtener datos
Actor:	Usuario
Descripción:	El usuario iniciará el programa realizado en Arduino.
Validación:	El Arduino 1 debe estar conectado a la computadora.

Tabla 4 *Caso de uso sensor de temperatura y humedad.*

No. :	2
Caso de uso:	Datos de Sensor dht11 (Humedad y Temperatura)
Actor:	Usuario
Descripción:	El programa de Arduino mostrará en pantalla los valores obtenidos por el sensor.
Validación:	El sensor debe estar conectado.

Tabla 5 *Caso de uso sensor de pH.*

No. :	3
Caso de uso:	Datos del sensor de pH.
Actor:	Usuario
Descripción:	El programa de Arduino mostrará en pantalla los valores obtenidos por el sensor de pH.
Validación:	El sensor debe estar conectado.

3.1.3 Modelado diseño rápido.

3.1.3.1 Diagrama de secuencia.

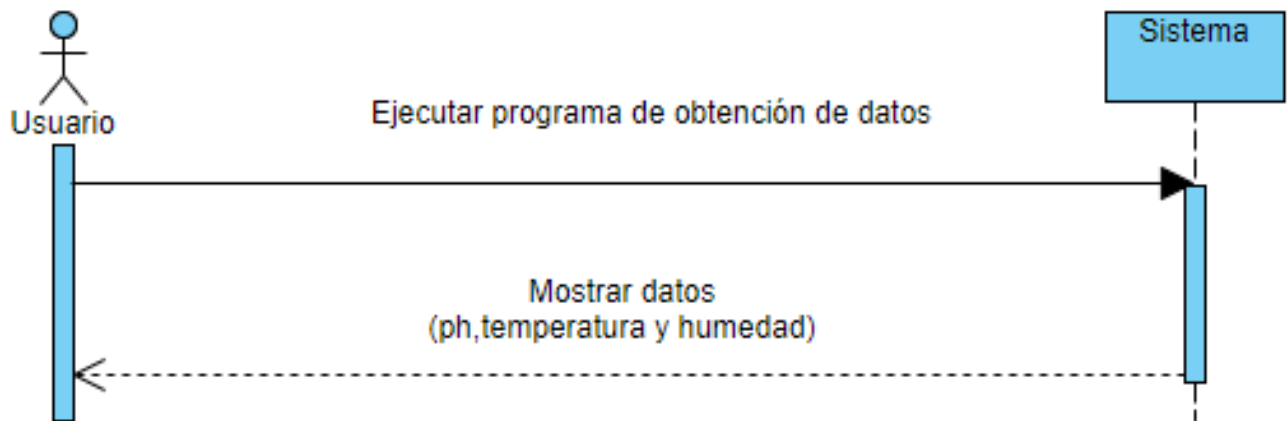


Ilustración 18 Diagrama E-R. Fuente: propia

3.1.3.2 Diseño del circuito.

Tabla 6 Materiales para el dispositivo de obtención de datos.

Material	Cantidad	Precio
Dht11 (sensor de temperatura y humedad)	1	\$69.00
Arduino Uno	1	\$70.00
Protoboard	1	\$130.00
Ph-4502C (Sensor de ph)	1	\$622.00
Electrodo	1	
Jumper	10	\$10.00

Diagrama del circuito

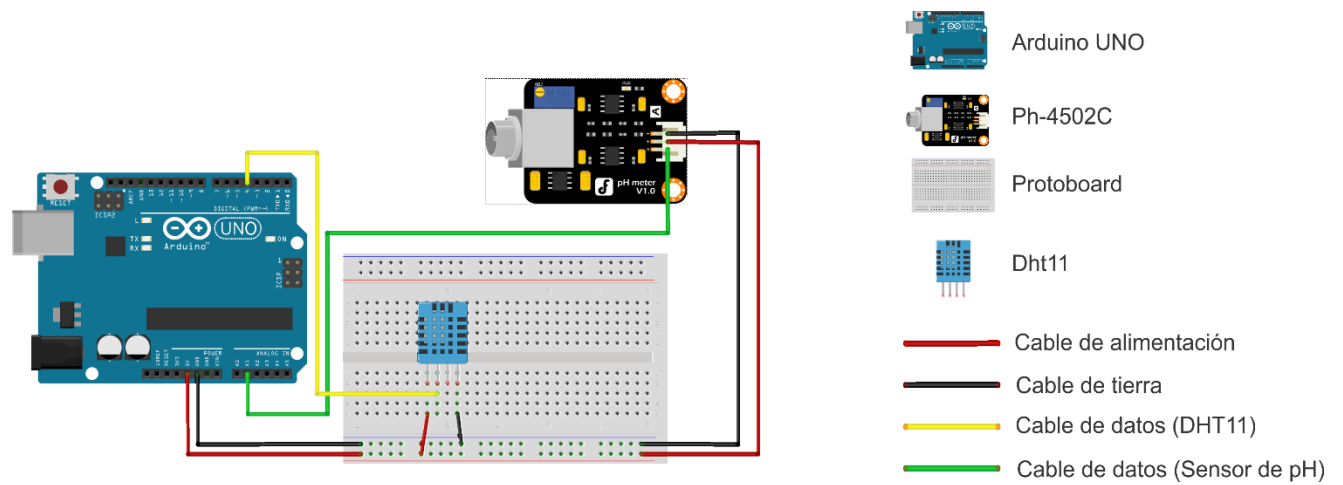


Ilustración 19 Circuito Electrónico. Fuente: propia

Diseño del prototipo de invernadero tipo capilla

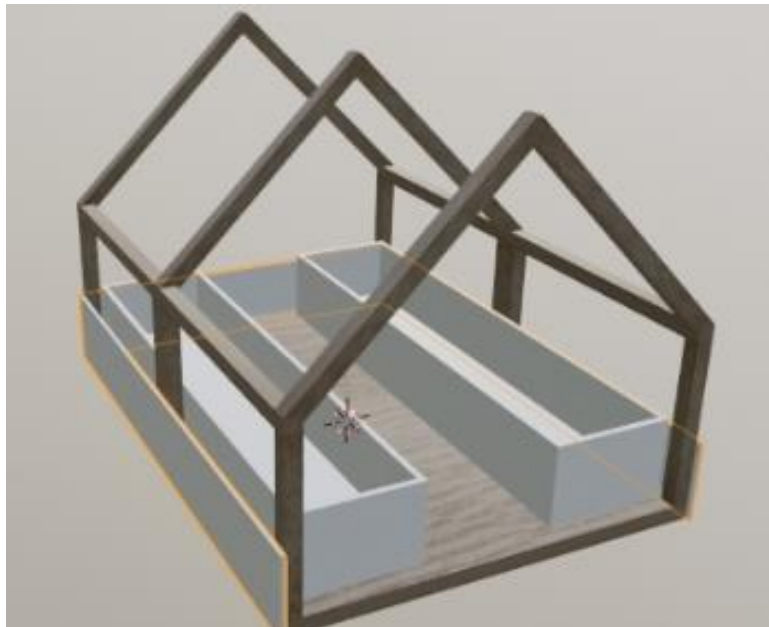


Ilustración 20 Prototipo invernadero tipo capilla. Fuente propia

3.1.4 Construcción del prototipo.

Para realizar la obtención de datos se utilizó el sensor dht11 el cual es usado para obtener temperatura y humedad del ambiente además del sensor Ph-4502C para valores de pH. La codificación fue realizada en el IDE de Arduino.

Codificación

```
sketch_mar25c
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>

#define DHTPIN 4
#define DHTTYPE DHT11

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
const byte pHpin = A2;
float Po=0,h=0,t=0;
int entrada;
float humedad[10];
float temperatura[10];
float pH[10];

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
}

void loop() {
  if(Serial.available()>0){
    entrada=Serial.read();
    for(int i=0;i<10;i++){
      humedad[i]=dht.readHumidity();
      temperatura[i]=dht.readTemperature();
      pH[i]=(1023 - analogRead(pHpin)) / 73.07; // Read and reverse the analogue input value from the pH sensor then scale 0-14.
      delay(1000);
    }
    h=0.0;
    t=0.0;
    Po=0.0;
    for(int i=0;i<10;i++){
      h+=humedad[i];
      t+=temperatura[i];
      Po+=pH[i];
    }
    Serial.print(h/10.0);
    Serial.print(",");
    Serial.print(t/10.0);
    Serial.print(",");
    Serial.println(Po/10.0, 2); // Print the result in the serial monitor.
  }
}
```

Ilustración 21 Código realizado en Arduino. Fuente: propia

Construcción del circuito

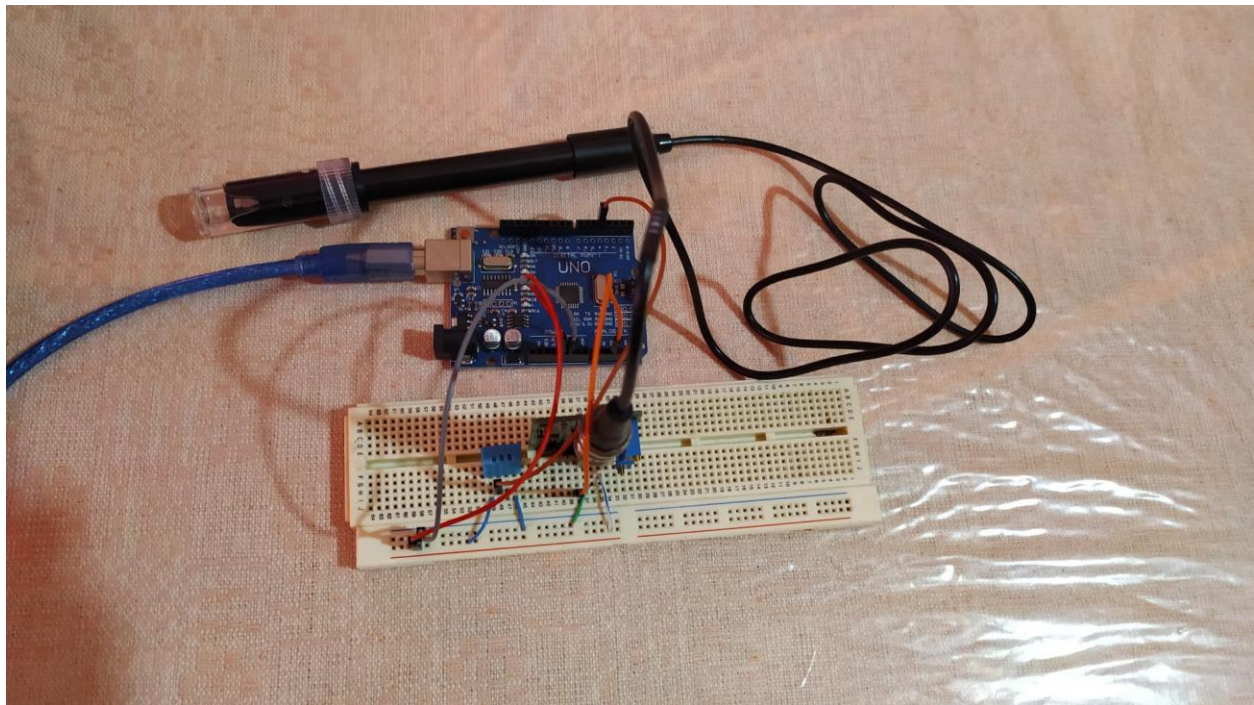


Ilustración 22 Circuito realizado. Fuente propia

3.1.5 Despliegue, entrega y retroalimentación.

Para realizar las pruebas de forma correcta se necesitan seguir los siguientes pasos:

- 1.-Realizar una solución con dos porciones de agua y una porción de tierra en un recipiente.
- 2.-Agitar dicha solución y dejar reposar al menos por 15 minutos.
- 3.-Limpiar la boquilla del electrodo con un paño seco y suave para eliminar cualquier solución existente ya que puede contaminar la muestra realizada.
- 4.-Después de los 15 minutos de espera, ingresar la boquilla del electrodo en la solución.
- 5.-Ejecutar el programa de obtención de datos.



Ilustración 23 Invernadero construido. Fuente: propia

Resultados de humedad y temperatura del ambiente.

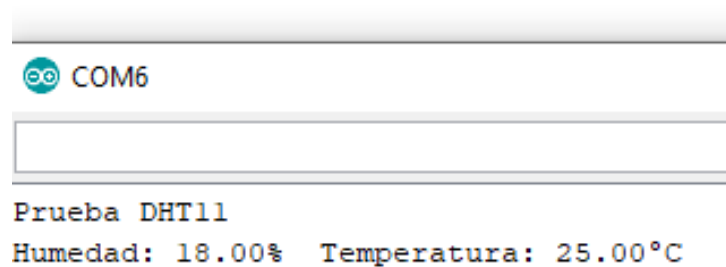


Ilustración 24 Resultado de t y h. Fuente: propia

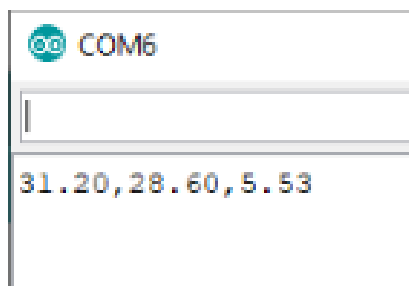


Ilustración 25 Valores obtenidos (Humedad, Temperatura, pH). Fuente: propia

3.2 Segundo prototipo

3.2.1 Comunicación.

La realización de la red neuronal para análisis del suelo en la rotación de cultivos en un invernadero es factible de realizar ya que se cuentan con las herramientas y el apoyo de profesionales para asesoramiento durante las fases del desarrollo de software.

Para la obtención de los datos se utilizaron sensores de pH, humedad y temperatura, el conjunto de estos datos y el nombre de la familia que ha sido sembrada anteriormente se utilizarán para el análisis del suelo.

El análisis del suelo se realizará por medio de una red neuronal de tipo perceptrón multicapa, el cual dará como resultado el nombre del cultivo óptimo a sembrar de acuerdo a los datos que se obtuvieron inicialmente, además, de la familia, rangos de ph, humedad y temperatura.

3.2.2 Plan rápido.

3.2.2.1 Casos de uso.

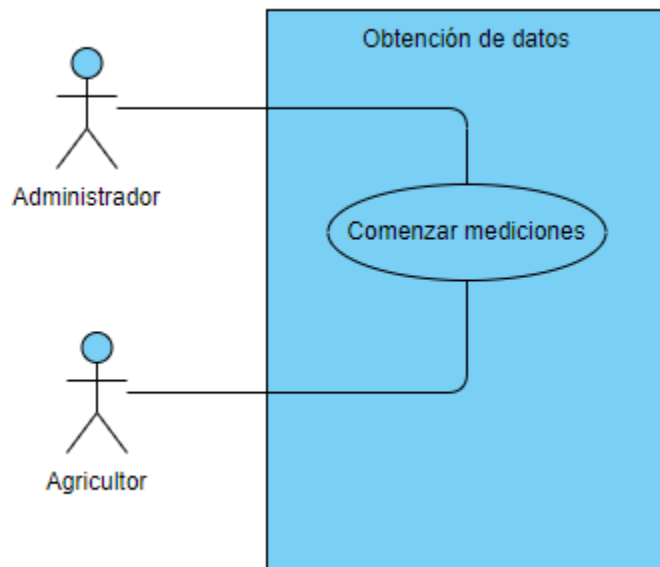


Ilustración 26 Caso de uso de obtención de datos. Fuente: propia

Tabla 7 Especificaciones del caso de uso uno.

No. :	1
Caso de uso:	Comenzar mediciones
Actor:	Administrador, Agricultor.
Descripción:	En la ventana de obtención de datos, los usuarios (administrador y agricultor) podrán dar clic en el botón “comenzar mediciones” y se obtendrán los datos de pH, humedad (%) y temperatura en grados Celsius (C°).
Validación:	Para comenzar las mediciones se debe iniciar sesión con anterioridad.

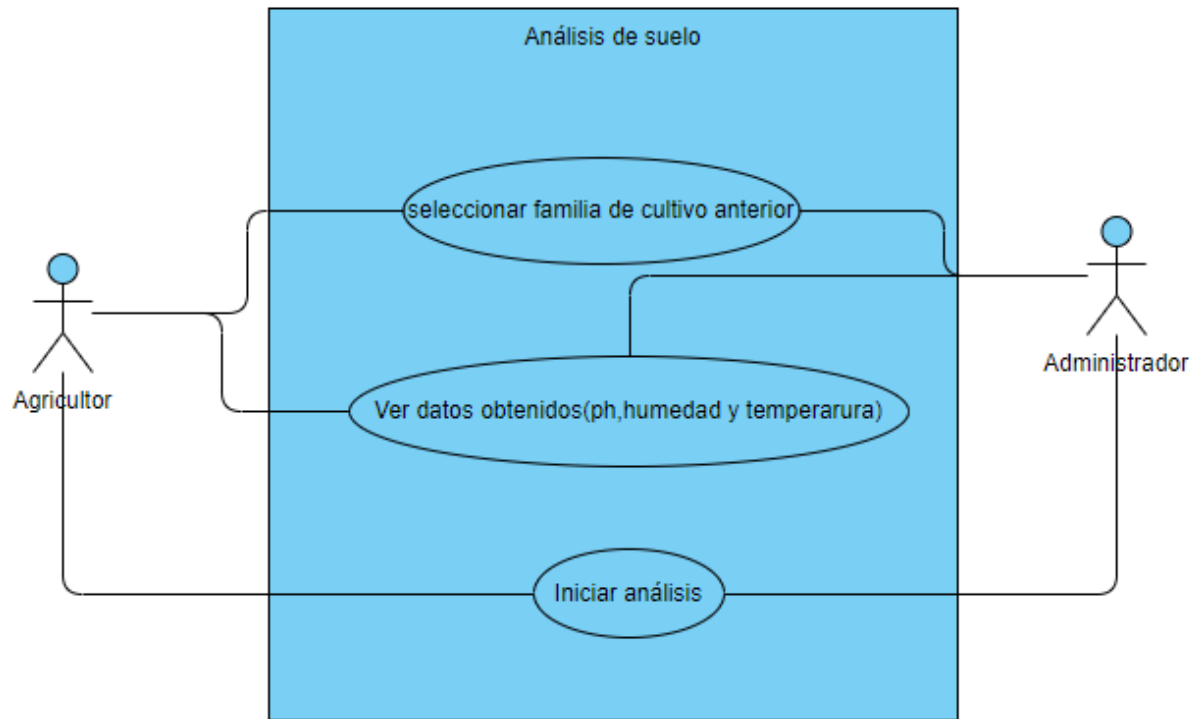


Ilustración 27 Caso de uso de análisis del suelo. Fuente: propia

Tabla 8 Especificaciones del caso de uso dos.

No. :	2
Caso de uso:	Ver datos obtenidos
Actor:	Administrador, Agricultor
Descripción:	Los usuarios podrán ver los datos obtenidos de las mediciones del caso de uso uno.
Validación:	Esta acción depende del caso de uso uno.

Tabla 9 Especificaciones del caso de uso tres.

No. :	3
Caso de uso:	Seleccionar familia de cultivo anterior
Actor:	Administrador, Agricultor

Descripción:	En esta ventana el usuario seleccionará dentro de las opciones una de las 8 familias que se ha cultivado con anterioridad.
---------------------	--

Tabla 10 Especificaciones del caso de uso cuatro.

No. :	4
Caso de uso:	Iniciar análisis
Actor:	Administrador, Agricultor.
Descripción:	En esta ventana el usuario podrá dar clic en el botón “iniciar análisis” para obtener el cultivo idóneo a sembrar.
Validación:	Depende del caso de uso tres.

3.2.3 Modelado diseño rápido.

3.2.3.1 Diagrama de secuencia.

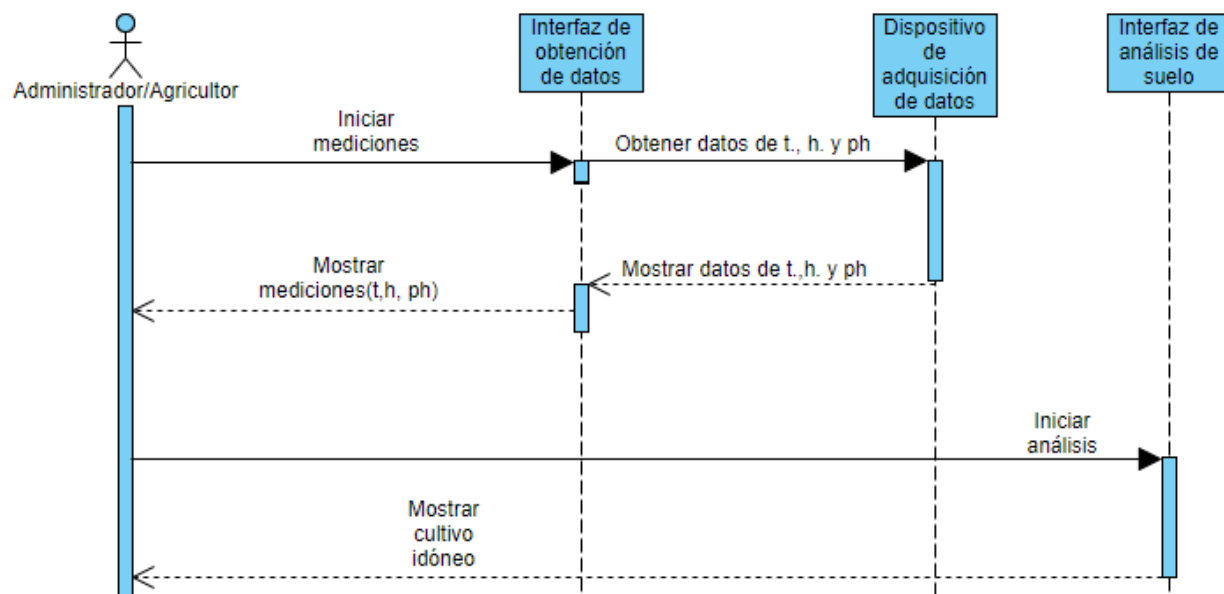
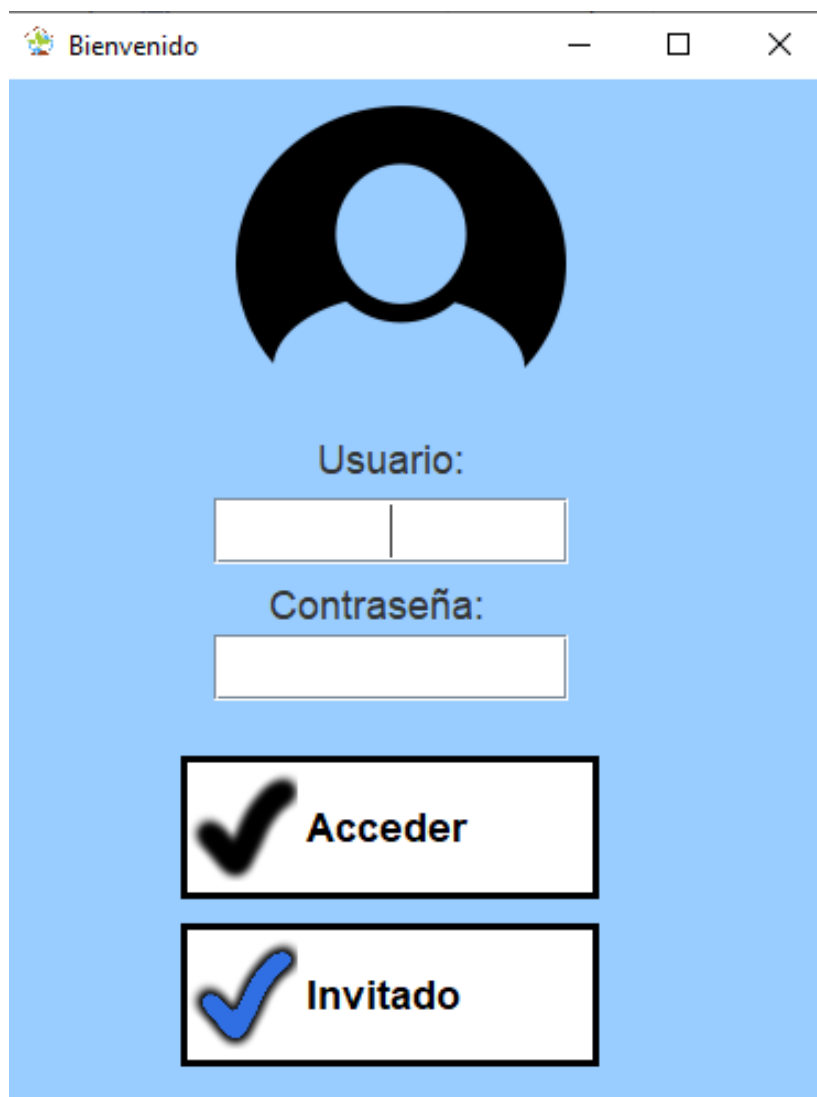


Ilustración 28 Diagrama de secuencia iteración 2. Fuente: propia

3.2.3.2 Diseño de interfaces.



The image shows a login window titled "Bienvenido". At the top, there is a black silhouette of a person's head and shoulders. Below this, the label "Usuario:" is followed by a text input field divided into two sections. Underneath, the label "Contraseña:" is followed by a single text input field. At the bottom, there are two buttons. The first button features a black checkmark icon and the text "Acceder". The second button features a blue checkmark icon and the text "Invitado".

Ilustración 29 Diseño de inicio de sesión. Fuente: Sistema ROCI-XS

El botón será utilizado para iniciar la obtención de valores y la barra de progreso mostrará al usuario el porcentaje de avance.

Red neuronal

Tomar mediciones

0%

Datos obtenidos

pH:

Humedad:

Temperatura:

Familia anterior:

Calcular

Ilustración 30 Interfaz de obtención de mediciones. Fuente: propia

En esta interfaz la red neuronal mostrará el cultivo idóneo a sembrar.

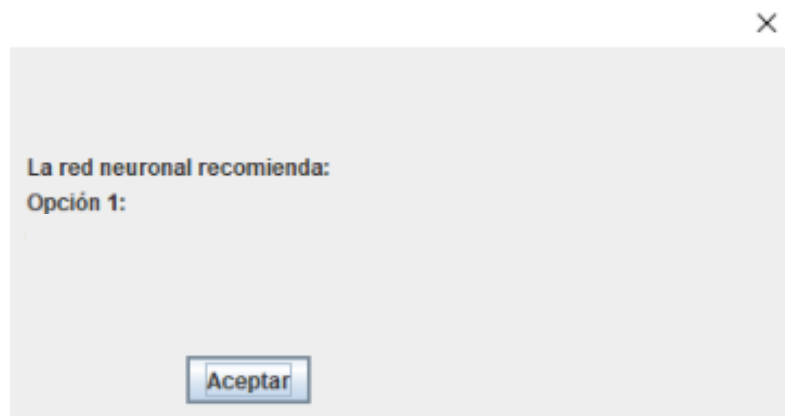


Ilustración 31 Interfaz de resultados. Fuente: propia

3.2.3.3 Diseño de la red neuronal.

El tipo de red neuronal utilizado es perceptrón multicapa ya que el problema a resolver es de clasificación y al analizar los datos, se percibe que no es posible tratarse de forma lineal.

Datos de la red neuronal

- Una capa de entrada de 5 neuronas
- Dos capas ocultas de 19 y 20 neuronas respectivamente.
- Una capa de salida con 51 neuronas

3.2.4 Construcción del prototipo.

El desarrollo y entrenamiento de la red neuronal se realizó en el lenguaje de programación Java.

Clase Neurona

```
//Implementa serializable para poder guardar el objeto en un archivo
public class Neurona implements Serializable{
    //Variables de clase
    public final static int SIN_FUNCION=0, FUNCION_ESCALON=1, FUNCION_SIGMOIDE=2, FUNCION_RELU=3, FUNCION_SOFTMAX=4, FUNCION_TANH=4;
    private ArrayList<Double> entradas;
    private ArrayList<Double> pesos;
    private double error;
    private double entradaNeta;
    private int funcion;
    private int posicion;

    //constructor de la clase neurona
    public Neurona(ArrayList<Double> ent, int funcion, int posicion){
        error=0.0;
        entradas=ent;
        this.funcion=funcion;
        entradas.add(-1.0); //Bias
        iniciarPesos();
        this.posicion=posicion;
    }

    //Inicializa los pesos con valores aleatorios
    public void iniciarPesos(){
        setPesos(new ArrayList<Double>());
        for(int i=0; i<getEntradas().size(); i++){
            getPesos().add(Math.random());
        }
    }

    //Calcula el valor de las entradas
    public void calcularEntradaNeta(){
        for(int i=0; i<entradas.size(); i++){
            entradaNeta+=entradas.get(i)*pesos.get(i);
        }
    }

    //Función que utilizan las neuronas de la capa de entrada
    public double sinFuncion(){
        return entradas.get(0);
    }

    public double funcionEscalaon(){
        if(entradaNeta<0){
            return 0;
        }else{
            return 1;
        }
    }

    //Funcion de activacion utilizada por las neuronas de las capas ocultas y de la capa de salida
    public double funcionTanH(){
        return 2/(1+Math.exp(-2*entradaNeta))-1;
    }
}
```

```

//Funcion utilizada para calcular el error
public double derivadaFuncionTanH() {
    return funcionTanH() * (1-funcionTanH());
}

//Metodo utilizado para calcular la salida de esta neurona
public double salida() {
    double out=0;
    if(funcion==FUNCION_ESCALON || funcion==FUNCION_SIGMOIDE || funcion==FUNCION_RELU || funcion==FUNCION_TANH) {
        calcularEntradaNeta();
    }

    if(funcion==SIN_FUNCION) {
        out=sinFuncion();
    }else if(funcion==FUNCION_SIGMOIDE) {
        out=funcionSigmoide();
    }else if(funcion==FUNCION_ESCALON) {
        out=funcionEscalon();
    }else if(funcion==FUNCION_RELU) {
        out=funcionReLU();
    }else if(funcion==FUNCION_SOFTMAX) {
        out=funcionSoftmax();
    }else if(funcion==FUNCION_TANH) {
        out=funcionTanH();
    }
    return out;
}

```

Ilustración 32 Código clase Neurona. Fuente: propia

Pruebas de la red neuronal.

Para realizar la prueba se utilizó un conjunto de datos (Iris) para reconocimiento de patrones obtenido de <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/iris>.

El conjunto de datos contiene 50 muestras de cada una de tres especies de *Iris* (*Iris setosa*, *Iris virginica* e *Iris versicolor*).

Valores de prueba de red

- 4 neuronas de entrada
- 8 neuronas en la capa oculta
- 3 neuronas en la capa de salida
- Factor de aprendizaje de 0.05
- Error cuadrático medio máximo permitido 0.005

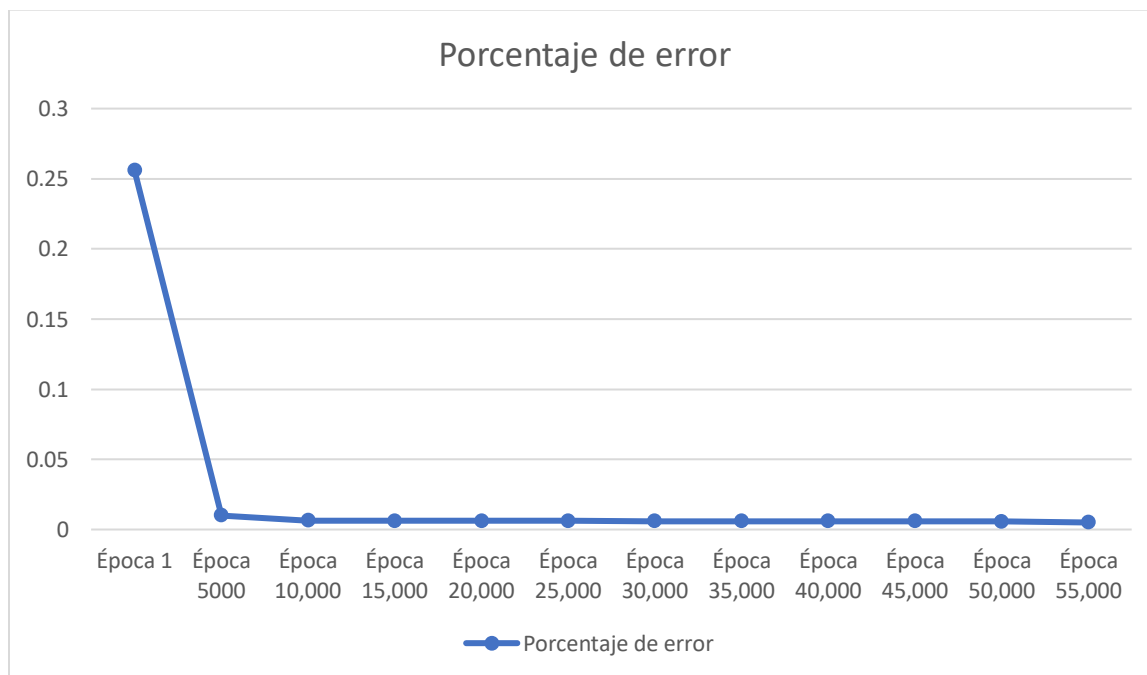


Gráfico 1 Porcentaje de error del conjunto de datos iris. Fuente: propia

Implementación de la red neuronal con el conjunto de datos de los cultivos.

Conjunto de datos

El conjunto se compone de 8 datos, los cuales son:

- Nombre del cultivo
- Familia anterior cultivada
- Humedad mínima
- Humedad máxima
- Temperatura mínima
- Temperatura máxima
- PH mínimo
- PH máximo

Entrenamiento

Valores de la red neuronal

- Una capa de entrada de 5 neuronas
- Dos capas ocultas de 19 y 20 neuronas respectivamente.
- Una capa de salida con 51 neuronas
- Factor de aprendizaje 0.001
- Error cuadrático medio máximo permitido 0.005

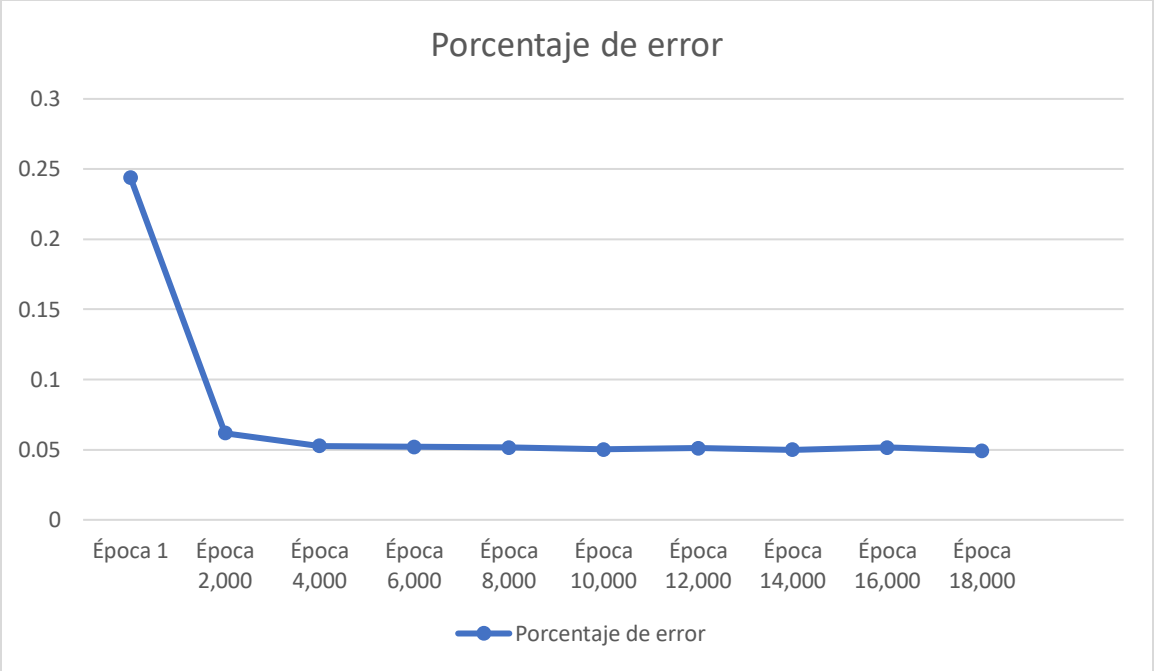


Gráfico 2 Porcentaje de error de conjunto de cultivos. Fuente: propia

3.2.5 Despliegue, entrega y retroalimentación.

Demostración de la red neuronal y diseño final de interfaces.

1.-Inicio de sesión.

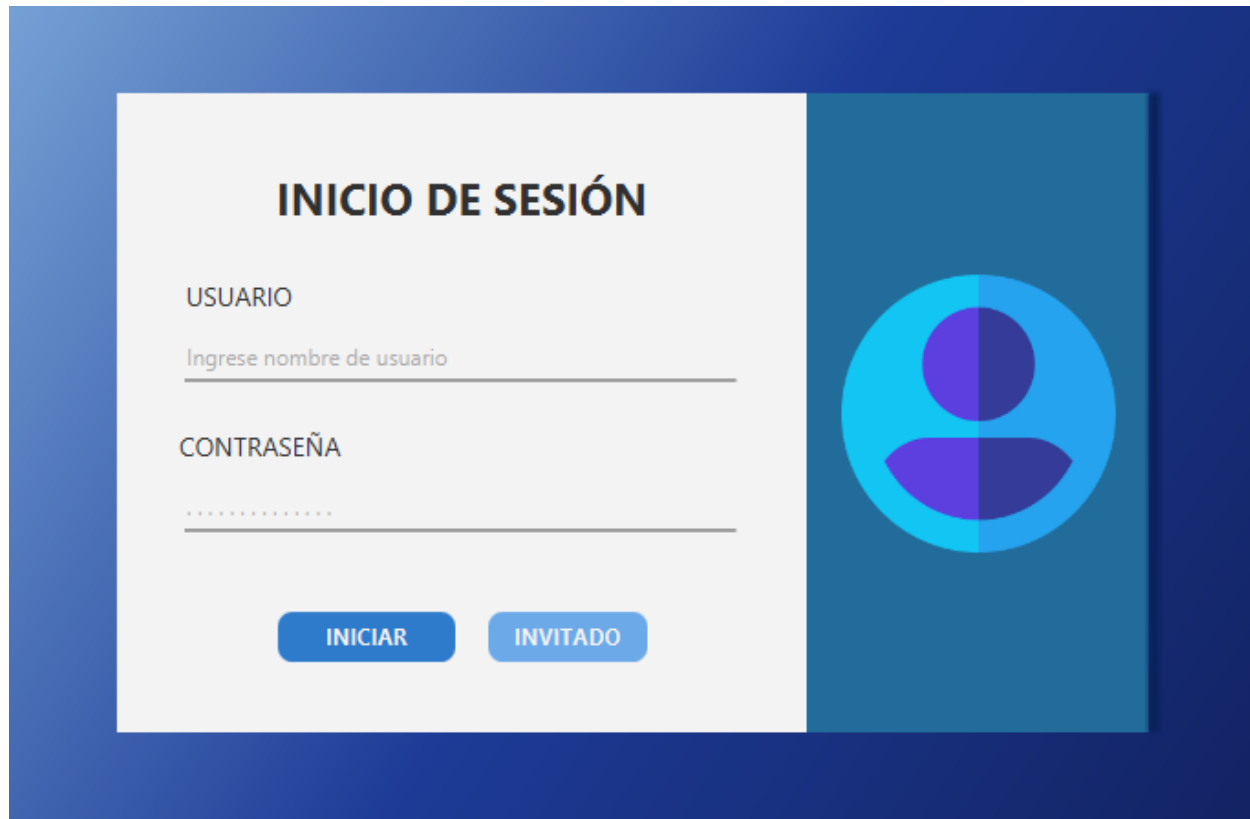


Ilustración 33 Interfaz de inicio de sesión. Fuente: propia

2.- En caso de que el dispositivo de adquisición de datos no se encuentre conectado muestra la siguiente ventana.

Ups! Hubo problemas de conexión, revise su dispositivo de adquisición de datos



Ilustración 34 Interfaz de error. Fuente: propia

3.-Interfaz de Análisis.

Dar clic en el botón iniciar mediciones para obtener los datos.

ANÁLISIS DEL SUELO



Tomar mediciones

DATOS OBTENIDOS

PH:

Humedad:

Temperatura:

Familia anterior:

CALCULAR

Ilustración 35 Obtención de datos (Botón obtener datos). Fuente: propia

4.- Valores obtenidos, seleccionar la opción de la familia anterior cultivada y dar clic en calcular.



The image shows a web application interface for soil analysis. At the top, the title "ANÁLISIS DEL SUELO" is displayed in large, bold, teal letters. Below the title is an illustration of a green plant growing from brown soil, with a blue grid pattern in the background. Underneath the illustration is a blue button with the text "Tomar mediciones". Below this button is a light blue rounded rectangle containing the section title "DATOS OBTENIDOS" in bold black text. Under this title, there are four input fields: "PH: 7.02", "Humedad: 33.20", "Temperatura: 24.00", and "Familia anterior: Solanáceas". The "Familia anterior" field has a small downward arrow indicating a dropdown menu. Below the light blue rectangle is a dark blue button with the text "CALCULAR" in white capital letters.

ANÁLISIS DEL SUELO

Tomar mediciones

DATOS OBTENIDOS

PH: 7.02

Humedad: 33.20

Temperatura: 24.00

Familia anterior: Solanáceas ▼

CALCULAR

Ilustración 36 Interfaz con datos obtenidos. Fuente: propia

5.- Recomendaciones de la red neuronal.

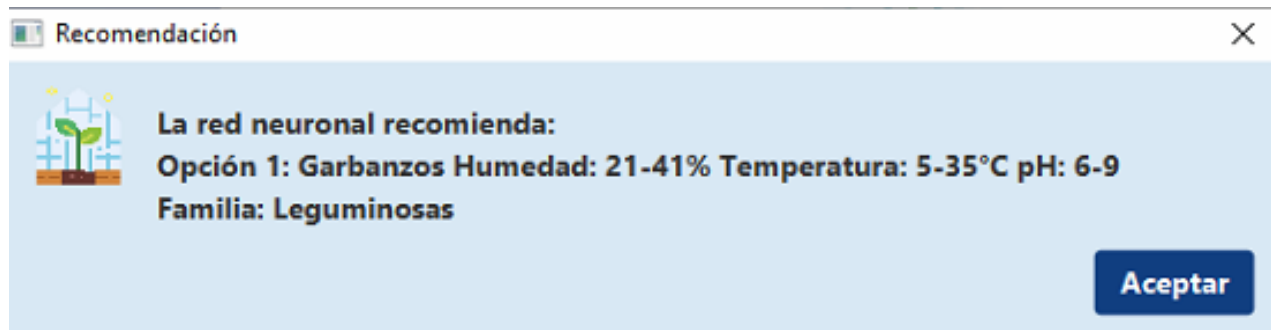


Ilustración 37 Opciones recomendadas por la red neuronal. Fuente: propia

3.3 Tercer prototipo

3.3.1 Comunicación

En el tercer prototipo se realizará el enlace de la red neuronal con el sistema experto llamado “Sistema experto para la rotación de cultivos en un invernadero de San Sebastián Atoyaquillo, Oaxaca”, en el cual se actualizarán las interfaces graficas de usuario, además de la realización de mejoras (recuperación de contraseña por correo electrónico, respaldo la base de datos en un servidor remoto, filtrado y búsqueda en las tablas).

3.3.2 Plan rápido

3.3.2.1 Casos de uso.

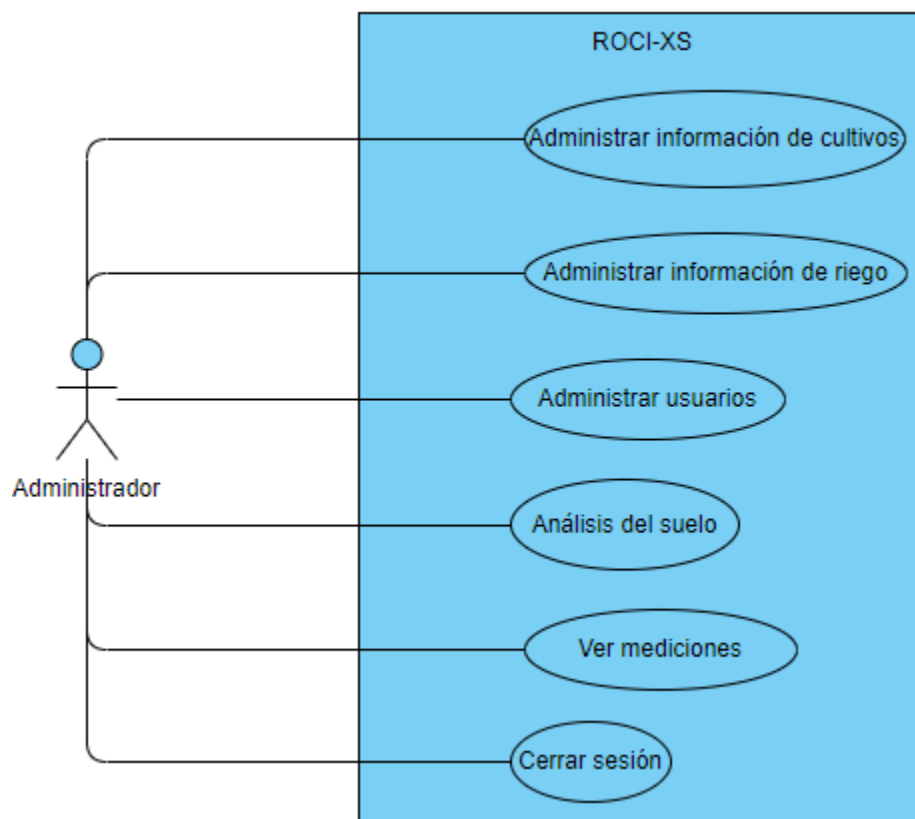


Ilustración 38 Caso de uso: Administrador I3. Fuente: propia

Tabla 11 *Especificaciones del caso de uso: Agregar nuevo cultivo.*

No. :	1
Caso de uso:	Administrar información de cultivos
Actor:	Administrador
Descripción:	En esta ventana el administrador podrá agregar a la base de datos un nuevo cultivo, rellenando los campos (nombre, otros nombres, duración en días, anotaciones, el nombre de la familia al que pertenece, mínimo y máximo de temperatura, humedad y pH) y dando clic en el botón “agregar”. Además de editar y eliminar los datos que desee.
Validación:	Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión.

Tabla 12 *Especificaciones del caso de uso: Agregar información de riego.*

No. :	2
Caso de uso:	Agregar información de riego
Actor:	Administrador
Descripción:	En esta ventana el administrador podrá agregar información de riego de un cultivo en específico además de sus descripción y litros por día. Además de editar y eliminar información de que desee.
Validación:	Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión.

Tabla 13 *Especificaciones del caso de uso: Administrar usuarios.*

No. :	3
Caso de uso:	Administrar usuarios
Actor:	Administrador
Descripción:	En esta ventana el administrador podrá ver, agregar, editar o eliminar un usuario del sistema.
Validación:	Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión.

Tabla 14 Especificaciones del caso de uso: Análisis de suelo.

No. :	4
Caso de uso:	Análisis de suelo
Actor:	Administrador
Descripción:	En esta ventana el usuario podrá dar clic en el botón “tomar mediciones” para obtener los datos de temperatura, humedad y ph, con los valores obtenidos; se seleccionará la familia anterior sembrada y se comenzará el análisis para obtener el cultivo idóneo a sembrar.
Validación:	Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión.

Tabla 15 Especificaciones del caso de uso: Ver mediciones.

No. :	5
Caso de uso:	Ver mediciones
Actor:	Administrador
Descripción:	El usuario podrá observar las mediciones en tiempo real de temperatura y humedad.
Validación:	Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión.

Tabla 16 Especificaciones del caso de uso: Cerrar sesión.

No. :	6
Caso de uso:	Cerrar sesión.
Actor:	Administrador
Descripción:	El usuario podrá dar clic en el botón “salir” para cerrar sesión.
Validación:	Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión.

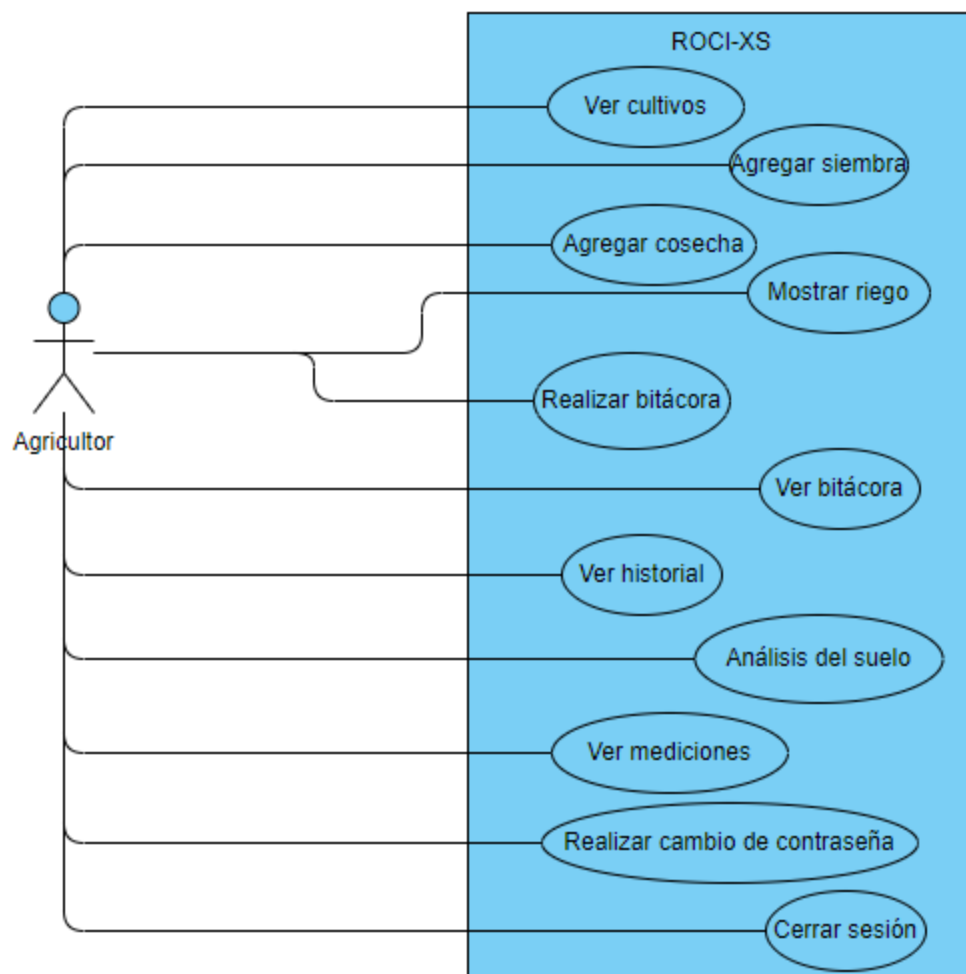


Ilustración 39 Caso de uso agricultor I3. Fuente: propia

Tabla 17 Especificaciones del caso de uso: Ver cultivos (Agricultor).

No. :	1
Caso de uso:	Ver cultivos
Actor:	Agricultor
Descripción:	En esta ventana el usuario podrá observar todos los cultivos que se encuentren en la base de datos.
Validación:	Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión.

Tabla 18 Especificaciones del caso de uso: Agregar siembra (Agricultor).

No. :	2
Caso de uso:	Agregar siembra
Actor:	Agricultor
Descripción:	En esta ventana el usuario podrá dar clic en el botón “iniciar análisis” para obtener el cultivo idóneo a sembrar.
Validación:	-Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión. -Solo se puede agregar una nueva siembra cuando no exista un cultivo en proceso.

Tabla 19 Especificaciones del caso de uso: Agregar cosecha (Agricultor).

No. :	3
Caso de uso:	Agregar cosecha
Actor:	Agricultor
Descripción:	El agricultor podrá agregar información de cosecha (fecha de cosecha y cantidad recolectada) a la siembra correspondiente.
Validación:	-Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión. - Solo se puede agregar una nueva cosecha cuando exista una siembra actual.

Tabla 20 Especificaciones del caso de uso: Mostrar riego (Agricultor).

No. :	4
Caso de uso:	Mostrar riego
Actor:	Agricultor
Descripción:	En esta ventana el agricultor podrá observar todos los cultivos y sus tiempos de riego.
Validación:	Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión.

Tabla 21 Especificaciones del caso de uso: Realizar bitácora (Agricultor).

No. :	5
Caso de uso:	Realizar bitácora
Actor:	Agricultor
Descripción:	El agricultor podrá realizar uno nuevo registro en bitácora (fecha, proceso [riego, abonado, corte, fertilización, etc.], duración y descripción) al cultivo que se encuentre sembrado en el momento actual.
Validación:	-Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión. - Solo se puede agregar un nuevo registro en bitácora cuando exista una siembra actual.

Tabla 22 Especificaciones del caso de uso: Ver bitácora.

No. :	6
Caso de uso:	Ver bitácora
Actor:	Agricultor
Descripción:	En esta ventana el agricultor podrá observar todos los procesos que se hayan realizado a diferentes cultivos.
Validación:	Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión.

Tabla 23 Especificaciones del caso de uso: Ver historial (Agricultor).

No. :	7
Caso de uso:	Ver historial
Actor:	Agricultor
Descripción:	El agricultor podrá observar todos los cultivos finalizados (siembra y cosecha además de la cantidad recolectada.)
Validación:	Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión.

Tabla 24 Especificaciones del caso de uso: Realizar cambio de contraseña(Agricultor).

No. :	8
Caso de uso:	Realizar cambio de contraseña
Actor:	Agricultor
Descripción:	El agricultor podrá cambiar su contraseña, ingresando la contraseña actual, la nueva y dando clic en el botón “Aceptar”.
Validación:	Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión.

Tabla 25 Especificaciones del caso de uso: Análisis del suelo (Agricultor).

No. :	9
Caso de uso:	Análisis de suelo
Actor:	Agricultor
Descripción:	En esta ventana el usuario podrá dar clic en el botón “tomar mediciones” para obtener los datos de temperatura, humedad y ph, con los valores obtenidos; se seleccionará la familia anterior sembrada y se comenzará el análisis para obtener el cultivo idóneo a sembrar.
Validación:	Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión.

Tabla 26 Especificaciones del caso de uso: Ver mediciones (Agricultor).

No. :	10
Caso de uso:	Ver mediciones
Actor:	Agricultor
Descripción:	El usuario podrá observar las mediciones en tiempo real de temperatura y humedad.
Validación:	Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión.

Tabla 27 Especificaciones del caso de uso: Cerrar sesión (Agricultor).

No. :	11
Caso de uso:	Cerrar sesión.
Actor:	Agricultor
Descripción:	El usuario podrá dar clic en el botón “salir” para cerrar sesión.
Validación:	Para poder realizar esta acción es necesario iniciar sesión.

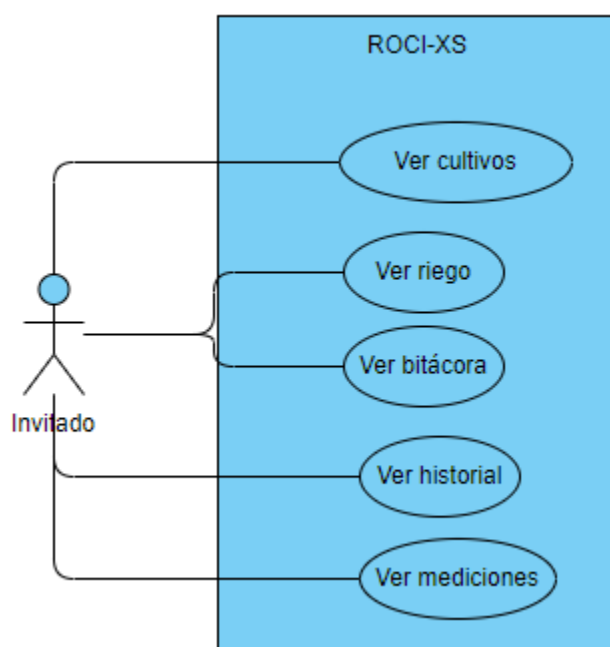


Ilustración 40 Caso de uso invitado I3. Fuente: propia

Tabla 28 Especificaciones del caso de uso: Ver cultivos (Invitado).

No. :	1
Caso de uso:	Ver cultivos
Actor:	Invitado
Descripción:	En esta ventana el usuario podrá observar todos los cultivos que se encuentren en la base de datos.

Tabla 29 Especificaciones del caso de uso: Ver riego (Invitado).

No. :	2
Caso de uso:	Ver riego
Actor:	Invitado
Descripción:	En esta ventana el usuario invitado podrá observar todos los cultivos y sus tiempos de riego.

Tabla 30 Especificaciones del caso de uso: Ver bitácora (Invitado).

No. :	3
Caso de uso:	Ver bitácora
Actor:	Invitado
Descripción:	En esta ventana el invitado podrá observar todos los procesos que se hayan realizado a diferentes cultivos.

Tabla 31 Especificaciones del caso de uso: Ver historial (Invitado).

No. :	4
Caso de uso:	Ver historial
Actor:	Invitado
Descripción:	El invitado podrá observar todos los cultivos finalizados (siembra y cosecha además de la cantidad recolectada.)

Tabla 32 Especificaciones del caso de uso: Ver mediciones (Invitado).

No. :	5
Caso de uso:	Ver mediciones
Actor:	Invitado

Descripción:	El usuario podrá observar las mediciones en tiempo real de temperatura y humedad.
---------------------	---

3.3.3 Modelado diseño rápido

3.2.3.1 Diagrama de secuencia.

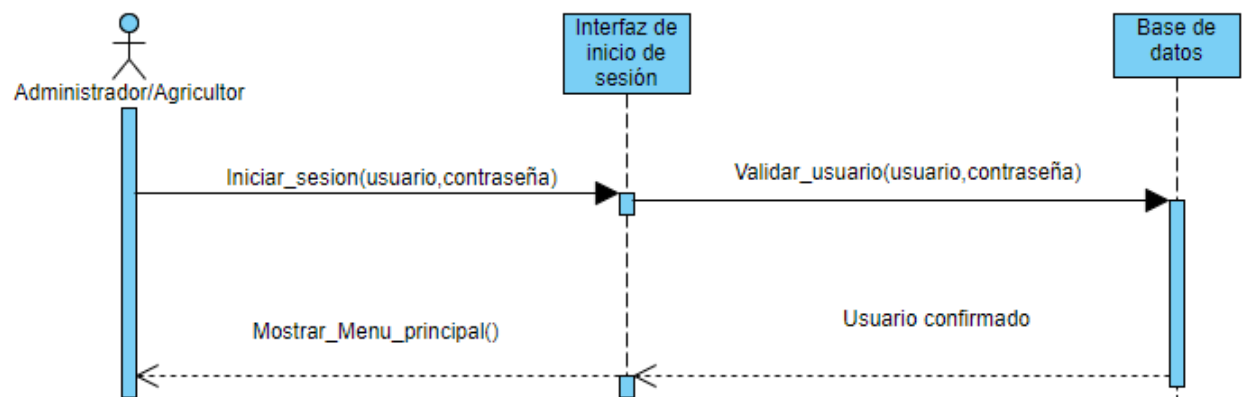


Ilustración 41 Diagrama de secuencia inicio de sesión. Fuente: propia

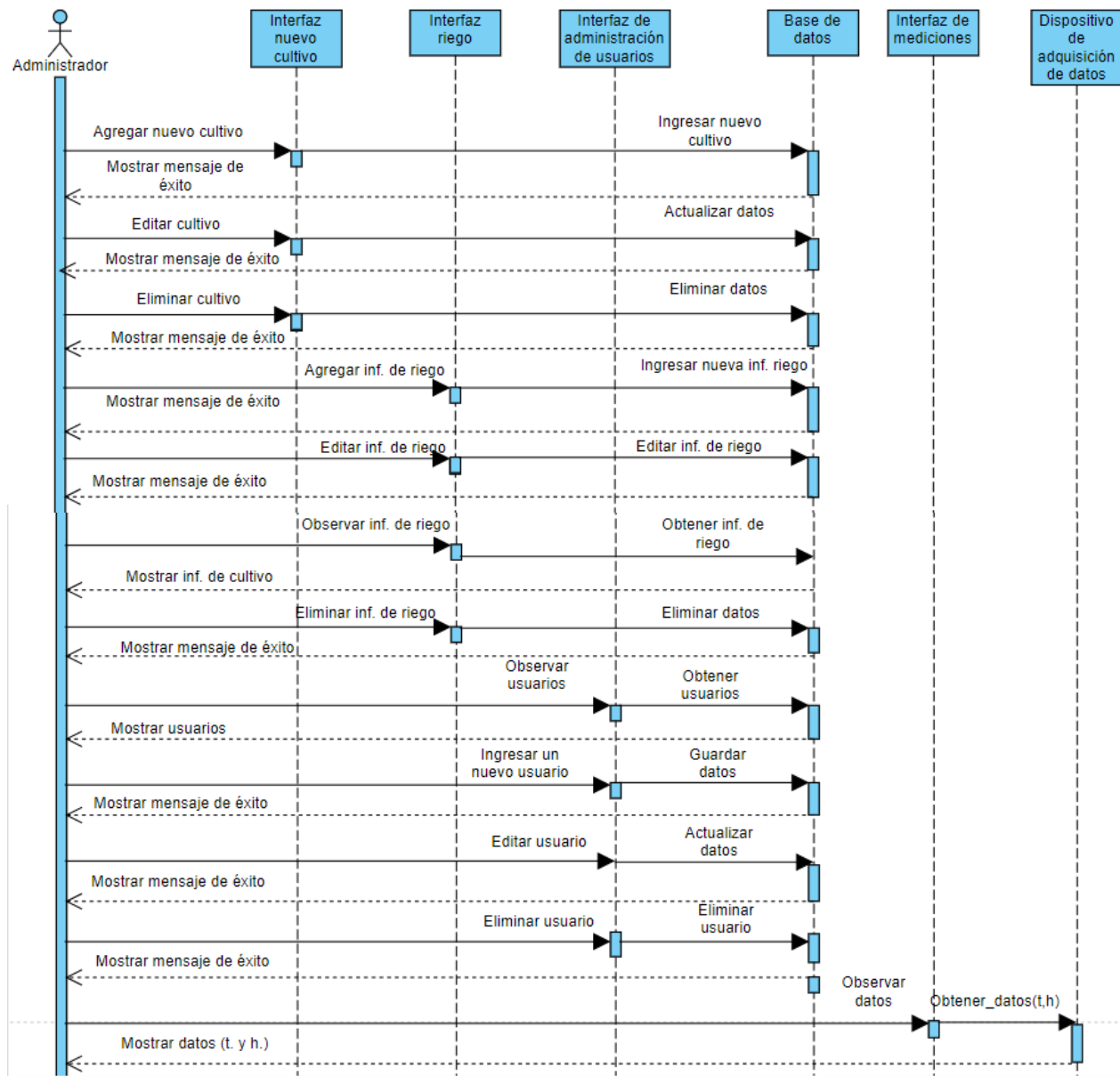


Ilustración 42 Diagrama de secuencia administrador. Fuente: propia

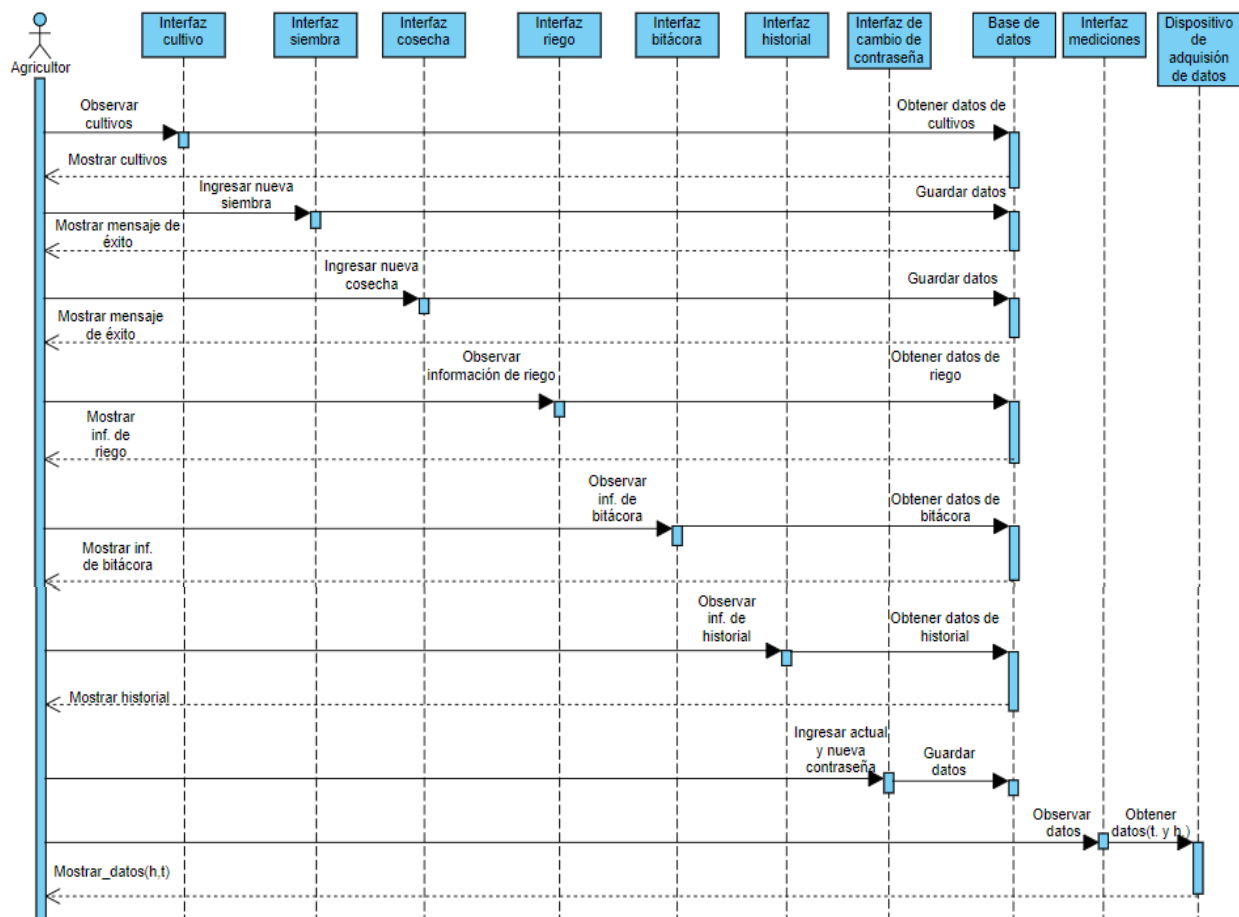


Ilustración 43 Diagrama de secuencia agricultor. Fuente: propia

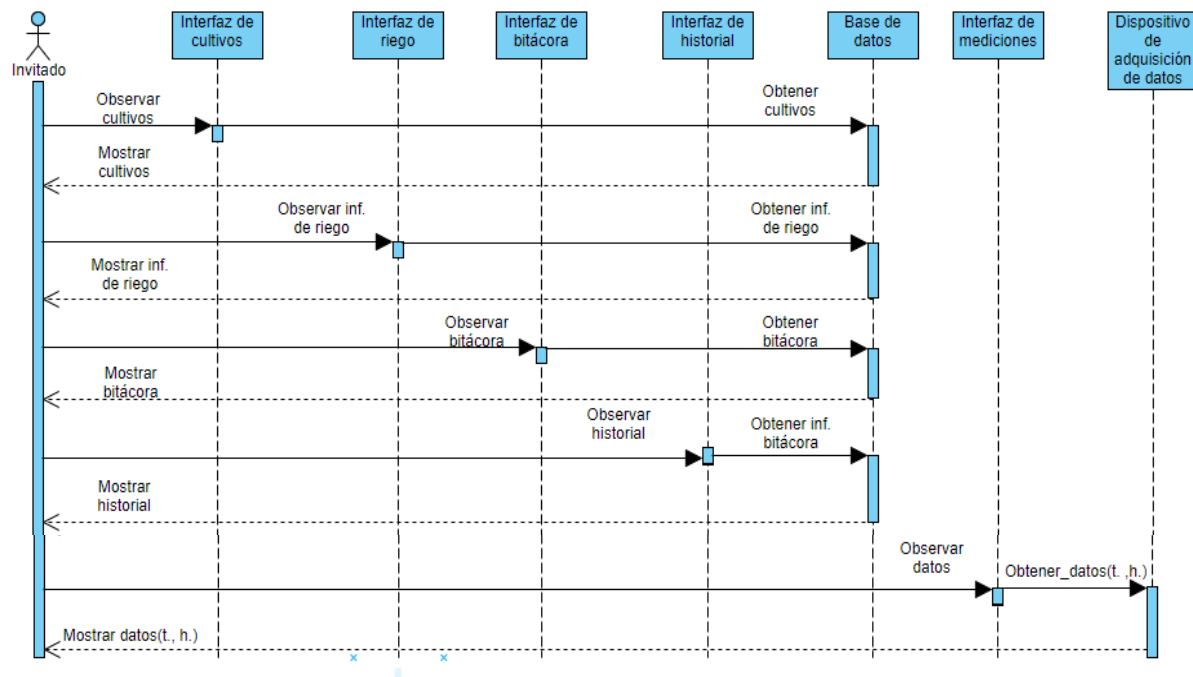


Ilustración 44 Diagrama de secuencia invitado. Fuente: propia

3.2.3.2 Diagrama E-R.

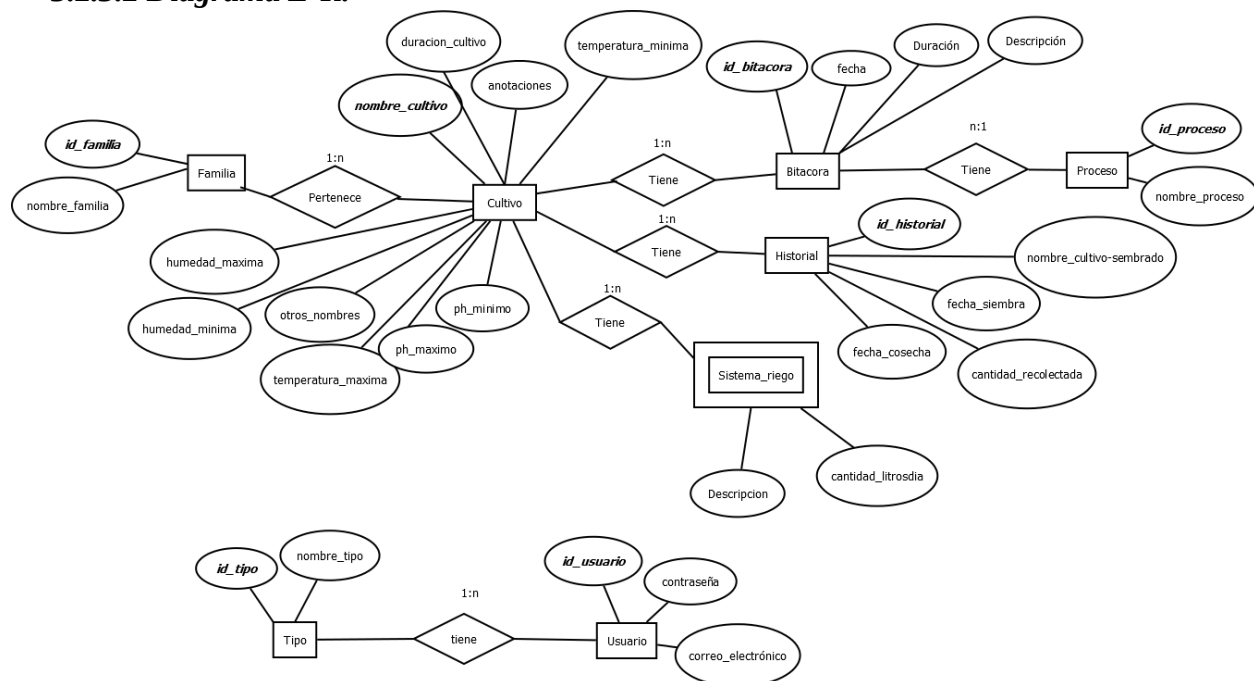
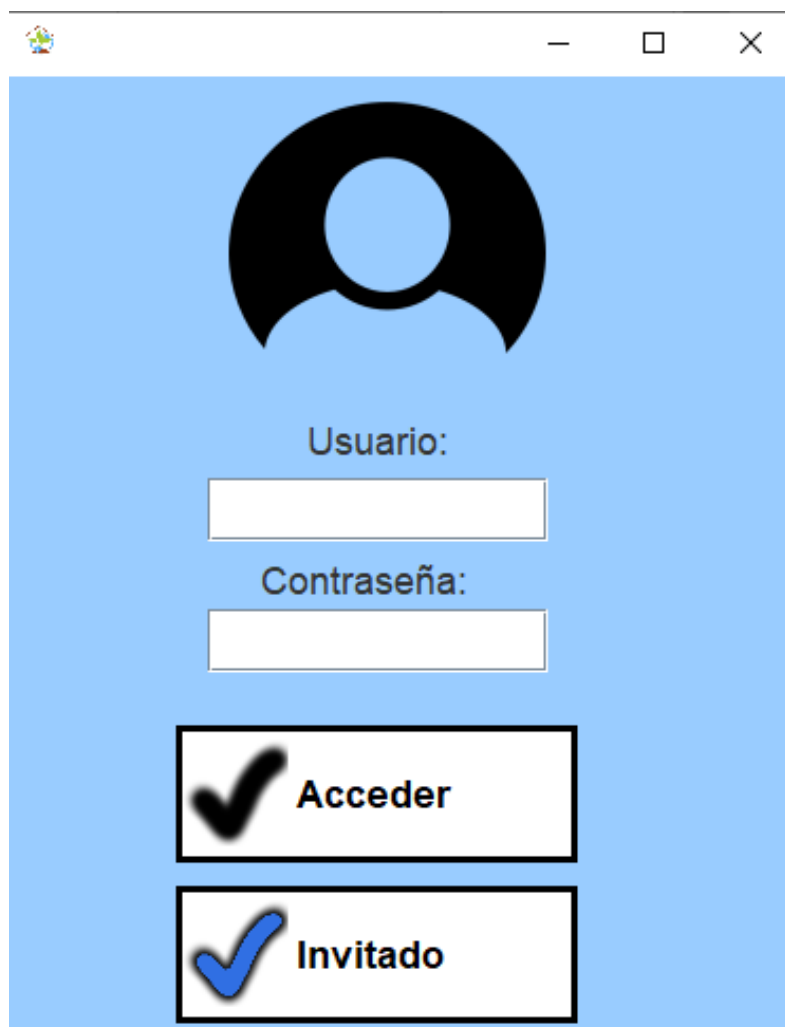


Ilustración 45 Diagrama E-R. Fuente: propia

3.2.3.3 Diseño de interfaces.

Diseño previo.



Usuario:

Contraseña:

✓ Acceder

✓ Invitado

Ilustración 46 Diseño inicial (Inicio de sesión). Fuente: Sistema ROCI-XS

Administrador



Ilustración 47 Diseño inicial (Menú admin.) Fuente: Sistema ROCI-XS

Ilustración 48 Diseño inicial (Agregar cultivo). Fuente: Sistema ROCI-XS

Sistema de Riego

Cultivo:

Descripción:

Litros por día:

 **Aceptar**  **Menú**  **Salir**

Ilustración 49 Diseño inicial (Agregar riego). Fuente: Sistema ROCI-XS

Usuarios

 **Usuario:**

Contraseña:

Tipo: **admin sistema** ▼

ID	CONTRASEÑA	TIPO
admin	admin123	admin sistema
usuario	usua123	admin inver

 **Agregar**  **Eliminar**  **Menú**  **Salir**

Ilustración 50 Diseño inicial (Usuarios). Fuente: Sistema ROCI-XS

Agricultor

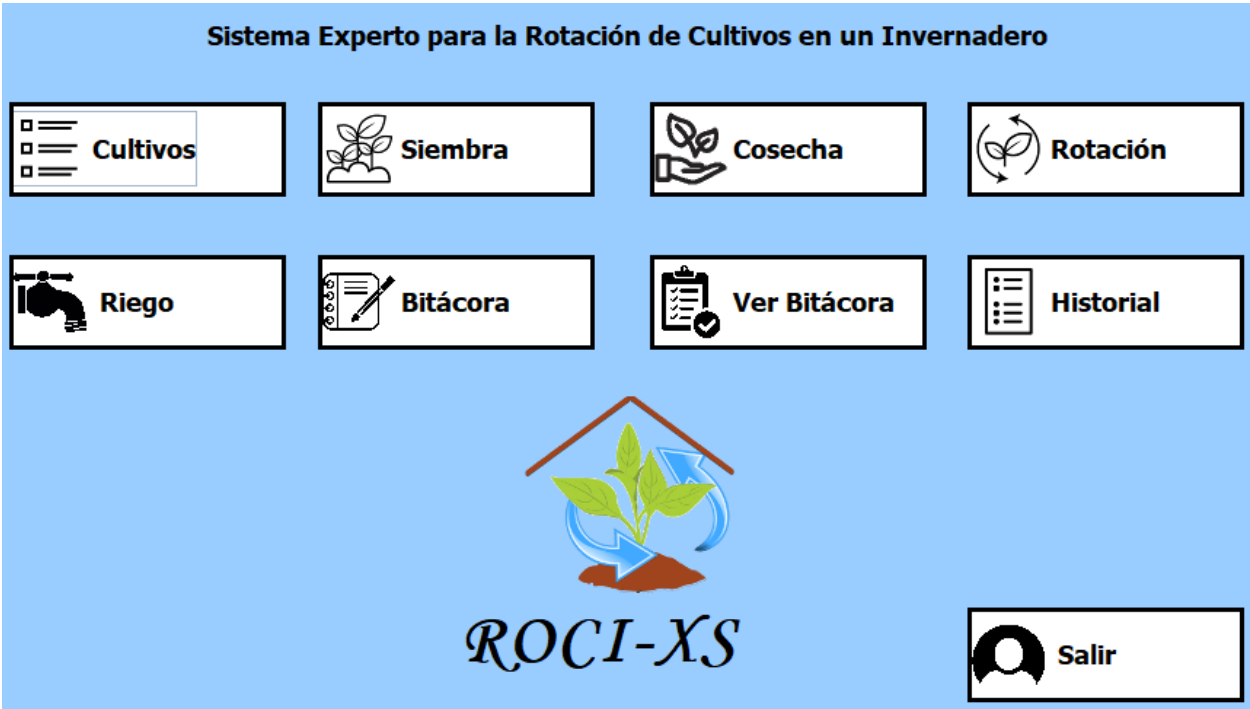


Ilustración 51 Diseño inicial(Menú agricultor). Fuente: Sistema ROCI-XS

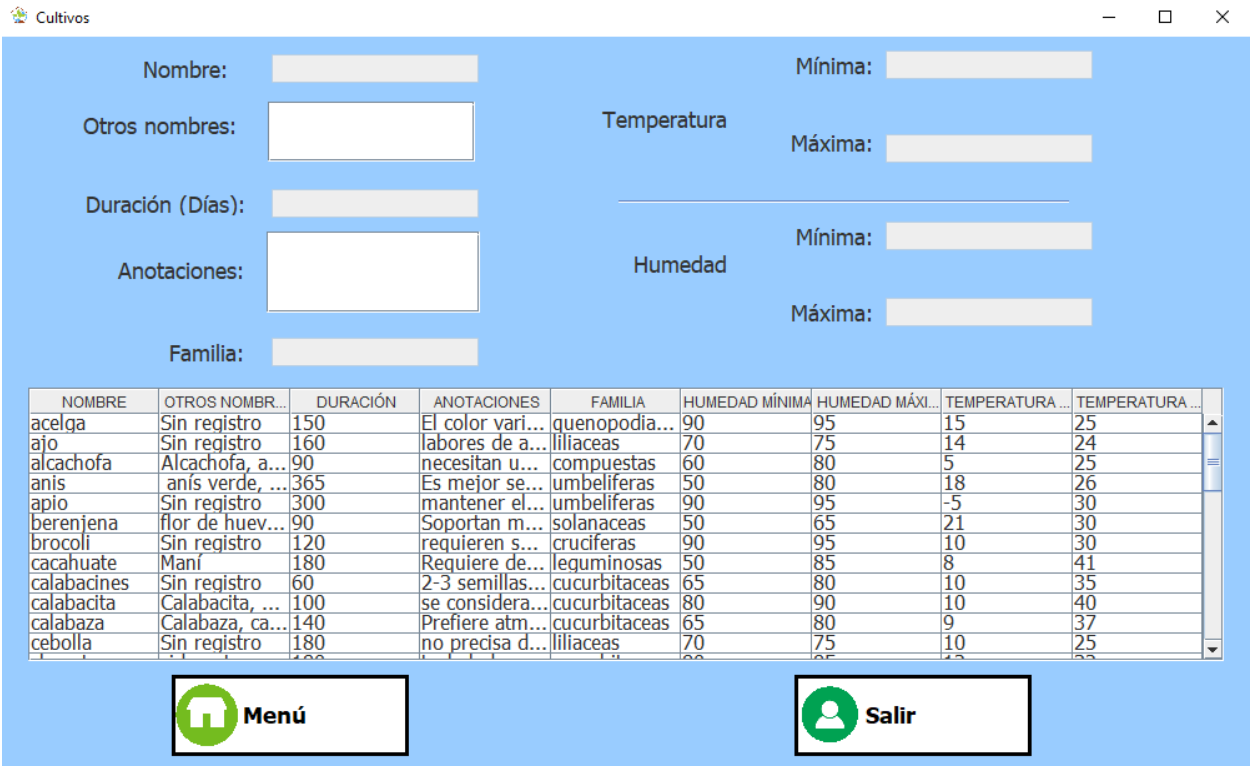


Ilustración 52 Diseño inicial(Ver cultivos). Fuente: Sistema ROCI-XS

Registrar siembra

Aún no agregas la cosecha de la última siembra

Nombre: ajo

Fecha: 2020-06-13

 Agregar  Menú  Salir

Ilustración 53 Diseño inicial(Registrar cosecha). Fuente: Sistema ROCI-XS

Registrar cosecha

Nombre: ajo

Siembra: 2020-06-13

Cosecha: 

Cantidad relcolectada: (Unidades)

 Agregar  Menú  Salir

Ilustración 54 Diseño inicial(Registrar cosecha). Fuente: Sistema ROCI-XS

Sistema de Riego

ID: Tiempo Riego:

Litros por día: 3 Riegos de

Descripción:

ID	Descripción	Litros por día
acelga	Se recomiendan aportes de ...	0.7
brocoli	Deben ser abundantes y reg...	0.8
cebolla	necesita de 4.5 litros por m...	0.173
chayote	El chayote necesita riegos fr...	4.0
calabacita	La calabacita como cultivo d...	1.5
chicharo	necesitan 13.5 litros de agu...	0.15
chile serrano	en el establecimiento la pla...	0.0
cilantro	Requiere 1.3 litros de agua ...	0.02
col	se recomienda que se den ri...	0.7
coliflor	180 ml diarios en la etapa ...	0.18
epazote	Se recomiendan aportes de ...	0.4

 **Menú**
 **Salir**

Ilustración 55 Diseño inicial(Sistema de riego).Fuente: Sistema ROCI-XS

Bitácora

Cultivo:

Fecha: 

Proceso: 

Duración(Minutos) :

Descripción:

 **Agregar**
 **Menú**
 **Salir**

Ilustración 56 Diseño inicial(Realizar bitácora). Fuente: Sistema ROCI-XS

 Bitácora
 — □ ×

ID:
Duración:

Fecha:
Cultivo:

Proceso:

Descripción:

ID	Fecha	Proceso	Descripción	Duración	Cultivo
1	2019-08-09	riego	sadsdsa	1	tomate


Menú


Salir

Ilustración 57 Diseño inicial(Ver bitácora).Fuente: Sistema ROCI-XS

Historial

ID:

Fecha cosecha:

Cultivo:

Cantidad :

Fecha siembra:

ID	Nombre cultivo	Fecha siembra	Fecha cosecha	Cantidad
1	tomate	2018-01-01	2018-05-05	1
2	tomate	2019-08-01	2019-08-10	1
3	ajo	2020-03-17	2020-03-27	122
4	ajo	2020-06-10	2020-06-12	7
5	ajo	2020-06-13	Sin registro	Sin registro

Menú

Salir

Ilustración 58 Diseño inicial(Historial). Fuente: Sistema ROCI-XS

Invitado

Menú Invitado

Sistema Experto para la Rotación de Cultivos en un Invernadero

Cultivos

Historial

Rotación

Bitácora

Riego

Salir

ROCI-XS

Ilustración 59 Diseño inicial(Menú invitado).Fuente: Sistema ROCI-XS

101

3.3.4 Construcción del prototipo.

La codificación de este prototipo es realizado en el lenguaje de programación Java, además del uso de conjuntos de librerías para la creación de interfaces gráficas más estéticas (Java FX).

El modelo utilizado es vista – controlador (MVC)

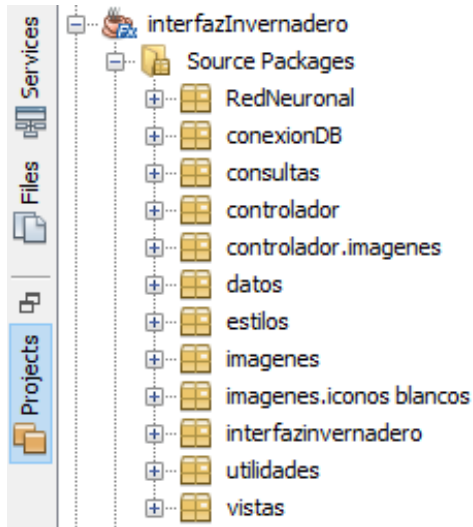


Ilustración 60 Paquetes (MVC). Fuente: propia

Controlador principal

Dicho controlador muestra la validación del inicio de sesión y al usuario las vistas correspondientes.

```
public class invernaderoController implements Initializable {  
  
    @FXML  
    private JFXButton iniciar, invitado, salir;  
  
    @FXML  
    private JFXTextField username;  
  
    @FXML  
    private JFXPasswordField password;  
  
    @FXML  
    private StackPane stack;  
  
    private Utilidad util;  
}
```

Ilustración 61 Atributos iteración 3. Fuente: propia

```

@FXML
private void handleButtonAction(ActionEvent event) throws IOException {
    if(event.getSource()==iniciar){
        String usuario=username.getText();
        String contrasena=password.getText();
        if(usuario.isEmpty() || contrasena.isEmpty()){
            Utilidad.hacerJOptionPane(stack,"Advertencia!","Debe llenar ambos campos");
        }else{
            int edo=validarUsuario(usuario,contrasena);

            if(edo==1){
                Stage anterior=(Stage)invitado.getScene().getWindow();
                util.llamarVista(anterior, "admin_interfaz.fxml");
            }else if(edo==2){
                Stage anterior=(Stage)invitado.getScene().getWindow();
                util.llamarVista(anterior, "menu_usuario_1.fxml");
            }else{
                Utilidad.hacerJOptionPane(stack, "Error", "Usuario no encontrado");
            }
        }
    }
    }else if(event.getSource()==invitado){
        Stage anterior=(Stage)invitado.getScene().getWindow();
        util.llamarVista(anterior, "invitado_interfaz.fxml");
    }
}

```

Ilustración 62 Acción del botón iniciar e invitado. Fuente: propia

RESPALDO DE OPERACIONES EN LA BASE DE DATOS REMOTA

Para acceder a la base de datos remota, la cual está alojada en heroku se crea un método llamado AccederMysql con los siguientes datos:

Nombre de la base de datos: heroku_d6f4d5e6c736ef7

Nombre del host: us-cdbr-iron-east-02.cleardb.net

Usuario: b82d0738fca900

Contraseña: 082dc71a

Esto con la finalidad de establecer una conexión con la base de datos, que nos permita actualizar y obtener los datos respaldados.

```

public Connection AccederMysql(){
    this.mysqlCon=null;
    try{
        Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
        Connection con=DriverManager.getConnection(
            "jdbc:mysql://us-cdbr-iron-east-02.cleardb.net:3306/heroku_d6f4d5e6c736ef7","b82d0738fca900","082dc71a");
        this.mysqlCon=con;
    }catch(Exception e){ System.out.println(e);}
    return this.mysqlCon;
}

```

Ilustración 63 Método de conexión a base de datos remota. Fuente: propia

Cada vez que se realiza una operación INSERT, UPDATE o DELETE en la base de datos local, se hace una llamada al método “guardarConsulta” que se encarga de hacer un respaldo de todos los cambios hechos en la base de datos (local), los cuales son guardados en un archivo llamado “bitacora.obj” y que están listos para ser respaldados en la base de datos (remota) cuando exista una conexión a internet.

```

public static void guardarConsulta(File archivo,ArrayList<Consulta> consultas){
    try {
        consultas.add(null);
        FileOutputStream fos=new FileOutputStream(archivo);
        ObjectOutputStream oos=new ObjectOutputStream(fos);
        for(Consulta c:consultas){
            oos.writeObject(c);
        }
        oos.close();
        fos.close();
        System.out.println("Se guardaron "+consultas.size()+" consultas.");
    } catch (Exception ex) {
        ex.printStackTrace();
    }
}

```

Ilustración 64 Respaldo de cambios. Fuente: propia

La siguiente imagen muestra un método que realiza una tarea en segundo plano, la cual se encarga de verificar si existe una conexión a internet, en caso de existir dicha conexión, se siguen los siguientes pasos:

- 1.- Leer el archivo “bitacora.obj”
- 2.- Hacer una conexión con la base de datos remota
- 3.- Obtener las operaciones realizadas en la base de datos local, y verificar si ya fueron respaldadas con anterioridad.
- 4.- En el caso de no haber sido respaldadas, se realiza el respaldo necesario.

```
public class Respalidar implements Runnable{

    @Override
    public void run() {
        if(Utilidad.isConnected()){
            ArrayList<Consulta> consultas=Utilidad.getConsultas();
            Conexion c=new Conexion();
            Connection con=c.AccederMysql();
            for(Consulta consulta:consultas){
                if(!consulta.isEstado()){
                    try {
                        PreparedStatement ps=con.prepareStatement(consulta.getSql());
                        ps.executeUpdate();
                        consulta.setEstado(true);
                    } catch (SQLException ex) {
                        ex.printStackTrace();
                    }
                }
            }
            Utilidad.guardarConsulta(new File("bitacora.obj"), consultas);
            c.cerrarMysql();
        }
    }
}
```

Ilustración 65 Respaldo en la base de datos remota. Fuente: propia

RESTAURACIÓN DE LA BASE DE DATOS LOCAL

Se verifica si existe conexión a internet y se procede a restaurar la base de datos local a partir de la base de datos remota.

```
@Override
public void initialize(URL location, ResourceBundle resources) {
    label.setVisible(false);
    progress.setVisible(false);
    restaurar.setOnAction(new EventHandler<ActionEvent>() {
        @Override
        public void handle(ActionEvent event) {
            if(isConected()){
                new Thread()->{
                    restaurar.setDisable(true);
                    progress.setVisible(true);
                    label.setVisible(true);
                    File directorio=new File("DB/");
                    if(directorio.exists()){
                        deleteFolder(directorio);
                    }
                    Conexion cone=new Conexion();
                    cone.CrearBD();

                    progress.setVisible(false);
                    label.setVisible(false);
                    Platform.runLater()->{
                        hacerJOptionPane("Exito","La base de datos fue restaurada.");
                    };
                }).start();
            }else{
                hacerJOptionPane("Advertencia","No hay conexión a internet.");
            }
        }
    });
}
```

Ilustración 66 Código restauración de base de datos local. Fuente: propia

3.3.5 Despliegue, entrega y retroalimentación.

RESTAURACIÓN DE LA BASE DE DATOS LOCAL

En caso de que la base de datos local sea borrada o tenga daños, se puede restaurar por medio de la siguiente interfaz.



Ilustración 67 Interfaz de recuperación de base de datos. Fuente: propia

Al presionar el botón “RESTAURAR” se verifica si existe conexión a internet y se procede a restaurar la base de datos local a partir de la base de datos remota.

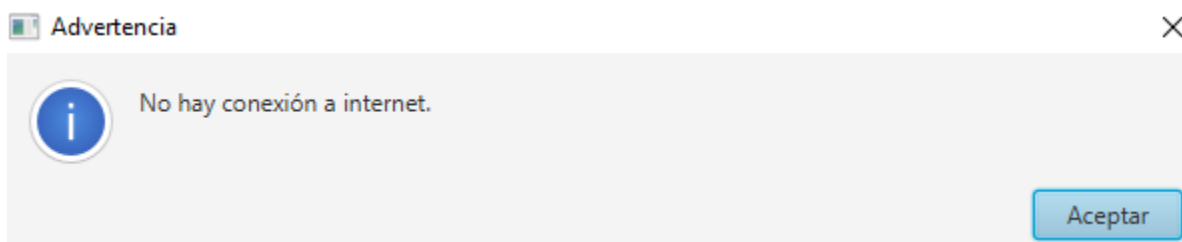


Ilustración 68 Mensaje de no conexión a internet. Fuente: propia

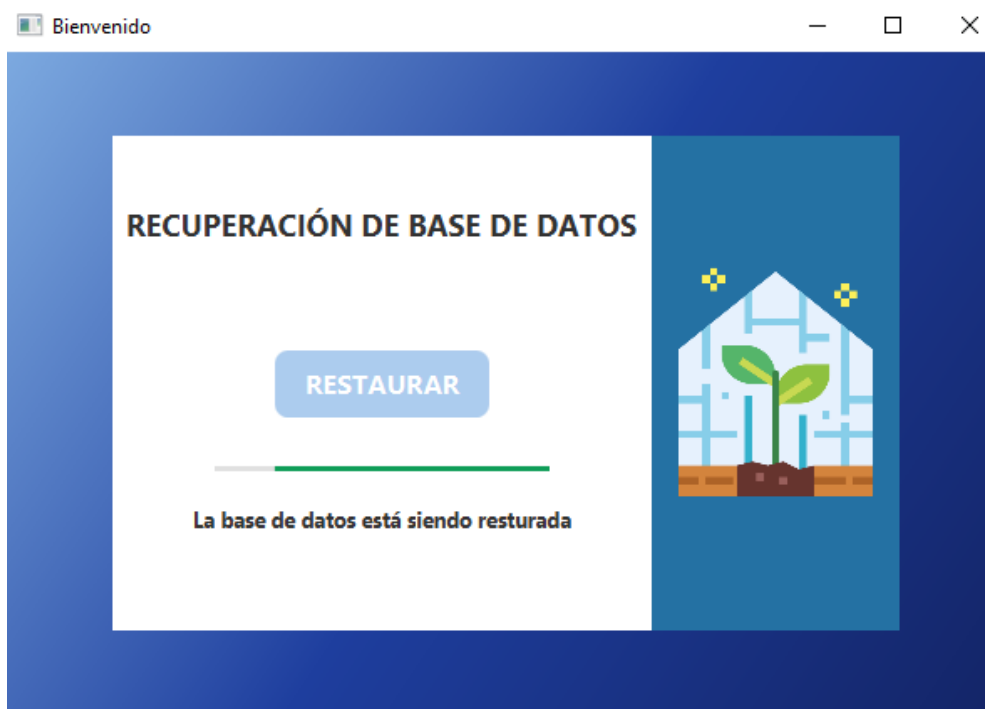


Ilustración 69 Interfaz de base de datos restaurada. Fuente: propia

RECUPERACIÓN DE CONTRASEÑA

En caso de olvidar la contraseña de inicio de sesión, los usuarios pueden ingresar al link “¿Olvido su contraseña?”, la cual mostrará una ventana en la que se ingresará el correo electrónico al que se enviará la nueva contraseña.

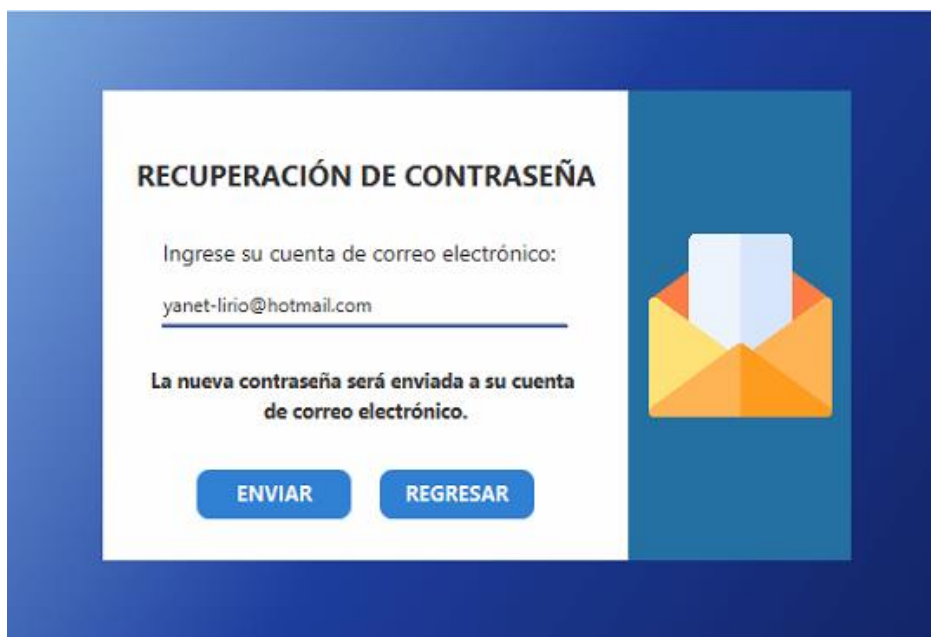


The illustration shows a login window titled "INICIO DE SESIÓN" on a dark blue background. The window has a white background and contains the following elements:

- A label "USUARIO" above a text input field.
- A label "CONTRASEÑA" above a password input field with a masked password "*****".
- A link "[¿Olvido su contraseña?](#)" below the password field.
- Two buttons: "INICIAR" and "INVITADO".

To the right of the input fields is a decorative illustration of a green plant growing out of a brown pot, with a blue grid pattern in the background.

Ilustración 70 Ventana de inicio de sesión con recuperación de contraseña. Fuente: propia



The illustration shows a password recovery window titled "RECUPERACIÓN DE CONTRASEÑA" on a dark blue background. The window has a white background and contains the following elements:

- A label "Ingrese su cuenta de correo electrónico:" above a text input field.
- A text input field containing the email address "yanet-lirio@hotmail.com".
- A message "La nueva contraseña será enviada a su cuenta de correo electrónico." below the input field.
- Two buttons: "ENVIAR" and "REGRESAR".

To the right of the input fields is a decorative illustration of an open yellow envelope with a white card inside, set against a blue background.

Ilustración 71 Recuperación de contraseña. Fuente: propia

Al dar clic en el botón “ENVIAR”, el sistema muestra el mensaje.

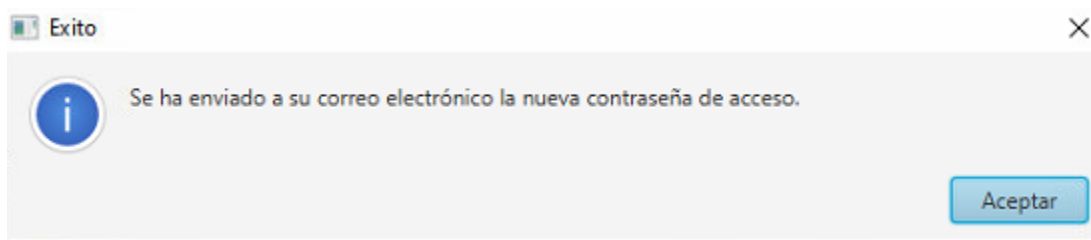


Ilustración 72 Mensaje de aviso (contraseña). Fuente: propia

La nueva contraseña se encontrará en la bandeja de entrada del correo electrónico.

Restablecer contraseña



sistemaexpertoinvernadero@gmail.com <sistemaexpertoinvernadero@gmail.com>
12:12 a. m.

Para: yanet-lirio@hotmail.com



La nueva contraseña de inicio de sesión que solicitó es:

7pZdjTCa

Ilustración 73 Contraseña nueva. Fuente: propia

ADMINISTRADOR

Nombre de usuario: admin

Contraseña: admin123



Ilustración 74 Ventana inicio de sesión administrador. Fuente: propia

Ventana de inicio.



Ilustración 75 Ventana inicio. Fuente: propia

MÓDULO CULTIVOS

En esta pantalla el administrador podrá ver, agregar, editar o eliminar un cultivo.

RNPAS-RC

CULTIVOS
Los campos con * son obligatorios

*Nombre:
Otros nombres:
*Duración (Días):
Anotaciones:
*Familia: Seleccione una opción

Temperatura (°C)
*Mínimo:
*Máximo:
Humedad (%)
*Mínimo:
*Máximo:
Ph
*Mínimo:
*Máximo:

Buscar cultivo:

Nombre	Otros nombres	Duración	Anotaciones	Familia	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima
Acelga	Acelga suiza, re...	90 Días	Mantener la hu...	Quenopodiáceas	6°C	33°C
Ajo		135 Días	El suelo debe ...	Liláceas	0°C	24°C
Alcachofa	Alcachofa, alc...	200 Días	Necesitan una ...	Compuestas	7°C	29°C
Anís	Anís verde, mata...	120 Días	Es mejor sembr...	Umbelíferas	18°C	26°C
Apio	Perejil de agua, ...	130 Días	El apio es fácil ...	Umbelíferas	10°C	21°C

AGREGAR EDITAR ELIMINAR LIMPIAR

Ilustración 76 Ventana cultivos. Fuente: propia

Los cuadros de texto se rellenan al seleccionar una fila en la tabla, para poder observar con más detalle la información de cada cultivo.

RNPAS-RC

CULTIVOS
Los campos con * son obligatorios

*Nombre: Alcachofa
Otros nombres: Alcachofa, alcaucil.
*Duración (Días): 200
Anotaciones: Necesitan una humedad regular pero no soportan el exceso de...
*Familia: Compuestas

Temperatura (°C)
*Mínimo: 7
*Máximo: 29
Humedad (%)
*Mínimo: 60
*Máximo: 80
Ph
*Mínimo: 6.0
*Máximo: 7.5

Buscar cultivo:

Nombre	Otros nombres	Duración	Anotaciones	Familia	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima
Acelga	Acelga suiza, re...	90 Días	Mantener la hu...	Quenopodiáceas	6°C	33°C
Ajo		135 Días	El suelo debe ...	Liláceas	0°C	24°C
Alcachofa	Alcachofa, alc...	200 Días	Necesitan una ...	Compuestas	7°C	29°C
Anís	Anís verde, mata...	120 Días	Es mejor sembr...	Umbelíferas	18°C	26°C
Apio	Perejil de agua, ...	130 Días	El apio es fácil ...	Umbelíferas	10°C	21°C

AGREGAR EDITAR ELIMINAR LIMPIAR

Ilustración 77 Ver cultivos. Fuente: propia

Agregar un nuevo cultivo: se requiere ingresar los datos correspondientes y dar clic en el botón “AGREGAR”.

RNPAS-RC

CULTIVOS
Los campos con * son obligatorios

*Nombre: Jicama
Otros nombres:
*Duración (Días): 80
Anotaciones:
*Familia: Leguminosas

Temperatura (°C)
*Mínimo: 12
*Máximo: 24
Humedad (%)
*Mínimo: 39
*Máximo: 50
Ph
*Mínimo: 4
*Máximo: 6

Buscar cultivo:

Nombre	Otros nombres	Duración	Anotaciones	Familia	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima
Remolacha	Betabel, betarra...	105 Días	Suele crecer de...	Quenopodiáceas	10°C	30°C
Repollo	Col.	88 Días	Son plantas de ...	Crucíferas	10°C	25°C
Rábanos	Rabanito.	70 Días	Prefieren luz so...	Crucíferas	4°C	21°C
Sandía	Melón de agua, ...	110 Días	Prefieren zonas...	Cucurbitáceas	15°C	35°C
Soja	Soya, frijol soya, ...	130 Días	Los cultivos de ...	Leguminosas	13°C	33°C
Tomate	Jitomate.	90 Días	Para favorecer ...	Solanáceas	18°C	35°C

AGREGAR EDITAR ELIMINAR LIMPIAR

Ilustración 78 Agregar un nuevo cultivo. Fuente: propia

Para terminar con éxito la operación, el sistema manda una advertencia para aceptar o cancelar.

Advertencia

¿Está seguro de registrar el cultivo?

Aceptar Cancelar

Ilustración 79 Mensaje de confirmación cultivo (Agregar). Fuente: propia

Exito

Operación exitosa

Aceptar

Ilustración 80 Mensaje de operación exitosa. Fuente: propia

Búsqueda de un cultivo en específico.

RNPAS-RC

CULTIVOS
Los campos con * son obligatorios

*Nombre:
Otros nombres:
*Duración (Días):
Anotaciones:
*Familia: Seleccione una opción

Temperatura (°C)
*Mínimo:
*Máximo:
Humedad (%)
*Mínimo:
*Máximo:
Ph
*Mínimo:
*Máximo:

Buscar cultivo:

Nombre	Otros nombres	Duración	Anotaciones	Familia	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima
Chile habanero	Ají chino.	120 Días	Se adapta a am...	Solanáceas	15°C	30°C
Chile jalapeño	Chile cueresmeño.	75 Días	Mantener la tie...	Solanáceas	15°C	30°C
Chile poblano	Chile gordo, chil...	65 Días	Fertilizar las pla...	Solanáceas	18°C	35°C
Chile serrano	Chile verde.	110 Días	Se adapta a am...	Solanáceas	21°C	35°C

AGREGAR EDITAR ELIMINAR LIMPIAR

Ilustración 81 Búsqueda cultivo. Fuente: propia

Editar: Al seleccionar un registro y no se realiza ninguna modificación, se muestra al usuario el siguiente mensaje.

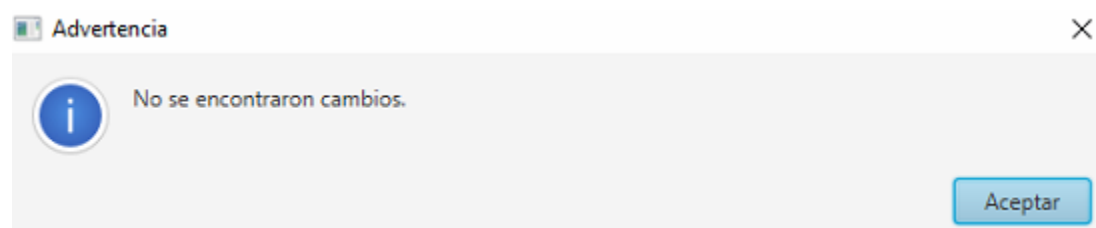


Ilustración 82 Mensaje de edición. Fuente: propia

Al modificar el registro del cultivo y dar clic en el botón “EDITAR”, se le mostrará al usuario el siguiente mensaje.

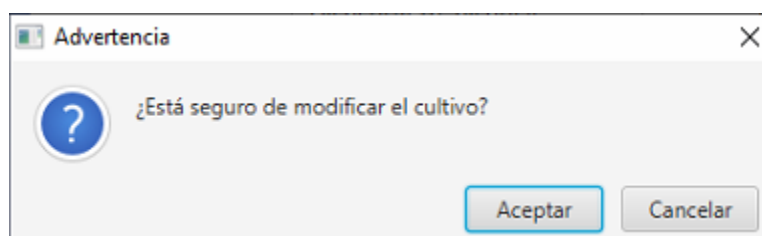


Ilustración 83 Mensaje de confirmación cultivo (Editar). Fuente: propia

Eliminar

Para eliminar el registro, se selecciona un cultivo en la tabla y se da clic en el botón “ELIMINAR”.

No se puede eliminar los cultivos que ya hayan estado en etapa de cosecha con anterioridad o que se encuentre en proceso de siembra actualmente.



Ilustración 84 Opción eliminar cultivo. Fuente: propia

MÓDULO RIEGO

RNPAS-RC

- Inicio
- Nuevo cultivo
- Riego
- Usuarios
- Análisis de suelo
- Mediciones
- Salir

RIEGO

Los campos con * son obligatorios

*Nombre del cultivo: Seleccione una opción...

*Descripción:

*Litros por día:

Buscar cultivo:

Nombre	Litros por día	Descripción
Acelga	0.7 L	Se recomiendan aportes de agua constantes después de la plantación.
Brócoli	0.8 L	Deben ser abundantes y regulares en la fase de crecimiento. Se riegan.
Calabacín	0.15 L	Es una planta exigente en humedad, que precisa riegos más frecuentes.
Calabaza	0.15 L	Este cultivo necesita mucha agua para poder desarrollarse con éxito.
Cebolla	0.173 L	Necesita de 4.5 litros por metro cuadrado y de 173 ml de agua por metro cuadrado.

AGREGAR EDITAR ELIMINAR LIMPIAR

Ilustración 85 Ventana riego administrador. Fuente: propia

Se puede agregar nueva información de riego a un cultivo en específico.

RNPAS-RC

- Inicio
- Nuevo cultivo
- Riego
- Usuarios
- Análisis de suelo
- Mediciones
- Salir

RIEGO

Los campos con * son obligatorios

*Nombre del cultivo: Berenjena

*Descripción: Riego por goteo

*Litros por día: 1.2

Buscar cultivo:

Nombre	Litros por día	Descripción
Acelga	0.7 L	Se recomiendan aportes de agua constantes después de la plantación.
Brócoli	0.8 L	Deben ser abundantes y regulares en la fase de crecimiento. Se riegan.
Calabacín	0.15 L	Es una planta exigente en humedad, que precisa riegos más frecuentes.
Calabaza	0.15 L	Este cultivo necesita mucha agua para poder desarrollarse con éxito.
Cebolla	0.173 L	Necesita de 4.5 litros por metro cuadrado y de 173 ml de agua por metro cuadrado.

AGREGAR EDITAR ELIMINAR LIMPIAR

Ilustración 86 Agregar nueva información de riego. Fuente: propia

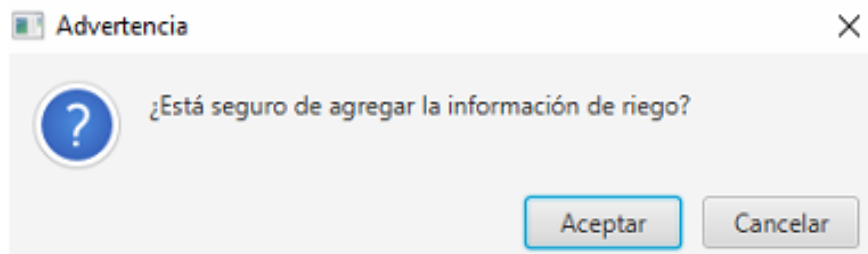


Ilustración 87 Mensaje de confirmación riego(Agregar). Fuente: propia

Editar

Seleccionar el registro en la tabla a modificar, después de realizar los cambios, dar clic en “AGREGAR”.

RNPAS-RC

- Inicio
- Nuevo cultivo
- Riego
- Usuarios
- Análisis de suelo
- Mediciones
- Salir

RIEGO

Los campos con * son obligatorios

*Nombre del cultivo: Calabacín

*Descripción: Es una planta exigente en humedad, que precisa riegos más frecuentes con la aparición de los primeros frutos.

*Litros por día: 0.15

Buscar cultivo:

Nombre	Litros por día	Descripción
Acelga	0.7 L	Se recomiendan aportes de agua constantes después de la plantación.
Brócoli	0.8 L	Deben ser abundantes y regulares en la fase de crecimiento. Se riegan con agua.
Calabacín	0.15 L	Es una planta exigente en humedad, que precisa riegos más frecuentes con la aparición de los primeros frutos.
Calabaza	0.15 L	Este cultivo necesita mucha agua para poder desarrollarse con éxito.
Cebolla	0.173 L	Necesita de 4.5 litros por metro cuadrado y de 173 ml de agua por planta.

AGREGAR EDITAR ELIMINAR LIMPIAR

Ilustración 88 Editar información de riego. Fuente: propia

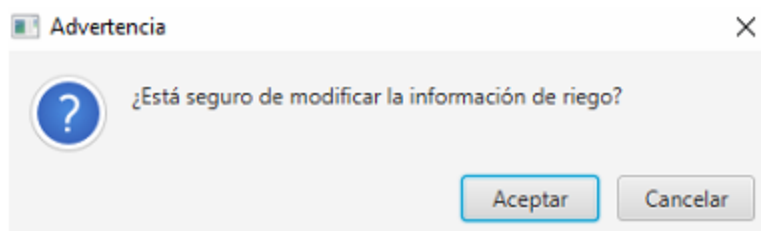


Ilustración 89 Mensaje de confirmación riego (Editar). Fuente: propia

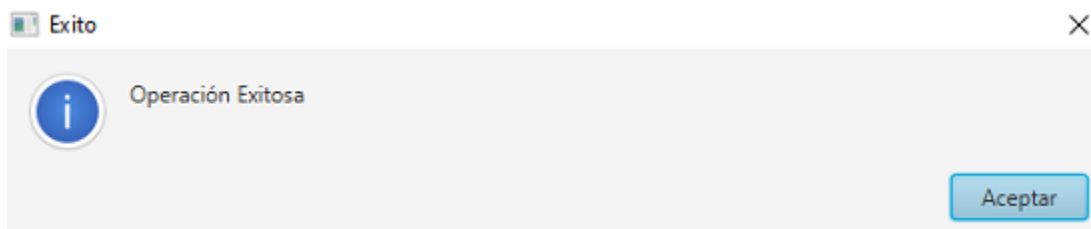


Ilustración 90 Mensaje de operación exitosa riego(Editar). Fuente: propia

Eliminar

Seleccionar el registro que se desee eliminar y dar clic en el botón “ELIMINAR”.

RNPAS-RC

RIEGO

¿Está seguro de eliminar la información de riego?

Aceptar Cancelar

*Litros por día: 1.2

Buscar cultivo:

Nombre	Litros por día	Descripción
Acelga	0.7 L	Se recomiendan aportes de agua constantes después de la plantación.
Berenjena	1.2 L	Riego por goteo.
Brócoli	0.8 L	Deben ser abundantes y regulares en la fase de crecimiento. Se recomienda riego por goteo.
Calabacín	0.15 L	Es una planta exigente en humedad, que precisa riegos más frecuentes.
Calabaza	0.15 L	Este cultivo necesita mucha agua para poder desarrollarse con éxito.

AGREGAR EDITAR ELIMINAR LIMPIAR

Ilustración 91 Mensaje de confirmación riego (Eliminar). Fuente: propia

Búsqueda

En la sección llamada “Buscar cultivo”, se ingresará el nombre del cultivo deseado y se mostrará en la tabla, los posibles resultados.

RNPAS-RC

- Inicio
- Nuevo cultivo
- Riego
- Usuarios
- Análisis de suelo
- Mediciones
- Salir

RIEGO

Los campos con * son obligatorios

*Nombre del cultivo: Calabacín

*Descripción: Es una planta exigente en humedad, que precisa riegos más frecuentes con la aparición de los primeros frutos.

*Litros por día: 0.15

Buscar cultivo: Cha

Nombre	Litros por día	Descripción
Chayote	0.4 L	El chayote necesita riegos frecuentes en épocas de secas, las necesi...
Chicharo	0.135 L	Necesitan 13.5 litros de agua por planta, en todo el ciclo de produc...

AGREGAR EDITAR ELIMINAR LIMPIAR

Ilustración 92 Búsqueda de información de riego. Fuente: propia

MÓDULO USUARIOS

El administrador podrá ver, agregar, actualizar o eliminar un usuario de acuerdo al caso deseado.

Nombre de usuario	Contraseña	Correo electrónico	Tipo
admin	admin123	15161423@itoaxaca.edu.mx	Administrador del sistema
usuario	usua123	alaner96@gmail.com	Agricultor
Yeimi	12345678	yanet-lirio@hotmail.com	Administrador del sistema
UsuarioN	12345	halo_24000@hotmail.com	Agricultor

Ilustración 93 Administración de usuarios. Fuente: propia

Al seleccionar una fila en la tabla se pueden observar a detalle la información de cada usuario.

Nombre de usuario	Contraseña	Correo electrónico	Tipo
admin	admin123	15161423@itoaxaca.edu.mx	Administrador del sistema
usuario	usua123	alaner96@gmail.com	Agricultor
Yeimi	12345678	yanet-lirio@hotmail.com	Administrador del sistema
UsuarioN	12345	halo_24000@hotmail.com	Agricultor

Ilustración 94 Ver usuarios. Fuente: propia

Agregar

Rellenar todos los campos, seleccionar el tipo de usuario y dar clic en “AGREGAR”.

RNPAS-RC

- Inicio
- Nuevo cultivo
- Riego
- Usuarios
- Análisis de suelo
- Mediciones
- Salir

USUARIOS



Nombre de usuario:

Contraseña:

Correo electrónico:

Tipo de usuario:

Nombre de usuario	Contraseña	Correo electrónico	Tipo
admin	admin123		Administrador del sistema
usuario	usua123	alanerr96@gmail.com	Agricultor
Yeimi	12345678	yanet-lirio@hotmail.com	Administrador del sistema
UsuarioN	12345	halo_24000@hotmail.com	Agricultor

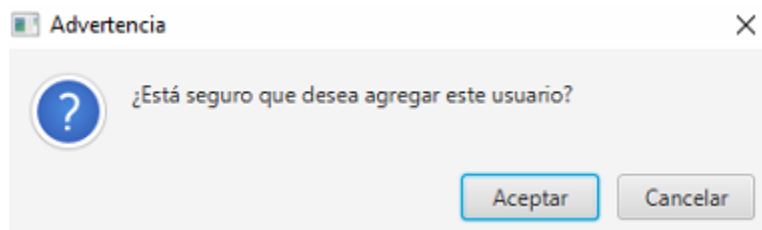


Ilustración 95 Mensaje de confirmación usuarios(Agregar). Fuente: propia

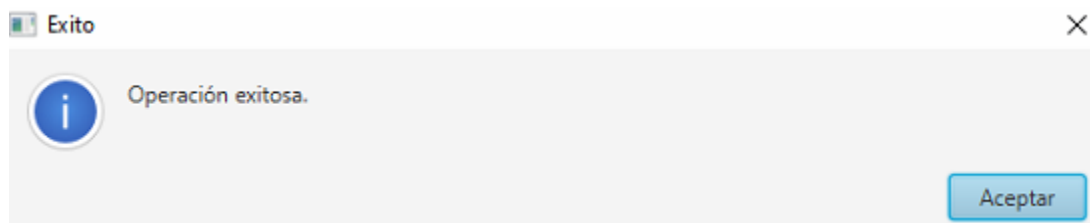


Ilustración 96 Operación exitosa usuarios(Agregar). Fuente: propia

Editar

Modificar el usuario que desee y dar clic en el botón “EDITAR”.



Ilustración 97 Mensaje de confirmación usuarios (Editar). Fuente: propia

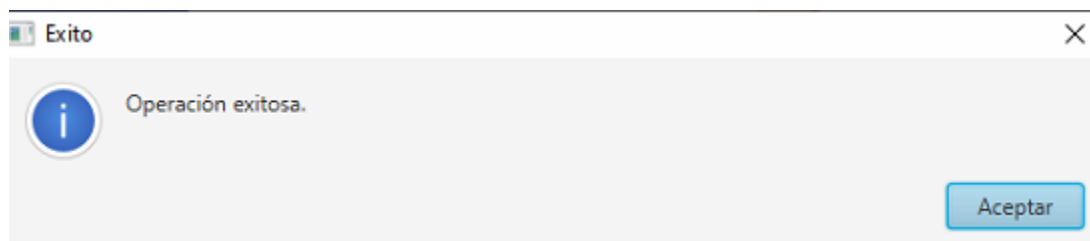


Ilustración 98 Operación exitosa usuarios(Editar). Fuente: propia

Eliminar

Seleccionar el usuario que se desee eliminar y dar clic en el botón “ELIMINAR”.



Ilustración 99 Mensaje de confirmación usuarios(Eliminar). Fuente: propia



Ilustración 100 Operación exitosa usuarios(Eliminar). Fuente: propia

MÓDULO ANÁLISIS DE SUELO

En caso de no encontrar conexión con el dispositivo de adquisición de datos mostrará la siguiente imagen. Esta ventana es visible para administrador y agricultor.



Ilustración 101 Ventana falla de conexión. Fuente: propia

Cuando la conexión este restaurada muestra la siguiente ventana; para obtener los datos dar clic en “Tomar mediciones”, el cual internamente toma 10 mediciones globales (temperatura, humedad y ph) y muestra un promedio de los datos obtenidos.



Ilustración 102 Ventana análisis de datos administrador. Fuente: propia

Al dar clic en el botón “Tomar mediciones”, muestra al usuario el siguiente mensaje.

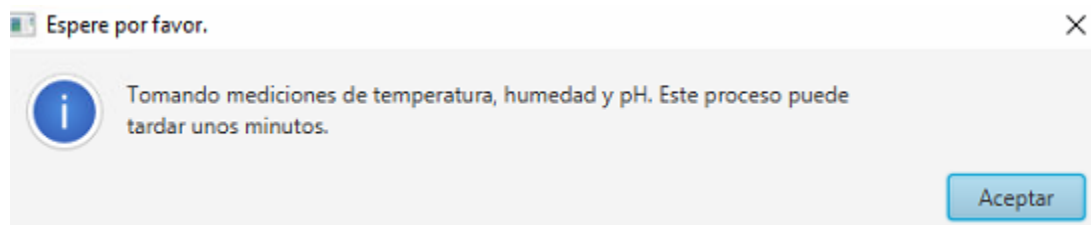


Ilustración 103 Mensaje de aviso (Análisis). Fuente: propia

Con los datos ya obtenidos, se selecciona la familia anterior entre las 8 opciones.

RNPAS-RC

- Inicio
- Nuevo cultivo
- Riego
- Usuarios
- Análisis de suelo
- Mediciones
- Salir

ANÁLISIS DEL SUELO

Tomar mediciones

DATOS OBTENIDOS

PH: 6.99

Humedad: 39.40

Temperatura: 24.60

Familia anterior: Selecciona una opción...

CALCULAR

Ilustración 104 Ventana análisis de datos administrador. Fuente: propia



Ilustración 105 Opciones (Análisis del suelo). Fuente: propia

Al dar clic en el botón “CALCULAR”, la red neuronal comienza el análisis y muestra dos opciones de cultivos más óptimos a sembrar.

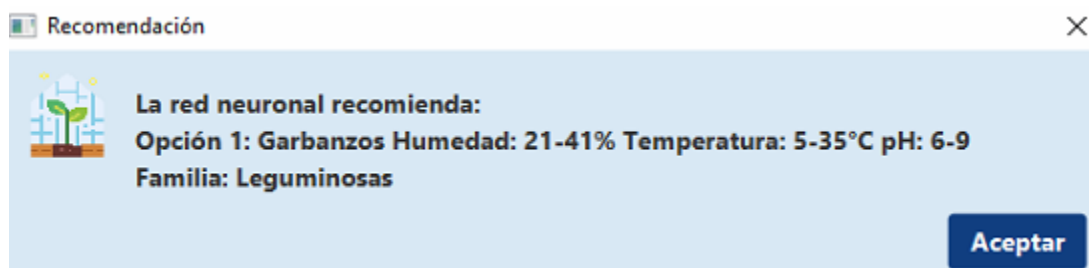


Ilustración 106 Ventana red neuronal. Fuente: propia

Sección mediciones: Muestra en tiempo real los valores de temperatura y humedad. Esta ventana es visible para administrador, agricultor e invitado.

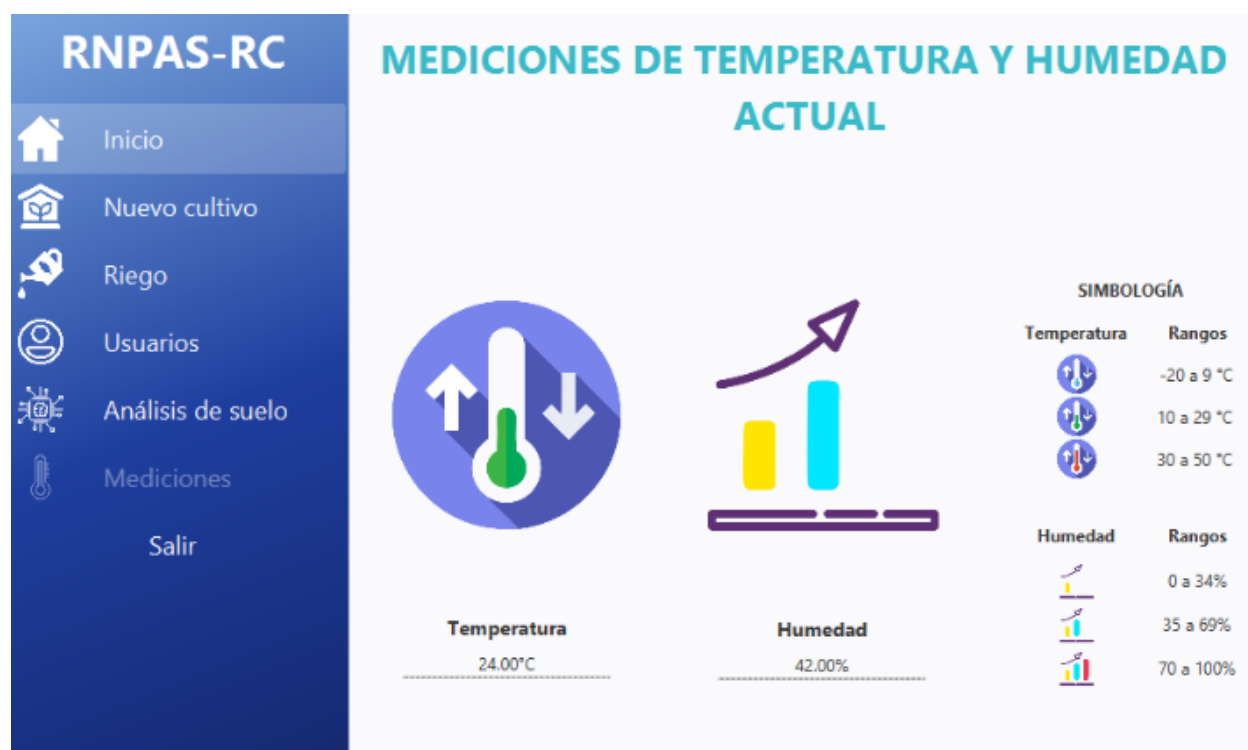


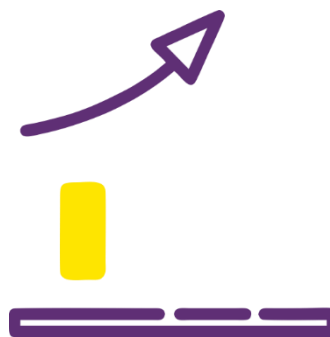
Ilustración 107 Ventana de mediciones. Fuente: propia

La imagen de temperatura y humedad cambia de acuerdo a los siguientes rangos:

- -20 a 9°C (Termómetro azul)



- 0 a 34%



- 10 a 29°C (Termómetro Verde)

- 35 a 69%



- 30 a 50°C (Termómetro Rojo)

- 70 a 100%



Opción salir: Al dar clic en “salir” manda un mensaje para confirmar o cancelar el cierre de sesión.



Ilustración 108 Opción salir. Fuente: propia

AGRICULTOR

Usuario: usuario

Contraseña: usua123

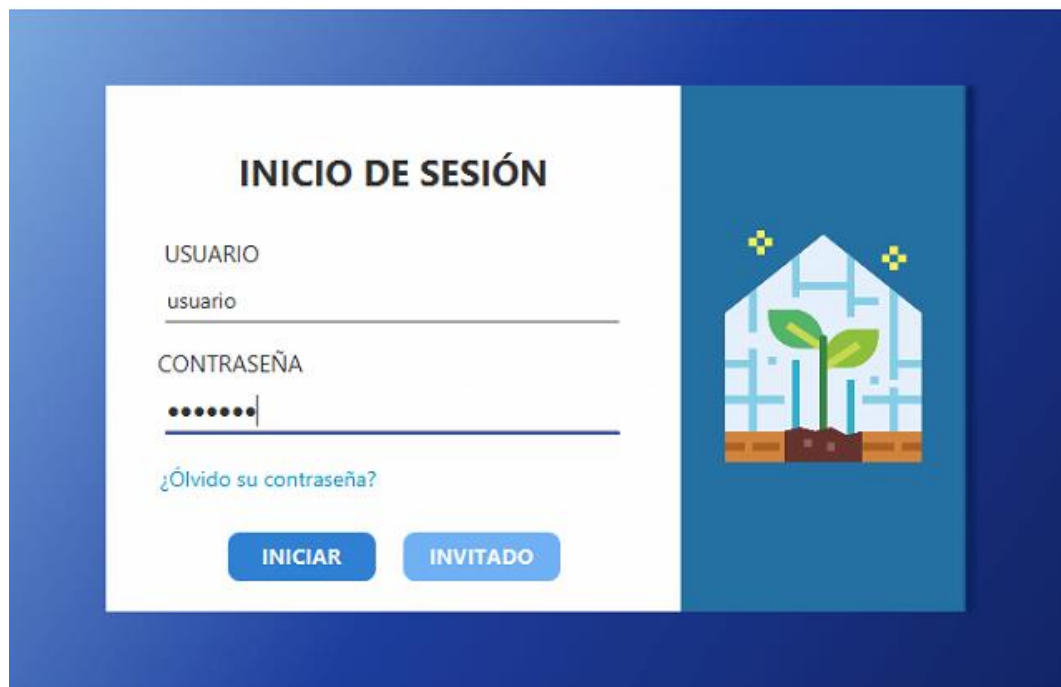


Ilustración 109 Inicio de sesión agricultor. Fuente: propia

Ventana de inicio de usuario agricultor.



Ilustración 110 Venta inicio agricultor. Fuente: propia

MÓDULO CULTIVOS

En esta ventana, seleccionando un reglón en la tabla se pueden observar los diferentes cultivos y atributos en la parte superior. Esta ventana es visible para agricultor e invitado.

Nombre	Otros nombres	Duración	Anotaciones	Familia	Temperatura Mínima	Temp
Acelga	Acelga suiza, re...	90 Días	Mantener la hu...	Quenopodiáceas	6°C	33°C
Ajo		135 Días	El suelo debe ...	Liláceas	0°C	24°C
Alcachofa	Alcachofa, alc...	200 Días	Necesitan una ...	Compuestas	7°C	29°C
Anís	Anís verde, mata...	120 Días	Es mejor sembr...	Umbelíferas	18°C	26°C
Apio	Perejil de agua, ...	130 Días	El apio es fácil ...	Umbelíferas	10°C	21°C

Ilustración 111 Ventana cultivos (agricultor). Fuente: propia

MÓDULO SIEMBRA

En el apartado de siembra, solo se puede agregar una nueva cuando no exista una en proceso.

Ilustración 112 Ventana siembra (Agricultor). Fuente: propia

Cuando exista una siembra en proceso, la ventana esta deshabilitada.



Ilustración 113 Ventana siembra deshabilitada (Agricultor). Fuente: propia

MÓDULO COSECHA

En esta ventana, se rellenan los campos correspondientes a la cosecha recolectada.



Ilustración 114 Ventana cosecha (Agricultor). Fuente: propia

MODULO RIEGO

Se puede observar el nombre del cultivo y tiempo de riego, además de poder buscar información de un cultivo en específico.

RNPAS-RC

- Inicio
- Cultivos
- Siembra
- Cosecha
- Riego
- Realizar Bitácora
- Ver bitácora
- Historial
- Análisis de suelo
- Mediciones
- Cambio de contraseña
- Salir

RIEGO



Nombre del cultivo: Calabacín Tiempo de riego: 6.0 minutos

Litros por día: 0.15 L 3 ciclos de riego de: 2.0 minutos

Descripción: Es una planta exigente en humedad, que precisa riegos más frecuentes con la aparición de los primeros frutos.

Buscar cultivo:

Nombre	Litros por día	Descripción
Acelga	0.7 L	Se recomiendan aportes de agua constantes después de la plantación.
Brócoli	0.8 L	Deben ser abundantes y regulares en la fase de crecimiento. Se riegan con agua.
Calabacín	0.15 L	Es una planta exigente en humedad, que precisa riegos más frecuentes con la aparición de los primeros frutos.
Calabaza	0.15 L	Este cultivo necesita mucha agua para poder desarrollarse con éxito.
Cebolla	0.173 L	Necesita de 4.5 litros por metro cuadrado y de 173 ml de agua por planta.
Chayote	0.4 L	El chayote necesita riegos frecuentes en épocas de secas, las necesidades de agua.

Ilustración 115 Ventana riego (Agricultor). Fuente: propia

MÓDULO BITÁCORA

En esta ventana se realiza una actualización de algún proceso realizado en la siembra actual.

The screenshot shows the 'REALIZAR BITÁCORA' (Create Log) form. On the left is a sidebar for 'RNPAS-RC' with icons and labels for Inicio, Cultivos, Siembra, Cosecha, Riego, Realizar Bitácora, Ver bitácora, Historial, Análisis de suelo, Mediciones, Cambio de contraseña, and Salir. The main form area has a title 'REALIZAR BITÁCORA' and an icon of a notepad and pen. Below the icon is the text 'Los campos con * son obligatorios'. The form contains the following fields: '*Nombre del cultivo:' with the value 'Tomate'; '*Fecha:' with a calendar icon; '*Proceso:' with a dropdown menu showing 'Seleccione una opción...'; '*Duración:' with a text input field followed by 'minuto(s)'; and 'Descripción:' with a larger text input field. At the bottom is a blue button labeled 'AGREGAR'.

Ilustración 116 Ventana realizar bitácora (Agricultor). Fuente: propia

Opciones de procesos.

This screenshot shows the same 'REALIZAR BITÁCORA' form as the previous one, but with the '*Proceso:' dropdown menu open. The dropdown menu lists the following options: 'Preparación de abono', 'Fertilización', 'Riego', 'Corte', and 'Otro'. The other fields in the form remain the same: '*Nombre del cultivo:' is 'Tomate', '*Fecha:' is '24/07/2020', and '*Duración:' is an empty field followed by 'minuto(s)'. The 'AGREGAR' button is still at the bottom.

Ilustración 117 Procesos de bitácora(Agricultor). Fuente: propia

En esta sección el agricultor e invitado podrán observar los procesos que se han realizado desde la siembra hasta la cosecha.

RNPAS-RC

- Inicio
- Cultivos
- Siembra
- Cosecha
- Riego
- Realizar Bitácora
- Ver bitácora
- Historial
- Análisis de suelo
- Mediciones
- Cambio de contraseña
- Salir

BITÁCORA

Nombre del cultivo: Tomate Duración: 20 minutos

Fecha: 2020-07-23 Proceso: Riego

Descripción: Riego por goteo

Mostrar por proceso: Todos

Nombre	Fecha	Proceso	Descripción	Duración
Tomate	2020-07-31	Fertilización	Cambio de fertilizante	7 minutos
Tomate	2020-07-23	Riego	Riego por goteo	20 minutos
Tomate	2020-07-24	Riego		43 minutos

Ilustración 118 Ventana ver bitácora (Agricultor e invitado). Fuente: propia.

Los registros de la tabla pueden filtrarse por procesos.

RNPAS-RC

- Inicio
- Cultivos
- Siembra
- Cosecha
- Riego
- Realizar Bitácora
- Ver bitácora
- Historial
- Análisis de suelo
- Mediciones
- Cambio de contraseña
- Salir

BITÁCORA

Nombre del cultivo: Tomate Duración: 20 minutos

Fecha: 2020-07-23 Proceso: Riego

Descripción: Riego por goteo

Mostrar por proceso: Fertilización

- Preparación de abono
- Fertilización
- Riego
- Corte
- Otro
- Todos

Nombre	Fecha	P	Duración
Tomate	2020-07-31	Fertilización	7 minutos

Ilustración 119 Filtro bitácora. Fuente propia:

MÓDULO HISTORIAL

Los usuarios (agricultor e invitado) podrán ver todos los cultivos que ya se hayan sembrado, además de la cantidad de producto recolectado en el caso de que ya exista una cosecha.

RNPAS-RC

- Inicio
- Cultivos
- Siembra
- Cosecha
- Riego
- Realizar Bitácora
- Ver bitácora
- Historial
- Análisis de suelo
- Mediciones
- Cambio de contraseña
- Salir

HISTORIAL



Nombre del cultivo: Tomate Fecha de siembra: 2020-07-17
Fecha de cosecha: Sin fecha de cosecha Cantidad recolectada: 0 unidades

Mostrar por año de siembra: Todos ▼

Nombre	Fecha de siembra	Fecha de cosecha	Cantidad recolectada
Tomate	2020-07-17	Sin fecha de cosecha.	0 unidades

Ilustración 120 Ventana historial (Agricultor e invitado). Fuente: propia

MÓDULO CAMBIO DE CONTRASEÑA

El agricultor podrá cambiar su contraseña si así lo requiere, ingresando la contraseña actual y nueva.



The screenshot shows the 'RNPAS-RC' application interface. On the left is a blue sidebar menu with icons and labels: Inicio, Cultivos, Siembra, Cosecha, Riego, Realizar Bitácora, Ver bitácora, Historial, Análisis de suelo, Mediciones, Cambio de contraseña, and Salir. The main area is titled 'CAMBIO DE CONTRASEÑA' in teal. It features a yellow padlock icon with a keyhole and four asterisks below it. Below the icon, it says 'Los campos con * son obligatorios'. There are three input fields: '*Contraseña actual:', '*Nueva contraseña:', and '*Confirmar contraseña:'. Each field has a blue underline. At the bottom center is a blue button labeled 'ACEPTAR'.

Ilustración 121 Ventana de cambio de contraseña. Fuente: propia

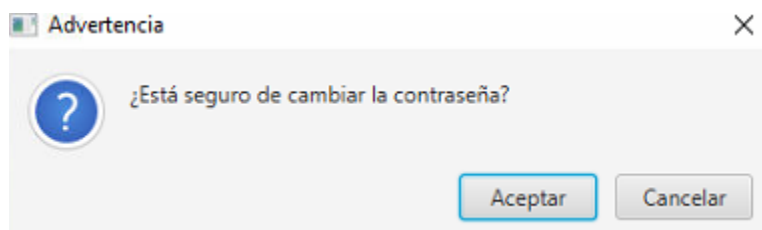


Ilustración 122 Mensaje de confirmación(Cambio de contraseña).Fuente: propia

INVITADO

Para ingresar al panel de invitado es necesario dar clic en el botón “INVITADO”.



Ilustración 123 Inicio de sesión invitado. Fuente: propia

Panel de inicio de usuario invitado.



Ilustración 124 Panel de inicio de invitado. Fuente: propia



Ilustración 125 Menú invitado. Fuente: propia

CONCLUSIONES

La creación de la red neuronal para análisis del suelo en conjunto con el sistema experto ayudan al usuario en la toma de decisiones respecto a los cultivos del invernadero, al tomar en cuenta la rotación de cultivos, se busca reducir el desgaste del suelo y la posibilidad de aparición de plagas y enfermedades, además las mediciones de temperatura, humedad y pH permiten reconocer que cultivo sería idóneo sembrar en ese suelo y saber si durante todo el proceso de siembra nos dirigimos en el camino correcto dando como resultado una forma más fácil y confiable de obtener mejores productos para la mejora de ganancias.

El funcionamiento del sistema es intuitivo ya que muestra al usuario una interfaz amigable con pasos sencillos lo que hace que su manejo sea sencillo y rápido.

Este proyecto beneficiará a diferentes agricultores que deseen la mejora de productos, es decir no se requieren conocimientos avanzados tanto en agricultura y tecnología.

BIBLIOGRAFÍA

- Allende C., M., Salinas P., L., Rodríguez A., F., Olivares P., N., Riquelme S., J., & Antúnez B., A. (2017). *Manual de cultivo del tomate bajo invernadero*. Santiago: INIA.
- Ascencio Contreras, D. O. (2013). *EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE VARIEDADES DE CHILE POBLANO EN CAMPO ABIERTO Y MACROTUNEL*. San Luis Potosí.
- Barreto Barreto , A. (2006). *Estudio de algunos componentes del comportamiento reproductivo del chile jalapeño*. Coahuila .
- Blanco M., C. (2017). *Manual de producción de cebolla*. Santiago: INIA.
- Buschermohle, M., & Grandle, G. (2020). *Controlling the Environment in Greenhouses Used for Tomato Production*. Obtenido de Agricultural Extension Service / The University of Tennessee: <https://www.plantgrower.org/uploads/6/5/5/4/65545169/w017.pdf>
- Carter, & Gregorich. (2007). *Soil Sampling and Methods of Analysis*. 2nd. Edition.
- Centro Regional Patagonia Norte. (2006). *Producción de hortalizas bajo cubierta*. Argentina.
- Crawford L., H. (2017). *Manual del manejo agronómico para el cultivo de melón*. Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
- Everardo, Z. (2016). *El cultivo de la cebolla*. Sonora: Universidad de Sonora.
- FAO. (2013). *EL MANEJO DEL SUELO EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS CON BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS*. PARAGUAY.
- FAO. (2020). *Producción Vegetal*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/s8630s/s8630s08.htm>
- Fernández Fernández, M. M., Aguilar Pérez, M. I., Carrique Pérez, J. R., Tortosa Domingo, J., García García, C., López Rodríguez, M., & Pérez Morales, J. M. (2014). *Suelo y medio ambiente en invernaderos*. Sevilla: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.
- Geographic, N. (2011). *Crops*. Obtenido de National Geographic Society: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/crop/>
- Giandin, R. S., & Pons, C. F. (2020). Relaciones entre Casos de Uso en el Unified Modeling Language. *REVISTA COLOMBIANA DE COMPUTACIÓN.*, 73-90.
- Google Developers. (10 de Febrero de 2020). *Redes neuronales de clases múltiples: Softmax*. Obtenido de Redes neuronales de clases múltiples: Softmax: <https://developers.google.com/machine-learning/crash-course/multi-class-neural-networks/softmax?hl=es>
- Horticultivos. (26 de Julio de 2017). *Horticultivos*. Obtenido de Principales tipos de invernaderos: <https://www.horticultivos.com/featured/principales-tipos-invernaderos/>
- Hydro Evironment. (10 de Febrero de 2020). *Hydroenv*. Obtenido de ¿Qué es un invernadero?: https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=44

- Iberdrola. (2019). *¿Qué es la Inteligencia Artificial?* Obtenido de ¿Somos conscientes de los retos y principales aplicaciones de la Inteligencia Artificial?: <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-inteligencia-artificial>
- Ing. Agr. MSc. Miserendino, E., & Ing. Agr. Astorquizaga, R. (2014). *Invernaderos: Aspectos básicos sobre estructura, construcción y condiciones ambientales*. Buenos Aires: INTA.
- Juganaru Mathieu, M. (2014). *Introducción a la programación*. México: Patria.
- Martínez Ladrón de Guevara, J. (2014). *Fundamentos de programación en Java*. Madrid: EME.
- Mujica, A., Canahua, A., & Saravia, R. (2020). *FAO*. Obtenido de AGRONOMIA DEL CULTIVO DE LA QUINUA: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdr/om/contenido/libro03/cap2.htm#:~:text=La%20siembra%20se%20debe%20realizar,la%20germinaci%C3%B3n%20de%20las%20semillas.
- MySQL. (2020). *MySQL Documentation*. Obtenido de MySQL Documentation: <https://dev.mysql.com/doc/>
- Pellicer, P. (12 de Marzo de 2015). *mundoikos*. Obtenido de Familias de cultivos y rotaciones: <https://blog.mundoikos.com/familias-de-cultivos-y-rotaciones/>
- Pressman S., R. (2010). *Ingeniería de Software*. New York: Mc Graw Hill.
- Ramón López, J. (18 de Octubre de 2017). *Catalunyaplants*. Obtenido de La importancia de la luz en las plantas: <https://www.catalunyaplants.com/la-importancia-de-la-luz-en-las-plantas/>
- Ramos, M. J., Ramos, A., & Montero, F. (2006). *Gestores de bases de datos*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Rangel Campos, L. (2016). *CRECIMIENTO DE CHILE HABANERO*. Coahuila.
- Reveles Hernández, M., Huchín Alarcón, S., Velásquez Valle, R., Trejo Calzada, R., & Ruiz Torres, J. (2010). *Producción de plántula de chile en invernadero*. Durango: SAGARPA.
- Rodale Institute. (12 de Enero de 2019). *Rodale Institute*. Obtenido de Crop Rotations: <https://rodaleinstitute.org/why-organic/organic-farming-practices/crop-rotations/>
- Rojas Bertini, C. (2011). *Cultivo de alcachofa*. Arica, Chile: INIA.
- Rusell, S. J., & Norving, P. (2004). *Inteligencia Artificial*. Pearson Educación. Obtenido de https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS3RA7_sub/modeler_mai/nhelp_client_ddita/components/neuralnet/neuralnet_model.html
- Salcedo, J. M. (2020). *Guías para la regeneración de germoplasma- Frijol común*. Cali, Colombia: Oficina Regional para las Américas.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario. (2020). *Requerimientos agroecológicos de cultivos*. Obtenido de <http://sede.queretaro.gob.mx/sites/sede.queretaro.gob.mx/files/BETABEL.pdf>
- Snyder, R. G. (2016). *Guía del cultivo del tomate en invernaderos*. Extension of Mississippi State University.

- Steven Perry, J. (3 de 12 de 2012). *Conceptos básicos del lenguaje Java*. Obtenido de Programación orientada a objetos en la plataforma Java:
<https://www.ibm.com/developerworks/ssa/java/tutorials/j-introjava1/index.html>
- Universidad de Barcelona. (2020). *OBS*. Obtenido de ¿Qué son las metodologías de desarrollo de software?: <https://obsbusiness.school/es/blog-project-management/metodologia-agile/que-son-las-metodologias-de-desarrollo-de-software>
- University of Massachusetts Amherst. (17 de Enero de 2013). *Garlic Harvest, Curing and Storage*. Obtenido de <https://ag.umass.edu/vegetable/fact-sheets/garlic-harvest-curing-storage>
- Valencia Reyes, M. A., Yañez Márquez, C., & Sánchez Chávez, L. P. (2006). *Algoritmo Backpropagation para Redes Neuronales: conceptos y aplicaciones*. Instituto Tecnológico Nacional.
- Villalobos Reyes, S., Guzmán Maldonado, S. H., Escobedo López, D., & González Pérez, E. (2018). Componentes agronómicos y diversidad en el patrón de ácidos grasos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
- Zárate Aquino, M. (2014). *MANUAL DE HIDROPONIA*. Distrito Federal: Universidad Nacional Autónoma de México.

GLOSARIO

Algoritmo: Es un conjunto de instrucciones o reglas definidas, ordenadas y finitas, que permite encontrar la solución a un problema determinado.

Crucíferas: La familia de las crucíferas comprende una amplia serie de vegetales que está formada por más de tres mil especies. Los vegetales más conocidos de esta familia son: brócoli, coliflor y repollo.

Cucurbitáceas: Las cucurbitáceas comprenden unas 700 especies de plantas distribuidas fundamentalmente por los países cálidos, son plantas anuales y con un gran valor por sus frutos voluminosos y comestibles, además son una familia de plantas trepadoras que se caracterizan por ser muy fáciles de cultivar.

Cumbrera: La cumbrera para techo se usa para proteger la cresta del techado, evitando que se genere humedad o goteras.

Estoma: Abertura microscópica del tejido epidérmico de los vegetales superiores, especialmente el de las hojas y partes verdes, por donde se verifica el intercambio de gases entre la planta y el exterior.

Liliáceas: Plantas herbáceas, con frecuencia perennes, con órganos subterráneos de reserva como bulbos, rizomas o raíces tuberosas. Se emplean como condimentarias o verduras varias especies del género *Allium* de las que se consumen sus bulbos (cebolla, ajo, puerro). También se consumen los tallos jóvenes del espárrago.

Quenopodiáceas: Son plantas herbáceas anuales o perennes, con hojas alternas, simples y a veces, gruesas o suculentas; flores verdosas hermafroditas o unisexuales en inflorescencias compuestas.

Las especies más comunes y conocidas son la acelga, espinaca, y remolacha.

Solanáceas: Familia con más de dos mil especies diferentes, la mayoría de las cuales son incomedibles. Estas plantas se agrupan así por ciertas características comunes tal como la forma de las flores o cómo se disponen las semillas en el fruto. Algunas de ellas son muy tóxicas y venenosas, como la belladona, la mandrágora, el beleño y el estramonio. El tabaco pertenece también a este grupo de plantas. Entre las que son comestibles encontramos: papa, berenjena, tomate y pimiento.

Umbelíferas: También conocidas como apiáceas, es una familia de plantas herbáceas anuales, bienales o perennes. Son frecuentemente aromáticas, hermafroditas o más raramente dioicas. El tallo a menudo aparece recorrido por costillas y generalmente es hueco.