

Diseño del modelo de laboratorio especializado en enfermedades de cultivos agrícolas – Laboratorio de Fitopatología a través de un caso de estudio

Design of the Laboratory Model specialized in agricultural crop diseases - Phytopathology Laboratory through a case study

Milagros Genesis Calderón Moncca ^(*), Karla Guadalupe Gonzáles Galván ^(*), Ricardo Alfonso González Salinas ^(**)

RESUMEN

Los laboratorios de Fitopatología son instalaciones científico-tecnológicas de investigación y servicio al sector agrícola cuya función es de analizar, diagnosticar y brindar medidas de control para cultivos con dificultades en el proceso de su producción. El diseño arquitectónico es complejo, existiendo escasa información que sirva de guía y aporte para diseñadores, arquitectos o especialistas que se dediquen a la investigación agrícola. Siendo así, el presente artículo brinda el conocimiento detallado para la adecuada distribución y diseño del laboratorio de Fitopatología, contemplando los espacios requeridos, detalle de áreas y equipos que se utilizan; mediante un proceso secuencial a partir de la recopilación de información de actividades, criterios normativos de bioseguridad y el caso de estudio a través de la visita a la “Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología” de la Universidad Nacional Agraria La Molina – Perú.

Palabras clave: laboratorio de fitopatología; actividades interiores; distribución arquitectónica; diseño.

ABSTRACT

Phytopathology laboratories are scientific-technological facilities for research and service to the agricultural sector whose function is to analyze, diagnose and provide control measures for crops with difficulties in the production process. Architectural design is complex, and there is little information to serve as a guide and input for designers, architects or specialists engaged in agricultural research. Thus, this article provides detailed knowledge for the proper layout and design of the Phytopathology laboratory, contemplating the required spaces, details of the areas and equipment that are used; through a sequential process based on the collection of information on activities, normative biosafety criteria and the case study through a visit to the “Diagnosis Clinic of Phytopathology and Nematology” of the National Agrarian University La Molina - Peru.

Keywords: plant pathology laboratory; indoor activities; architectural distribution; design.

(*) Arquitecta. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa (Perú).

(**) Arquitecto Docente. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa (Perú).

Persona de contacto/Corresponding author: mcalderonm@unsa.edu.pe (M. Calderón Moncca)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8733-6698> (M. Calderon Moncca); <https://orcid.org/0000-0002-2124-8844> (K. Gonzales Galván); <https://orcid.org/0000-0003-3210-2848> (R. González Salinas).

Cómo citar este artículo/Citation: Milagros Genesis Calderón Moncca, Karla Guadalupe Gonzáles Galván, Ricardo Alfonso González Salinas (2023). Diseño del modelo de laboratorio especializado en enfermedades de cultivos agrícolas – Laboratorio de Fitopatología a través de un caso de estudio. *Informes de la Construcción*, 75(569): e481. <https://doi.org/10.3989/ic.91118>

Copyright: © 2023 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Recibido/Received: 11/09/2021
Aceptado/Accepted: 05/08/2022
Publicado on-line/Published on-line: 21/03/2023

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad que comprende el conjunto de acciones humanas que transforma el medio ambiente natural para fines alimenticios (1). Siendo una de las actividades esenciales para el crecimiento económico en países de amplios recursos naturales, climas favorables y extensos suelos aptos para el cultivo.

La actividad agrícola requiere de la constante investigación e innovación para la obtención de grandes cantidades, variedades de productos y la alta calidad para el consumo local y de exportación. Por ello, es necesario contar con instituciones públicas o privadas que se dediquen a la provisión de servicios especializados (investigación y transferencia tecnológica) y brinden apoyo hacia los agricultores; con el fin de aumentar la competitividad y sostenibilidad.

Los cultivos agrícolas por lo general presentan dificultades en el proceso de producción, siendo una de las principales, la existencia de agentes patógenos que son los responsables de causar enfermedades que conllevan a la pérdida de cosechas y la baja calidad en sus productos. Por tal motivo, se disponen laboratorios que se dediquen a su investigación, diagnóstico e innovación para su detección y control en los denominados Laboratorios de Fitopatología.

Este tipo de laboratorio requiere de condiciones específicas: espacios con ambientes controlados en temperatura y humedad, áreas de acuerdo a sus actividades y equipos exclusivos para la investigación. Por lo que el presente artículo realiza el análisis del caso de estudio de la “Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología” de la Universidad Nacional Agraria La Molina – Perú donde a partir de ello, se presenta el adecuado diseño del Laboratorio de Fitopatología, como modelo base donde se muestra una correcta distribución y proporción de los espacios. Dirigido para investigadores, laboratoristas, especialistas relacionados a la actividad agrícola y profesionales del ámbito de la arquitectura, edificación e ingeniería.

2. METODOLOGIA DE TRABAJO

El método de trabajo realizado en el presente artículo sigue la siguiente secuencia:

1. Definir las actividades específicas para identificar los espacios a proponer.
2. Conocer los requerimientos técnicos - normativos y criterios mínimos de bioseguridad para el diseño del laboratorio.
3. Analizar un caso de estudio donde a través de la visita guiada y entrevista realizada a uno de los usuarios principales (encargado del laboratorio), para obtener la apreciación crítica constructiva acerca de las bondades y deficiencias que encuentra en su uso cotidiano, para el reconocimiento exhaustivo de su funcionamiento, las condiciones climáticas de cada área y las relaciones espaciales.
4. Con la información obtenida, se presenta el diseño del laboratorio modelo de Fitopatología.

3. DEFINICIÓN DE LABORATORIO DE FITOPATOLOGIA

Es un área especializada, controlada y equipada con las condiciones necesarias para realizar análisis de rutina, investigación básica y avanzada relacionados al estudio de los agentes

infecciosos (hongos, virus, bacterias y nemátodos) causantes de enfermedades en las plantas (2, 3). Por lo que, en este tipo de laboratorio se realizan trabajos de diagnóstico de enfermedades en plantas, caracterización morfológica, molecular; con la finalidad de identificar y conocer al agente causal de una determinada enfermedad, su variación genética y de virulencia, para adoptar medidas de manejo eficiente, evitando el uso de productos inadecuados¹.

Tiene por objetivo principal asistir a los agricultores y todos aquellos que se relacionen a la actividad agrícola. Asimismo, en el presente laboratorio se realizan las investigaciones de estudiantes, tesis y docentes de profesiones a fines al tema; aportando conocimiento, técnica y soluciones para futuras producciones agrícolas.

4. ACTIVIDADES DENTRO DEL LABORATORIO

Para definir las actividades dentro del laboratorio, es necesario conocer los pasos y/o secuencia que realizan los investigadores para diagnosticar las causas y el desarrollo de las enfermedades en las plantas (4):

4.1. Recepción de la muestra

El agricultor y/o investigador accede a un área donde se informa y se recibe la muestra para su posterior análisis.

4.2. Desinfección

El investigador o laboratorista se dirige a un área donde se debe desinfectar las manos y realizar el cambio de ropa acorde para el ingreso al área principal del laboratorio.

4.3. Identificación, análisis y diagnóstico

En el área principal del laboratorio, se realiza la identificación, análisis y diagnóstico; mediante las siguientes actividades:

A.- Para el estudio y conocimiento del agente causal (hongos, virus, bacterias y nemátodos), se debe cultivar en medios adecuados, aislando del suelo o de partes enfermas. Por lo que se requiere de equipos especializados y/o espacios complementarios, entre ellos se considera a los invernaderos y los almacenes de medios de cultivo.

Siendo los invernaderos instalaciones protegidas, cubiertas con materiales transparentes con el objetivo de controlar las condiciones climáticas (temperatura y humedad) y de contemplar tecnologías con riego controlado (5). Para el diseño y su construcción, se considera el tipo de estructura, el material de la cubierta, ubicación, condiciones climáticas del lugar y la cantidad de almacenaje (6). En consecuencia, por lo general se trabaja con una estructura metálica, con recubrimiento de vidrio, con la cubierta de tipo curvo y considerando las medidas estándar (Figura 1) descritas a detalle en la Tabla 1.

Por otro lado, los almacenes de medios de cultivos son cuartos destinados a realizar ensayos de cultivo de plantas, germinación, cultivo in-vitro, entre otros; con altos niveles de almacenaje, tipos de iluminación y con control de la temperatura y humedad (7).

¹ Ph. V. Casa Coila, Definición, 27 de mayo 2022.

Tabla 1. Dimensiones estándar para invernaderos en metros (m).

ANCHO (a)	ALTURA CANAL (b)	ALTURA CENTRAL (c)	ALTURA TIRANTE (d)
6.40	3.00, 3.50, 4.00	4.36, 4.86, 5.36	2.83, 3.33, 3.83
7.40	3.00, 3.50, 4.00	4.58, 5.08, 5.58	2.83, 3.33, 3.83
8.0	3.00, 3.50, 4.00	4.71, 5.21, 5.71	2.83, 3.33, 3.83
9.0	3.00, 3.50, 4.00	4.95, 5.45, 5.95	2.83, 3.33, 3.83
10.0	3.00, 3.50, 4.00	5.16, 5.66, 6.16	2.83, 3.33, 3.83

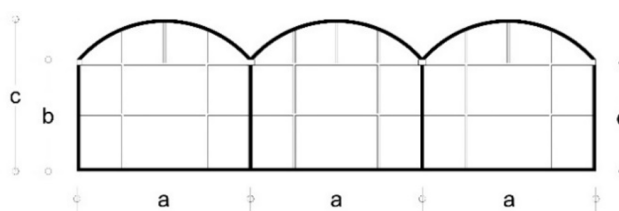


Figura 1. Esquema de dimensionamiento de invernaderos.

B.- Se realiza el proceso de identificación y análisis de los agentes fitopatológicos, por lo que se requieren amplias mesas de trabajo y equipos especializados que sirven para agi-

lizar y precisar los resultados. Por ello, se requieren de una ubicación adecuada según el tipo, uso y sus dimensiones, las cuales están descritas en la Tabla 2.

Tabla 2. Equipos, uso y dimensiones aproximadas para el laboratorio de fitopatología.

EQUIPOS	USO Y UBICACIÓN SML (Sobre la mesa de Lab.) SMO (Sobre la mesa de Oficina) SP (Sobre el Pavimento)	DIMENSIONES APROX. Metros (m)		
		L (largo), A (ancho), H (altura)	PLANTA	CORTE
a. Microscopios	Se utiliza para ampliar la imagen de objetos o seres que no se pueden ver a simple vista (8). SML, SMO	L:0.40, A:0.40, H:0.60		
b. Lupas estereoscópicas	Se dispone para la observación y estudio, por reflexión de luz incidente, de muestras tridimensionales (9). SML	L:0.40, A:0.40, H:0.60		
c. Balanzas analíticas	Se emplea para la medición de masas muy pequeñas, fundamentalmente de aquellas que están por debajo del miligramo (10). SML	L:0.20, A:0.21 H:0.23-0.34		
d. Autoclave	Se utiliza para esterilizaciones del material o instrumentos del laboratorio, presuriza y las lleva a altas temperaturas (11). SML	L:0.41-0.53, A:0.41-0.53, H:0.75-0.87		
e. Centrifugas	Se aplica para la rotación de muestra para separar por fuerza centrífuga sus componentes o fases en función de su densidad (12). SML	L:0.30, A:0.30, H:0.50		
f. Agitadores	Se utiliza para la agitación de los medios líquidos. Gracias a diferentes procesos y tipos de agitación, pueden realizar diferentes procesos (13). SML	L:0.30, A:0.30, H:0.50-1.00		
g. Cámara de incubación / estufas de cultivo	Se emplea para la incubación de muestras de microorganismos (bacterias y hongos) y cultivos celulares en condiciones de temperatura para su crecimiento óptimo (14). SML	L:0.83, A:1.05, H:0.80-1.80		
h. Cabina/ Cámara/campana de flujo laminar	Se trabaja con cultivos celulares, muestras biológicas, o cualquier otro sistema que deba mantenerse limpio y deba evitarse la contaminación de partículas minúsculas (15). SP	L:1.17, A:0.60 H:0.63-1.00		
i. Cámaras de preservación/ refrigeradores	Se utiliza para la mantención de muestras en refrigeración o ultra refrigeración (-40°C). Controlan la temperatura, humedad, circulación y renovación de aire; evita su maduración (16). SP	L:0.80, A:0.80, H:1.90-2.00		
j. Cámara climática / cámaras húmedas	Se usa para simular condiciones controladas de temperatura y humedad relativa en su interior llevando a cabo estudios o ensayos con los que verificar el comportamiento, la durabilidad y calidad de productos (17). SP	L:0.70, A:0.70, H:0.90-1.50		
k. Estufas de secado / horno de secado	Se utiliza para secar y esterilizar recipientes de vidrio y metal en el laboratorio (18). SML	L:0.70, A:0.70, H:0.50		
l. Liofilizador	Se destina para la congelación y deshidratación de muestras para su conservación duradera, manteniendo sus características organolépticas (19). SML	L:0.80, A:0.80, H:1.00		

C.- Luego, se elabora el reporte mediante un informe técnico de los resultados y se llama al usuario y/o agricultor para su explicación y asistencia respectiva.

D.- Posteriormente, los residuos, insumos y materiales utilizados en su mayoría son desechados para evitar contaminaciones y posibles expansiones.

E.- Finalmente, se utilizan áreas complementarias para el almacenamiento de reactivos, insumos, entre otros.

5. REQUERIMIENTO TÉCNICO - NORMATIVO DE BIOSEGURIDAD

Según el Manual de la Organización Mundial de la Salud de Bioseguridad en el laboratorio, indica las buenas prácticas para el adecuado diseño e instalación desde una perspectiva medida a través de sus factores de riesgos. Por lo que clasifican a estas infraestructuras según los siguientes niveles de Bioseguridad (20) analizando sus actividades y nivel de riesgo en el laboratorio: desde el Nivel de Bioseguridad I que son laboratorios básicos destinados a la enseñanza sin riesgo a patógenos peligrosos, hasta el Nivel de Bioseguridad IV que son laboratorios especializados de contención máxima.

En consecuencia, de acuerdo a la clasificación expuesta, el Laboratorio de Análisis y Diagnóstico de Fitopatología pertenecen al Nivel de Bioseguridad II, ya que es un laboratorio básico para el servicio de atención primaria, diagnóstico e investigación. Son adecuados para trabajos que involucran agentes patógenos que pueden provocar enfermedades humanas o animales pero que tienen pocas probabilidades de

entrañar un riesgo grave para el personal de laboratorio, la población, el ganado o el medio ambiente.

De esta clasificación se desprende los siguientes requerimientos mínimos y aspectos de seguridad que se debe cumplir (21, 22) (Tabla 3).

Por otro lado, para el diseño ergonómico en los laboratorios, las Normas Técnicas de Prevención (NTP) definen las condiciones que se debe cumplir para que los espacios resulten saludables y confortables para los investigadores o laboratoristas. Dichas pautas están corroboradas y contrastadas con la normativa peruana vigente (Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE).

Por consiguiente, se ha realizado un esquema gráfico que contiene el resumen de los datos numéricos recopilados a fin de establecer las dimensiones esenciales de un puesto de trabajo en el interior de un laboratorio (Figura 2) tales como: la altura estándar de las mesas de trabajo dependiendo de la posición de trabajo y la postura; el ancho y el largo mínimo de la mesa para el uso del usuario, la altura de los estantes altos si es que se ubicaran debajo de una mesa de trabajo y los anchos mínimos de circulación en el interior (23).

6. CASO DE ESTUDIO: CLÍNICA DE DIAGNOSIS DE FITOPATOLOGÍA Y NEMATOLOGÍA - UNALM

Debido a la necesidad de comprender mediante la observación el funcionamiento específico en el interior del laboratorio de fitopatología, se realizó la visita guiada a la “Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología” perteneciente a la Universidad Nacional Agraria La Molina – UNALM, Perú;

Tabla 3. Requerimiento mínimo para el laboratorio de nivel de bioseguridad II.

DESCRIPCIÓN		INDICACIÓN
Índice de ocupación		10 m ² por persona.
Altura		3.0 m.
Sección de ventana		1.2m x 0.80m.
Ambientes	Áreas del Laboratorio central	40 y 50 m ² en promedio.
	Áreas de apoyo	Despachos, vestuarios, almacenes, entre otros que se requiera.
Elementos de protección	Ducha	Ubicado a menos de 15 segundos desde cualquier puesto. Las duchas son para casos de emergencias.
	Lavaderos	Debe ser ubicado a menos de 15 segundos desde cualquier puesto. Las llaves de agua deben ser fácilmente controladas con codos, antebrazos, rodillas o pies. Debe ser de material resistente a todo tipo de sustancias.
	Otros	Extintores, mantas ignífugas, neutralizadores.
Puertas	Altura	2.40 m
	Ancho	0.90 m
	Apertura	Debe contar con ventana pequeña a la altura de la vista para la observación desde fuera del pasillo. Esta ventana debe tener un área mínima de 0.5 m ² .
	Cierre de puerta de ingreso principal	Automático
	Cierre de puerta internas del laboratorio	Vaivén
Ventanas		El vidrio debe ser resistente al fuego.
		Deberán poder abrirse y estar protegida con mosquiteros sólo cuando no se tenga ventilación mecánica.
Características de las paredes, techos y piso		Material incombustible, resistente a productos químicos, fácil de limpiar, impermeable y antideslizante.
Iluminación		500 lux.



siendo una institución estatal ampliamente especializada en la enseñanza, investigación y servicios en el ámbito de las ciencias agrarias, naturales y medioambientales, brindando el servicio de identificación del agente causal asociado a un cuadro sintomatológico de las plantas enfermas; para identificar los factores en el manejo del cultivo y recomendar las medidas más adecuadas para el control de la enfermedad (24).

Para un mejor entendimiento, se ha realizado el plano esquemático (Figura 3), donde se observa la distribución y los componentes espaciales de la mencionada infraestructura.

El encargado del laboratorio² explica la secuencia de actividades, obteniendo la siguiente información:

A.- Inicialmente, llegan las muestras de cultivos con diferentes patógenos a la oficina de recepción de muestras, donde se llenan formularios de datos concernientes de dicha muestra.

B.- Posteriormente, se pasa al almacén donde se las colocan en cámaras de siembra para su conservación.

C.- Para iniciar el proceso de análisis, la muestra pasa a la zona de investigación, lugar donde se preparan los medios de cultivo para aislar el agente causal (hongos, virus, bacterias, nematodos, entre otros).

D.- Luego, el patógeno aislado en medios de cultivos pasa al área de microscopio para su observación e identificación. Si

Tabla 4. Espacios de la Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología de la UNALM.

ESPACIOS		COD.	FUNCIÓN	EQUIPOS/ MOBILIARIO	SISTEMAS ESPECÍFICOS	CONDICIONES AMBIENTALES
Zona administrativa	Oficina de Recepción	1	Recepción de muestras de cultivos enfermos, lugar donde se llenan formularios de información referente a la nueva muestra; tales como: lugar de procedencia, síntomas, condiciones climáticas, tipo de suelo, fotos, entre otros.	Escritorio / anaqueles.	Ninguno	Normal
	Almacén de Muestras	2	Espacio donde se almacenan las muestras recién llegadas.	Refrigeradores / anaqueles.	Ventilación e iluminación controlada	22 °C
	Oficina del laboratorista	3	Lugar de análisis documentario	Escritorio / anaqueles.	Ninguno	Normal
	SS.HH.	4	Para necesidades fisiológicas	Lavado / urinario.	Ninguno	Normal
Zona de Investigación	Ingreso Previo	5	Este lugar permite mantener las condiciones climáticas del interior estables.	Ninguno	Ventilación e iluminación controlada	22 °C
	Área de Análisis	Mesas de Trabajo Central	6	Preparación de los medios de cultivo y análisis.	Mesas centrales y laterales	
		Área de microscopios	7	Lugar de observación del comportamiento de los patógenos en medios de cultivo.	Microscopios y estetoscopios, cámara de siembra de flujo laminar, incubadoras.	
		Cocinilla	8	Preparación de los medios de cultivo y análisis.	Mordaza y conservadora	
	Área de Apoyo	Área de Destilación	9	Zona donde se transforma el agua dura (del servicio público) en agua destilada (quiere decir con PH neutro, libre de carbonato y sin salitre).	Destiladora	
		Área de Esterilización	10	Zona donde se esteriliza los materiales usados.	Autoclave	
		Almacén de Reactivos	11	Espacio donde se almacenan las sustancias necesarias para las actividades del laboratorio.	Anaqueles	
		Almacén de medios de cultivos	12	Espacio donde se almacenan los medios de cultivo a estudiar.	Anaqueles	
		Área de desechos	13	Espacio de almacenamiento de desechos usados durante el análisis	Tacho	
		Invernadero	14	Lugar de inoculación del cultivo sano, que sirve para ver la evolución de la reproducción del patógeno.	Camas de plantas	Riego controlado 24°C

² J. Flores, entrevista personal, 5 de diciembre 2018.

no es un patógeno conocido, se procede a la inoculación del agente causal en un cultivo sano para analizar el desarrollo de los síntomas mediante el uso del invernadero.

E.- Finalmente, se identifica dicho patógeno y se propone el plan de manejo o medida de control que puede ser de tipo químico (plaguicidas, pesticidas, entre otros) o biológico (diversos organismos benéficos como el hongo trichoderma que combaten patógenos). Para ello, pasa a la oficina del laboratorista donde se redacta el informe final.

El tiempo de duración de todo el proceso es de aproximadamente 1 semana desde la llegada de la muestra hasta la entrega de resultados.

Con respecto a la cantidad de usuarios que utilizan la infraestructura, responde a 5 personas: 1 secretaria encargada de la recepción y llenado de datos de muestras en el sistema, 2 ingenieros agrónomos laboratoristas que se encargan del análisis de las muestras y 2 auxiliares que se encargan de la preparación de los medios de cultivos y la esterilización de materiales.

Asimismo, nos menciona las bondades y deficiencias que ha observado durante su utilización, las cuales se han ordenado por su nivel de seguridad, por su funcionalidad en cuanto a la distribución y comodidad de los espacios y si éstos son suficientes en relación a las actividades y los equipos (Figura 4):

- En cuanto al nivel de seguridad, por ser correspondiente al tipo II y a pesar de que existen pocas probabilidades de riesgo grave, indica que las ventanas están selladas herméticamente teniendo una temperatura constante de 22°C empleando equipos de ventilación e iluminación controlada debido a que cuentan con equipos que se pueden descomponer o alterar, proteger las muestras de análisis y garantizar la seguridad y salud del personal. Además,

cumple con la señalización reglamentaria y pasillos libres para la evacuación.

- En cuanto a la distribución de espacios, manifiesta que, debido a una ampliación vertical de la construcción, ha generado que se dividan las actividades de análisis en 2 pisos (separando el área de mesas central con el área de microscopios y coccinilla), ocasionando pérdidas de tiempo y la interrupción en el proceso secuencial del análisis.
- Finalmente, en cuanto a la cantidad de espacios y equipos, todos son correspondientes para realizar el diagnóstico de enfermedades de cultivos agrícolas; siendo uno de los laboratorios con la mayor cantidad de equipos especializados, garantizando calidad en los resultados.

A partir de ello, se presenta el siguiente cuadro referente a los espacios mínimos con los que se trabaja, su función, sus equipos y sus condiciones climáticas (Tabla 4).

7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

7.1. Programación

Se ha establecido un cuadro de programación cuantitativo (Tabla 5), en el cual se definen los espacios necesarios y sus respectivas áreas de acuerdo a las actividades y la cantidad de usuarios; basado en el caso de estudio, el índice de ocupación obtenido de las Normas Técnicas de Prevención (NTP) y Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú-RNE (22).

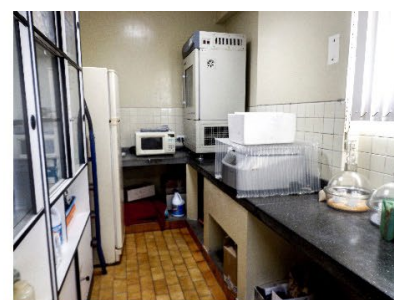
Es necesario precisar que, tanto el área de coccinilla como el área de microscopios, se encuentran inmersos en el área de análisis, ya que necesita de una conexión inmediata sin necesidad de aislamiento en otro espacio, para tener una secuencia e interacción de sus procesos y actividades garantizando calidad y eficacia del laboratorio.



Área de Análisis - 1er Nivel



Área de Análisis - 2do Nivel



Área de Coccinilla - 2do nivel



Área de camas del Invernadero - 1er nivel



Techo del invernadero



Almacén de medios de cultivo - 1er nivel

Figura 4. Fotografías de los espacios internos de la Clínica de Diagnóstico de Fitopatología y Nematología de la UNALM.

Además, en esta misma área de análisis se ubican las áreas apoyo de: esterilización, destilación, ducha de emergencia y área de desechos, debido a que se necesita un laboratorio ampliamente flexible; por lo cual utilizan conexiones, equipos, mobiliario e instalaciones aisladas que no afectan ni alteran las actividades durante el proceso de análisis.

Asimismo, según las Normas Técnicas de Prevención (NTP), por el nivel de bioseguridad del laboratorio, se recomienda contar con un ingreso previo o vestíbulo para la desinfección

de manos y colocación de bata-mascarilla antes del ingreso al área de análisis.

Con todo lo anteriormente expuesto, el Modelo de laboratorio de Fitopatología debe contemplar al menos 216.6 m²

7.2. Organigrama de relación espacial

Una vez definido los espacios que componen el laboratorio, se recomienda trabajar con sus conexiones de recorridos direc-

Tabla 5. Cuadro de programación cuantitativo del Modelo de laboratorio de Fitopatología.

ESPACIOS			COD.	ACTIVIDAD	CANT/ USUARIO	ÍNDICE OCUPACIONAL	ÁREA	
Zona Administrativa	Oficina de Recepción de muestras	Oficina de recepción	1	Atención y recepción.	2 usuario	8.5 m²/usuario	17.00 m²	
		Almacén de recepción de muestras	2	Almacenamiento de muestras.	1 usuario	7.5 m²/usuario	7.50 m²	
	Oficina del Laboratorista		3	Elaboración de reporte	2 usuario	7.5 m²/usuario	15.00 m²	
	Servicios Higiénicos		4	Necesidades Fisiológicas	1 usuario	2.5 m²/usuario	2.50 m²	
Zona de Investigación	Ingreso previo	Área de Lavado		5	Desinfección del usuario	2 usuario	3 m²/usuario	9.00 m²
		Área de Closet /lockers			Almacenamiento de indumentaria.	1 usuario		
	Área de Análisis	Área de Mesas de Trabajo		6	Identificación de análisis y diagnóstico.	2 usuario	10 m²/usuario	50.00 m²
		Área de microscopios				2 usuario		
		Área de cocinilla				1 usuario		
	Área de Apoyo	Área de Destilación		7	Destilación de agua	1 usuario	1 m²/usuario	1.00 m²
		Área de Esterilización		8	Esterilización de materiales	1 usuario	1 m²/usuario	1.00 m²
		Área de ducha de emergencia		9	Protección para casos de emergencia	1 usuario	0.90 m²/usuario	0.90 m²
		Almacén de reactivos		10	Almacenamiento de reactivos.	1 usuario	6 m²/usuario	6.00 m²
		Almacén de muestras		11	Colección de muestras de cultivos para futuras referencias de estudio.	1 usuario	6 m²/usuario	6.00 m²
		Almacén de medios de cultivos		12	Simulación de condiciones de iluminación para los cultivos.	2 usuario	9 m²/usuario	18.00 m²
		Invernadero	Antesala	13	Protección de cambio climático	1 usuario	2.6 m²/usuario	2.60 m²
			Área de camas	14	Simulación de condiciones de temperatura y humedad para los cultivos.	2 usuarios	20 m²/usuario	40.00 m²
			Almacén de invernadero	15	Almacenamiento de materiales del invernadero.	1 usuario	3 m²/usuario	3.00 m²
		Área de desechos		16	Manejo de residuos biológicos peligrosos.	1 usuario	1 m²/usuario	1.00 m²
	Subtotal							180.50 m²
Circulación y muros (20%)							36.10 m²	
TOTAL							216.60 m²	

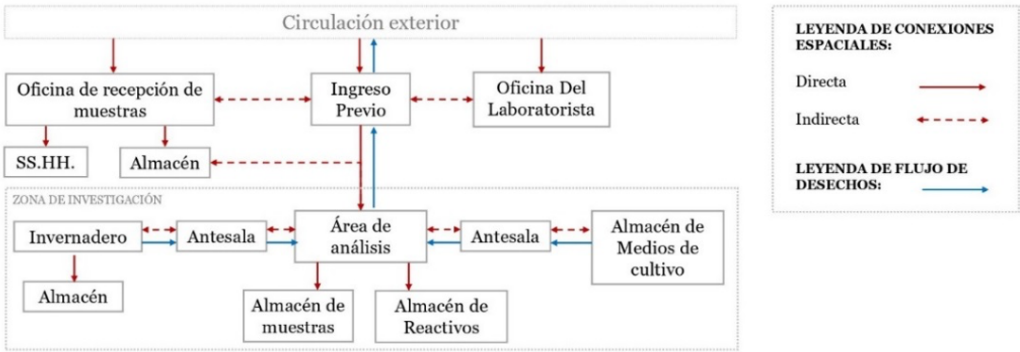


Figura 5. Organigrama funcional del Modelo de un laboratorio de Fitopatología.

tos e indirectos y flujo de desechos, en función a las actividades que desempeñan y sus dependencias (Figura 5).

La oficina de recepción de muestras como la oficina del laboratorista, pueden ser espacios de acceso independiente hacia la circulación exterior o pasillo de ingreso y a su vez estar conectado hacia el ingreso previo para el traslado directo de muestras. Dicho ingreso de desinfección debe tener acceso independiente desde el exterior, siendo el espacio previo que conecta al área de análisis.

Posteriormente, el laboratorio debe tener conexión directa con sus espacios de apoyo (almacén de muestras y almacén de reactivos). Además, tanto el invernadero como el almacén de medios de cultivo se sugiere conectar al laboratorio de manera indirecta, a través de antesalas para mantener un control de la temperatura.

7.3. Modelo de laboratorio de Fitopatología

Definida la programación de áreas y el organigrama de relación espacial, se propone el Modelo de Laboratorio de Fitopatología (Figura 6).

En el contexto físico-espacial, los laboratorios de investigación pueden organizarse de manera vertical (torres o barras arquitectónicas) u horizontales (infraestructuras independientes).

En ambos casos, es necesario precisar la importancia de que dicho laboratorio se ubique en la primera planta por depender de su conexión inmediata al invernadero (instalación de gran altura que requiere de iluminación natural en techo y paredes). Por tal motivo se ha considerado un frente de ingreso que puede ser una circulación compartida (pasillo) que conecta directamente a varios laboratorios.

Para organizar los espacios interiores, se recomienda trabajar con una configuración ortogonal debido a que facilita el funcionamiento y distribución que contribuye con el desenvolvimiento eficiente del personal, evitando realizar el menor recorrido posible y la idoneidad para la localización de mobiliarios y equipos (Figura 6). Además, los espacios complementarios se distribuyen alrededor del área de análisis (que es el espacio principal para el diagnóstico). Dicho espacio comprende 3 áreas según su función:

A.- Al ingreso, para una oportuna evacuación se encuentra el área de emergencia contra accidentes conformado por un lavabo y una ducha, ambos de fácil control con codos, antebrazo, rodillas o pies. A su costado inmediato, se ubica el área de desechos, siendo un pequeño espacio de almacén de residuos cerrado, independiente y sin riesgo grave.

B.- En la parte central, se ubican las mesas de trabajo teniendo en sus extremos dos lavabos, recomendado para 4 usuarios.

C.- Hacia el lateral, con iluminación natural directa y una mesa longitudinal, se ubica el área de esterilización, con un lavabo para la limpieza de instrumentos, la máquina destiladora que neutraliza el pH del agua potable y el área de uso de equipos (Tabla 2).

En cuanto a la circulación interior, se recomienda tener: entre 1.40m y 1.50m. entre pared y la mesa central o el área de

emergencia y la mesa central, 1.80m a 2.00m. entre el área de equipos y la mesa central. Así mismo, las mesas de trabajo tienen un ancho mínimo normativo de 0.60m para el análisis y 0.80m para el uso de equipos.

Con respecto a las condiciones climáticas, el laboratorio debe mantener una temperatura no mayor a los 22 °C para el adecuado funcionamiento de sus equipos, por lo que para el diseño del prototipo se ha elegido vanos hacia el lado más largo con el fin de tener vasta iluminación natural con la condición de que se encuentren cerradas herméticamente para evitar el intercambio de temperatura, el ingreso de patógenos u otros contaminantes externos; complementar con un sistema de ventilación e iluminación controlada. Mientras que en el invernadero, es imprescindible recibir la mayor cantidad de iluminación y radiación solar, es así que deben ser transparentes y estar libre de sombra para su mayor exposición solar. En el caso de los almacenes de muestras, almacén de reactivos y almacén de medios de cultivos, son instalaciones que no requieran recibir ventilación o iluminación natural. Por otro lado, tanto en la oficina de recepción de muestras como la oficina de laboratorista, es preciso que cuente con iluminación y ventilación natural ya que son espacios de uso permanente.

En cuanto a los acabados y recubrimientos en su interior, los espacios que requieren mantener un adecuado control de la contaminación son: la antesala, el área de análisis, los almacenes de muestras y reactivos y el almacén de medios de cultivo; por lo que es propicio que su material tanto en pisos y paredes sean resistentes a productos químicos de fácil limpieza, impermeables y antideslizante.

Finalmente, en cuanto al mobiliario a utilizar, deben considerarse que sean ergonómicos, pues incide directamente sobre la eficacia y la funcionalidad. Las mesas de trabajo que sostienen los equipos, hay que tener en cuenta que éstos pueden ser pesados debido al modelo de fábrica o producir vibraciones; por lo que se recomienda trabajar con materiales resistentes que soporten la carga, la corrosión y sean de fácil manipulación.

7.4. Conclusiones

- El Laboratorio de Fitopatología es una infraestructura particular por su nivel de complejidad, por lo mismo es fundamental determinar y comprender cada uno de los diferentes espacios que se requiere para su completo y correcto funcionamiento. Por ende, la cuantificación del área debe ser determinada según la cantidad de usuarios y las dimensiones de los equipos especializados.
- Para conseguir que la infraestructura sea óptima y obtenga resultados de calidad, el laboratorio debe ser seguro mediante la aplicación de las normativas vigentes y las condiciones ambientales, debe ser eficiente contemplando espacios y equipos necesarios, debe ser funcional estableciendo la secuencia e interacción de cada actividad; y debe ser confortable proponiendo mobiliarios ergonómicos y materiales idóneos.

8. AGRADECIMIENTO

Se agradece a la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa por la subvención otorgada con contrato N° TP-004-2018-UNSA. Asimismo, a la Universidad Nacional Agraria La Molina – UNALM de Lima por permitir el acceso a sus instalaciones y la información documentaria brindada.

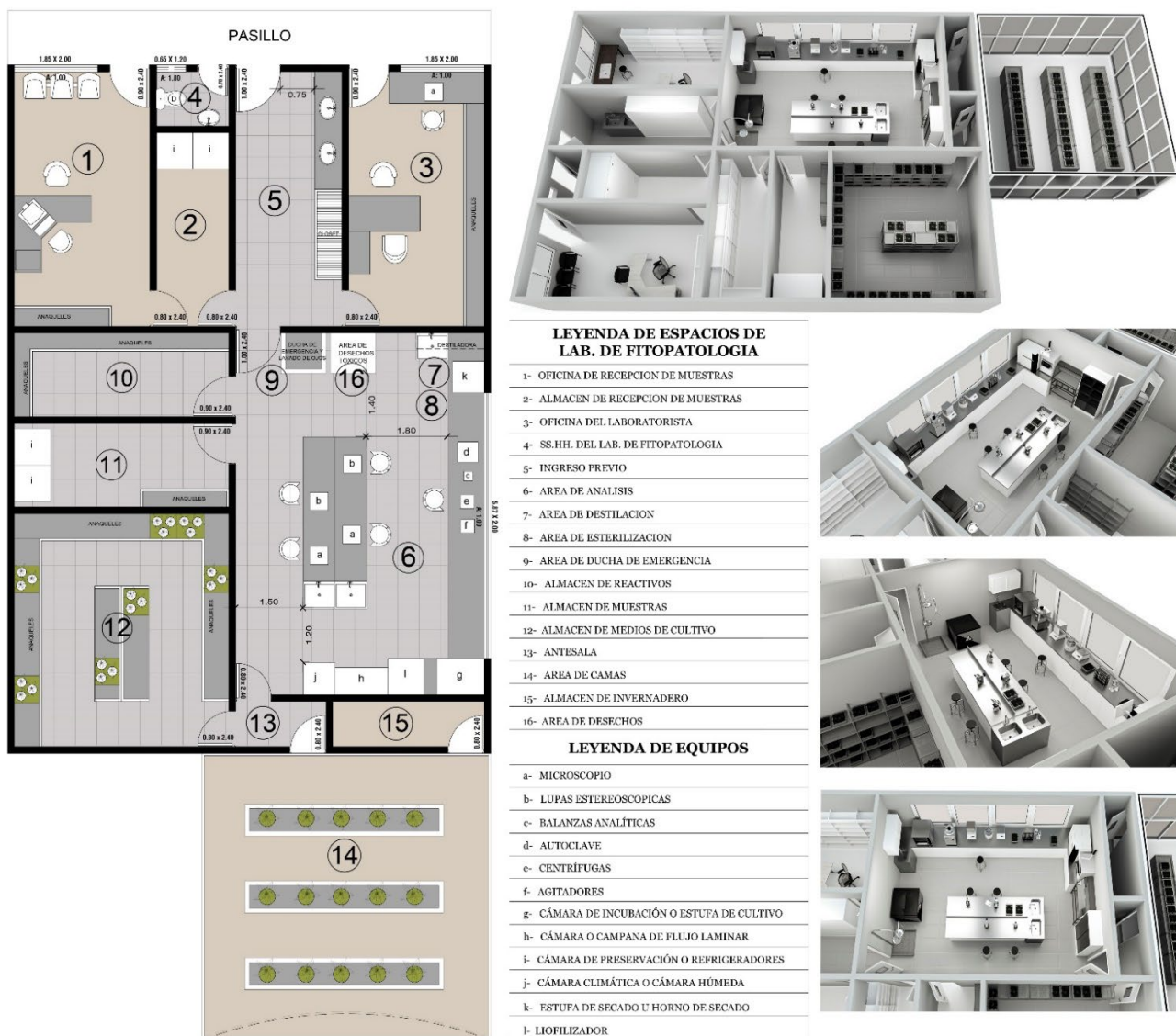


Figura 6. Modelo del Laboratorio de Fitopatología y leyenda de los equipos especializados que se utilizan

Finalmente, el agradecimiento al PhD. Víctor Hugo Casa Coila, catedrático e investigador de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa por el conocimiento brindado para la elaboración del artículo; y a

todas las otras instituciones y profesionales por el acceso a libros, información digital y el aporte de datos trascendentales para la presente investigación.

REFERENCIAS

- (1) Raffino, M. (2020). Concepto de Agricultura. Concepto de. Retrieved from <https://concepto.de/agricultura/>
- (2) Agrios, G.N. (2005). *fitopatología*, p. 952, México: Limusa.
- (3) Urbina, C.M. (2011). *Enfermedades causadas por hongos, fitopatología general*, p. 21, Estelí.
- (4) Quintana, R.S. (2018). Manual de prácticas Fitopatológicas (AEJ-1028). ITZM Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Retrieved from http://www.itzonamaya.edu.mx/web_biblio/archivos/manuales/07_fitopatologia.pdf
- (5) Alpi, A.; Tognoni, F. (1991). *Cultivo en invernadero actual orientación científica y técnica*, p. 17, Madrid: Mundiprensa.
- (6) Mendez, F. (2010). *La Presentación y descomposición en conjunto de: Invernadero*, p. 14, Lima: Flash Grafic.
- (7) Aralab. (2013). Cámaras de cultivo y crecimiento de plantas. Biotecnología. Retrieved from <https://aralab-esp.es/camaras-cultivo-biotecnologia/>
- (8) Aklia Eduk. (2019). El microscopio. Retrieved from <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/mmel-rey/2019/10/16/el-microscopio/#:~:text=Tal%20y%20como%20hemos%20visto,de%20lentes%20de%20gran%20aument>
- (9) Universidad Politécnica de Cataluña. (s.f.). Lupa estereoscópica. Servicios Científicos - Técnicos de la UPC. Retrieved from <https://www.upc.edu/sct/es/equip/712/lupa-estereoscopica.html#:~:text=Equipo%20consistente%20en%20una%20lupa,luz%20incidente,%20de%20muestras%20tridimensionales>

- (10) Significados. (2017). Balanza analítica. Retrieved from <https://www.significados.com/balanza-analitica/>.
- (11) Medicalbuy. (2020). ¿Qué es una autoclave y cómo funciona? Retrieved from <https://medicalbuy.mx/blog/238-que-es-una-autoclave-y-como-funciona>.
- (12) Equipos y laboratorio de Colombia. (2021). Que es una centrifuga. Retrieved from <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/que-es-una-centrifuga>.
- (13) PCE Inst. (s.f.). Agitadores de laboratorio. Retrieved from <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/instrumentos-laboratorios/equipos-laboratorios/agitadores-laboratorio.htm>.
- (14) Real Academia de Ingeniería. (s.f.). Estufa de incubación. Retrieved from <http://diccionario.raing.es/es/lema/estufa-de-incubaci%C3%B3n>.
- (15) Equipos y laboratorio de Colombia. (2021). Cabinas de flujo laminar. Retrieved from <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/cabinas-de-flujo-laminar>.
- (16) CSA 30 años. (s.f.). Cámaras de refrigeración y conservación. Retrieved from <https://www.centrodeserviciosagricolas.com/info/camaras-de-refrigeracion-y-conservacion>.
- (17) MPcontrol. (2016). ¿Qué es una cámara climática? Retrieved from <http://www.mpcontrol.es/index.php/definicion-camara-climatica/>.
- (18) Equipos y laboratorio de Colombia. (2021). Estufa de secado u horno de secado. Retrieved from <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/estufa-de-secado-u-horno-de-secado#:~:text=La%20estufa%20de%20secado%20es,y%20metal%20en%20el%20laboratorio.&text=Los%20fabricantes%20han%20desarrollado%20b%C3%A1sicamente,que%20operan%20mediante%20convecci%C3%B3n%20forzada>.
- (19) Universidad Politécnica de Cataluña. (s.f.). Liofilizador. Servicios Científico - técnico de la UPC. Retrieved from <https://www.upc.edu/sct/es/equip/649/liofilizador>.
- (20) Organización Mundial de la Salud. (2008). Manual de bioseguridad en el laboratorio. Bioseguridad. Retrieved from <https://www.medigraphic.com/pdfs/medlab/myl-2008/myl081-2d.pdf>
- (21) Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España y el Instituto Nacional de Seguridad e higiene en el trabajo. (2000). NTP 551: Prevención de riesgos en el laboratorio: la importancia del diseño. Retrieved from https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_551.pdf/b9194b7b-078f-46b0-a163-425c3d8a80c7.
- (22) Cámara Peruana de la Construcción (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones*, Lima, Setiembre 2018: Deposito de la Biblioteca Nacional del Perú N°2018-13189.
- (23) Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. (2014). Ergonomía en el laboratorio: requisitos de diseño de mobiliario y equipos. Retrieved from <https://www.insst.es/documents/94886/329170/ntp-1029w.pdf/c4f65f2b-c8cf-4c46-93e0-05bcb8116498>
- (24) Universidad Nacional Agraria La Molina. (2021). Clínica de Diagnosis de Fitopatología y Nematología. Retrieved from <http://www.lamolina.edu.pe/facultad/agronomia/diagnosis/>