



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

Informe de servicio comunitario

**MODELO PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AIRE  
EN EL CENTRO HOSPITALARIO PADRE MACHADO**

Por:  
Alexis Ruiz  
Yehison Sanz  
Monika deFreitas  
Angelo Roviello

**Sartenejas, Octubre de 2012**

## **Introducción**

### **a) Generalidades**

Los hospitales como centros de atención al ciudadano prestan servicios médicos con la premisa de solventar las afecciones de salud los usuarios que a él asisten, pero muchas veces estos mismos centros son focos de infecciones microbiológicas, debido a la presencia de microorganismos patógenos en el medio ambiente, comportándose como un agente de contagio en la población.

La evaluación continua de la microbiota y la naturaleza de esta es los centros hospitalarios es de suma importancia para conocer si los mecanismos encargados de la asepsia del dicho centro están funcionando adecuadamente. Evaluaciones como el muestreo de aire son de gran utilidad en este tipo de reconocimiento.

El muestreo en aire es una actividad científica de tipo práctico, cuyas áreas de aplicación en sus diversas formas son de rápido crecimiento y suma importancia, destacándose los ambientes industriales, de bioanálisis y hospitalarios como principales, siendo estos últimos de nuestro principal interés. El monitoreo del contenido biológico del aire contempla en su metodología la medición de variables viables (microorganismos cultivables y no cultivables) y no viables (otros microorganismos), tanto en interiores (ambientes industriales, de oficinas o residenciales) como en exteriores (estudios de la calidad del aire agrícola, por ejemplo).

Los microorganismos viables son aquellos metabólicamente activos (vivos) con el potencial de reproducirse. Éstos pueden subdividirse en dos grupos importantes:

- *Cultivables*: Es posible reproducir los microorganismos en condiciones controladas.
- *No cultivables*: Condiciones de estrés térmico en la incubación o en el medio de cultivo impide la reproducción controlada en un laboratorio de estos microorganismos.

En síntesis, con las diferentes técnicas de muestreo de aire es posible cuantificar y estudiar la presencia de hongos, bacterias y virus en una locación determinada. Por ésta y otras razones, es ésta una práctica comúnmente realizada en investigaciones epidemiológicas, de inmunología y estudios médicos varios.

El muestreo aplicado a hospitales es utilizado para evaluar la calidad ambiental de sus instalaciones, así como en la detección de brotes de enfermedades infecciosas o en estudios de calidad de las medidas de higiene llevadas a cabo en las habitaciones. En presencia de contaminación (crecimiento microbiano en los pisos, paredes o techos del centro de salud), el personal debe remediar esta situación lo más pronto posible, ya que podrían suscitarse situaciones en las que se observe sintomatización de algún padecimiento luego de realizar las medidas correctivas consecuencia de los resultados arrojados en el muestreo. Es posible encontrar resultados negativos o falsos, razón por la cual éstos han de ser interpretados con cuidado una vez haya sido realizado el muestreo.

#### b) Técnicas de muestreo de aire

El eje central del análisis de calidad de aire radica en la forma en la que se toman las muestras. En el caso de bioaerosoles se tienen básicamente dos opciones:

1. El método gavimétrico, que consiste en la colocación de placas de Petri servidas con agar (específico a cada caso) que son dispuestas por un tiempo, para luego incubar la placa y verificar la microbiota presente.

2. Usar un impactador de aire, el cual permite la obtención de una medida cuantitativa por medio de una relación volumen de aire / Unidades Formadoras de Conias (UFC).

La primera opción permite tener un panorama cualitativo de qué microorganismos están presentes en la locación, sin control de cuánto es el volumen de aire que se muestrea. Esto deriva en el conocimiento de la existencia o no de microorganismos en particular, mas no permite un tratamiento estadístico preciso. En el caso del impactador de aire, éste toma un volumen de aire previamente programado y lo impactará contra una placa de Petri con agar. Posteriormente, es posible contar cuántas colonias están presentes por volumen de aire y determinar la concentración de bioaerosoles en un lugar determinado. Ésta última opción corresponde con un tipo de muestreo cuantitativo.

Las técnicas clásicas de muestreo de aire usadas en la microbiología son la observación de características de crecimiento, morfología celular o esporas, tinción simple y diferencial y pruebas bioquímicas, fisiológicas y nutricionales para las bacterias cultivables. Técnicas analíticas que pueden aplicarse a microorganismos viables y no viables, incluyen la reacción en cadena de polimerasa (PCR) y la enzima enlazada o ensayo inmunoenzimático (ELISA). Tales métodos pueden ser utilizados para identificar ciertos microorganismos en específico y para localizar áreas de contaminación, y aunque éstos son generalmente métodos cualitativos, los esfuerzos de investigación actuales incluyen la modificación de los mismos con el fin de obtener resultados semicuantitativos o cuantitativos.

## **Desarrollo**

### **Planteamiento del Problema.**

Los hospitales son muchas veces una fuente de contagio de diferentes enfermedades, las cuales son originadas por microorganismos patógenos. Este tipo de microorganismos muchas veces no son transmitidos de persona a persona, sino que se encuentran inherentes en el medio hospitalario, siendo por esta razón una fuente recurrente y continúa de enfermedades. Por lo que poder estimar de forma cualitativa o cuantitativa si existen microorganismos patógenos presente en las distintas zonas de un hospital es básico para cualquier abordaje del problema.

Para esto se plantea un proyecto de bajo costo en el que se especifica el tipo de muestreo que se debe realizar, las zonas más oportunas para hacer las mediciones, los materiales a utilizar, los medios de cultivos y la logística, todo esto con el fin de obtener resultados concluyentes y útiles.

### **Justificación.**

El muestreo de aire para la detección de microorganismos patógenos es uno de los pilares fundamentales para la elaboración de una visión general del estado real de asepsia en un hospital, así como el diagnóstico de áreas específicas que presenten problemas de contaminación.

Los dos puntos anteriores son fundamentales para implementar distintos mecanismos de acción que disminuyan o erradique completamente las fuentes de infección (de origen biológico), tales como la reestructuración de las áreas hospitalarias,

la modificación de ambientes críticos y cambios en el manejo de los equipos y su limpieza. Estos cambios resultarían ventajosos para toda la comunidad hospitalaria ya que con un nivel más bajo de agentes patógenos, se reduciría las infecciones tanto en el personal médico, los pacientes y sus visitantes.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente realizar una evaluación de este tipo (muestreo de aire) en la clínica dispensario Padre Machado traería grandes ventajas en el corto, mediano y largo plazo.

## **Tipos de Muestreo**

Existen dos grandes tipos de muestreo de aire, muestreo cualitativo y cuantitativo, los cuales poseen diferentes ventajas y desventajas dependiendo del entorno en el que se apliquen y los recursos que se posean. Por un lado si se dispone de los materiales necesarios incluyendo medios de cultivo selectivos y un muestreador de aire portátil digital, es posible realizar un muestreo cuantitativo porque el muestreador de aire brinda información del volumen de aire muestreado y obtener una proporción estadística de la cantidad de microorganismos en el medio ambiente. Pero si bien no se posee un muestreador de aire es posible realizar un muestreo cualitativo con el cual se compara entre dos lugares específicos cual posee mayor o menor cantidad de agentes patógenos. Este último constituye el muestreo de interés para el desarrollo de este proyecto

### **Muestreo Cualitativo.**

El principal punto a llevar a cabo en esta clase de muestreo es la comparación no estadística entre dos grupos de áreas del hospital, por un lado las zonas críticas como los quirófanos y laboratorios y por el otro las zonas de entrada libre tales como las salas de espera y los pasillos.

#### Disposición de las placas:

En cada una de estas zonas señaladas anteriormente, se colocarán 5 placas conteniendo los medios selectivos señalados en los planos (Anexo 1). La disposición espacial de las placas debe ser acorde al área de la habitación y distribuida por toda esta. Es recomendable tener una placa de muestreo por cada 4 metros cuadrados, aunque dependiendo de las condiciones del lugar este número puede variar.

### Tiempo de muestreo:

Es sumamente importante tener una buena estrategia de cómo se van a colocar las placas para que el tiempo de exposición de todas, sin importar en qué zona se encuentre, no varíe. Esto debido a que un error en los tiempos acarrearía problemas en los resultados, ya que una placa que posea un mayor tiempo de exposición presentará una mayor cantidad de microorganismos que otra placa ubicada en un lugar distinto aun cuando no exista tal diferencia de asepsia entre las áreas muestreadas.

Para evitar tales inconvenientes es importante establecer en primera instancia cual va a ser el tiempo total de exposición de las placas siendo el más recomendable uno cercano a 1 hora. Además se debe establecer un “mapa” de inicio y fin de la colocación de las placas el cual debe ser seguido de la misma forma una vez se remuevan estas al término del muestreo. Todo esto con el fin de garantizar la confiabilidad de los resultados.

### Manejo de las placas:

Estas deben ser transportadas de tal forma que no sufran golpes o agitaciones muy fuertes ya que el medio de cultivo que se va a utilizar aunque adherido a la placa puede desprenderse de esta.

La placa está compuesta de dos partes una parte inferior en la cual va el medio de cultivo, que va a ser expuesto al medio ambiente durante la medición y que posee un diámetro más pequeño que la parte superior, aunque de la misma forma y composición. La parte superior cumple la función de tapa, esto para garantizar que no se va a tener una cantidad de microorganismos adicional al tomado durante el estudio.

### Manejo de resultados:



Como ya se mencionó no es posible realizar una estimación cuantitativa ya que se desconoce el volumen de aire muestreado por lo que estimar la cantidad de microorganismos por área de zona muestreada (como es el caso del muestreo cuantitativo) no es posible, pero se pueden comparar las “zonas sensibles” en las que se intervienen a los pacientes y que son de paso restringido con las “zonas populares” y que no requieren de un cuidado estricto. Siendo siempre recomendable que las zonas sensibles presenten una menor microbiota patógena que las zonas populares. Esto debido a que existe una mayor posibilidad de infección en las zonas sensibles.

Una vez contadas las UFC, conteo que se explicará más adelante, se realizará una tabla en la que se colocan cada uno de los resultados por zona dándose un ejemplo a continuación.

	Placa 1 (UFC)	Placa 2 (UFC)	Placa 3 (UFC)	Placa 4 (UFC)	Placa 5 (UFC)
<b>Quirófano</b>	5	12	6	4	10
<b>Sala de espera</b>	54	26	25	37	39

Los resultados obtenidos de cada zona en las distintas placas se van a promediar para establecer qué cantidad de UFC se encuentran en esa zona. Los resultados de esta tabla son: UFC en Quirófano = 6,5 y UFC en Sala de espera 37,16. Esto nos dice que existe una mayor cantidad de microorganismos patógenos en la sala de espera que en el quirófano, y si dividimos el número de UFC en la sala de espera por el número de UFC en el quirófano

podemos decir que hay específicamente 5,7 veces más microbiota asociada a la sala de espera que a la otra área.

#### Zonas de muestreo:

A continuación se presentan las zonas del hospital en las cuales se va a llevar a cabo la estimación de la microbiota. (También se señalan en el Anexo A).

Planta Baja: salas de esperas (2).

Piso 1: Quirófanos (2).

Salas de espera (2).

Laboratorio (1).

Sala de Parto (1).

Esterilización (1).

Sanitarios (1).

Recuperación (1).

Piso 2: Reten (1).

Preparación de medicamentos (1).

#### Medios selectivos:

Medio para crecimiento de hongos “Potato Dextrosa Agar” (PDA) suplementado con Antibióticos Antibacterianos Polimixina B 100 mg/L, Carbenicilina 50 mg/L y Anfotericina B 10 mg/L.

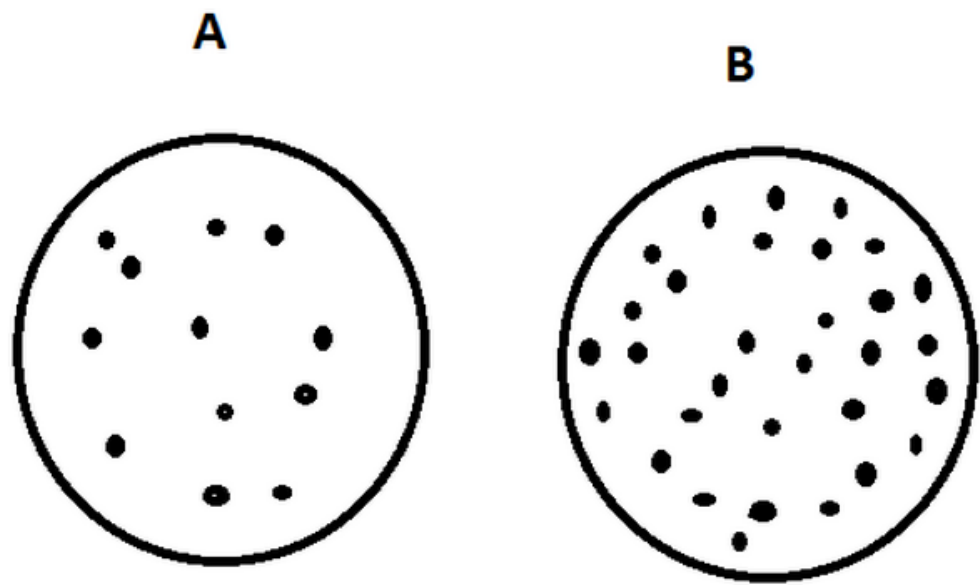
Medio para crecimiento de Bacterias “Agar Nutritivo” (AN) suplementado con Antibióticos Antifúngicos Nistatina 50 mg/L y Candicidina 100 mg/L.

### Incubación:

Las placas una vez transportadas al laboratorio deben ser incubadas en una estufa a 37 °C, esta temperatura es debido a que los microorganismos estudiados son patógenos para los seres humanos y estos presentan esa temperatura corporal, presentando los microorganismos un crecimiento óptimo en este rango. Se deben evaluar las placas cada 24 horas por 48 horas.

### Conteo de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en placas:

Una vez transcurrido el tiempo de incubación de las placas es necesario hacer el conteo de las unidades formadoras de colonias. Para tal conteo es recomendable disponer de una lupa ya que facilitará las cosas. Debido a que se utilizó medio selectivo en cada una de las placas las colonias que se observen en ellas van a ser tomadas en cuenta como colonias de la especie o familia que se deseaba seleccionar. Cada una de las colonias en la placa va a ser tomada como un microorganismo individual debido a que esas colonias fueron originadas por un solo individuo. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de dos placas con diferentes concentraciones de colonias y tomadas en dos áreas distintas del hospital, en la placa A (muestreada en el quirófano) se muestran 12 UFC y en la placa B (muestreada en la sala de espera) se observan 34 UFC. Lo cual nos dice que en la zona de la sala de espera existe una mayor cantidad de este tipo de microorganismos que en el quirófano, siendo este resultado más esperado debido a que el nivel de asepsia en el quirófano debe ser siempre mayor que en áreas abiertas al público.



**Figura 1.1.** Muestra de Placas con UFC con distintas concentraciones y tomadas en quirófano placa A y sala de espera placa B.

## **Conclusiones:**

Es posible determinar cuál es el nivel de asepsia del Hospital a través de la realización de un muestreo de aire. Este puede ser realizado por medio de una estimación cuantitativa si se dispone de los instrumentos necesarios (principalmente muestreador de aire portátil digital), pero en el caso de no disponer de todos los instrumentos se puede realizar un muestreo cualitativo con materiales relativamente fáciles de conseguir.

Existen áreas del hospital que son críticas en cualquier estudio y que deben ser incluidas en las mediciones de aire, tales como los quirófanos, laboratorios y salas de parto. su estudio es muy importante ya que estos deben presentar un alto nivel de asepsia, debido a que los pacientes tratados allí pueden infectarse muy fácilmente.

El muestreo de aire junto con otros tipos de estudio, es capaz de brindar un panorama muy claro de que zonas del hospital deben ser atendidas y modificadas su manejo de limpieza o estructura para aumentar el nivel de asepsia.

Un punto muy relevante para la futura realización del muestreo de aire en el hospital es tener una buena logística, para lo cual es necesario plantear desde el principio todos los pasos que se deben realizar para cumplir los tiempos, el manejo adecuado de las muestras y su posterior incubación y análisis

### Interrelación del proyecto y formación académica.

Debido a que este es un proyecto donde se evaluó la microbiota asociada a las distintas aéreas del hospital Padre Machado, fue posible establecer un estrecho vínculo entre nuestra formación educativa como biólogos y la actividad realizada a favor a la comunidad que es atendida en este hospital. Uno de los puntos clave fue nuestra arraigada formación hacia el área de microbiología y la evaluación biológica de la microbiota. Habiéndose aplicado en cada etapa de este trabajo nuestro conocimiento sobre los microorganismos patológicos más comunes en los hospitales y la forma más eficiente de poder detectarlos. Siendo importante señalar que se hizo gran énfasis en la utilización de materiales que se encuentran presentes en cualquier laboratorio de microbiología y cuyo valor fuese el más bajo posible, para que la disposición de materiales no fuera una limitante a la hora de reproducir este proyecto en cualquier otro hospital en el que se desee evaluar la asepsia.

Habiéndose acudido a consultas para la mejora del proyecto con varios profesores de la Universidad Simón Bolívar, con los cuales hemos tenido un contacto previo y los cuales se desenvuelven en el ámbito de la microbiología. Su asesoría fue tomada en cuenta para la organización de todo el sistema de evaluación microbiológica.

En el equipo se encontraba también un estudiante de ingeniería eléctrica (Angelo Roviero), el cual como futuro ingeniero facilitó la coordinación logística del trabajo y el desarrollo de parámetros más óptimos para su realización, así como el análisis de los mapas del hospital.

Para el estudiante Alexis Ruiz la tabla correspondiente es la siguiente:

Actividad	Cantidad de horas
Primer abordaje del tema: Investigación y recopilación de información asociada al muestreo microbiológico.	29
Visitas al hospital y entrevistas con los encargados de la asepsia.	6
Visitas al hospital para la evaluación de las distintas aéreas a ser muestreadas.	41
Análisis de mapas y escogencia de áreas críticas.	5
Desarrollo del modelo de muestreo, caracterización de los medios de cultivo a utilizar y los microorganismos a evaluar.	21
Entrevista y asesoría con distintos investigadores.	11
Desarrollo y estructuración de los parámetros del proyecto e informe de servicio comunitario.	22
Cantidad totales de horas	135

Para el estudiante Yehison Sanz la tabla correspondiente es la siguiente:

Actividad	Cantidad de horas
Primer abordaje del tema: Investigación y recopilación de información asociada al muestreo microbiológico.	33
Visitas al hospital y entrevistas con los encargados de la asepsia.	6
Visitas al hospital para la evaluación de las distintas aéreas a ser muestreadas.	47
Análisis de mapas y escogencia de áreas críticas.	5
Desarrollo del modelo de muestreo, caracterización de los medios de cultivo a utilizar y los microorganismos a evaluar.	15
Entrevista y asesoría con distintos investigadores.	7
Desarrollo y estructuración de los parámetros del proyecto e informe de servicio comunitario.	21
Cantidad totales de horas	134

Para la estudiante Monica deFreitas la tabla correspondiente es la siguiente:

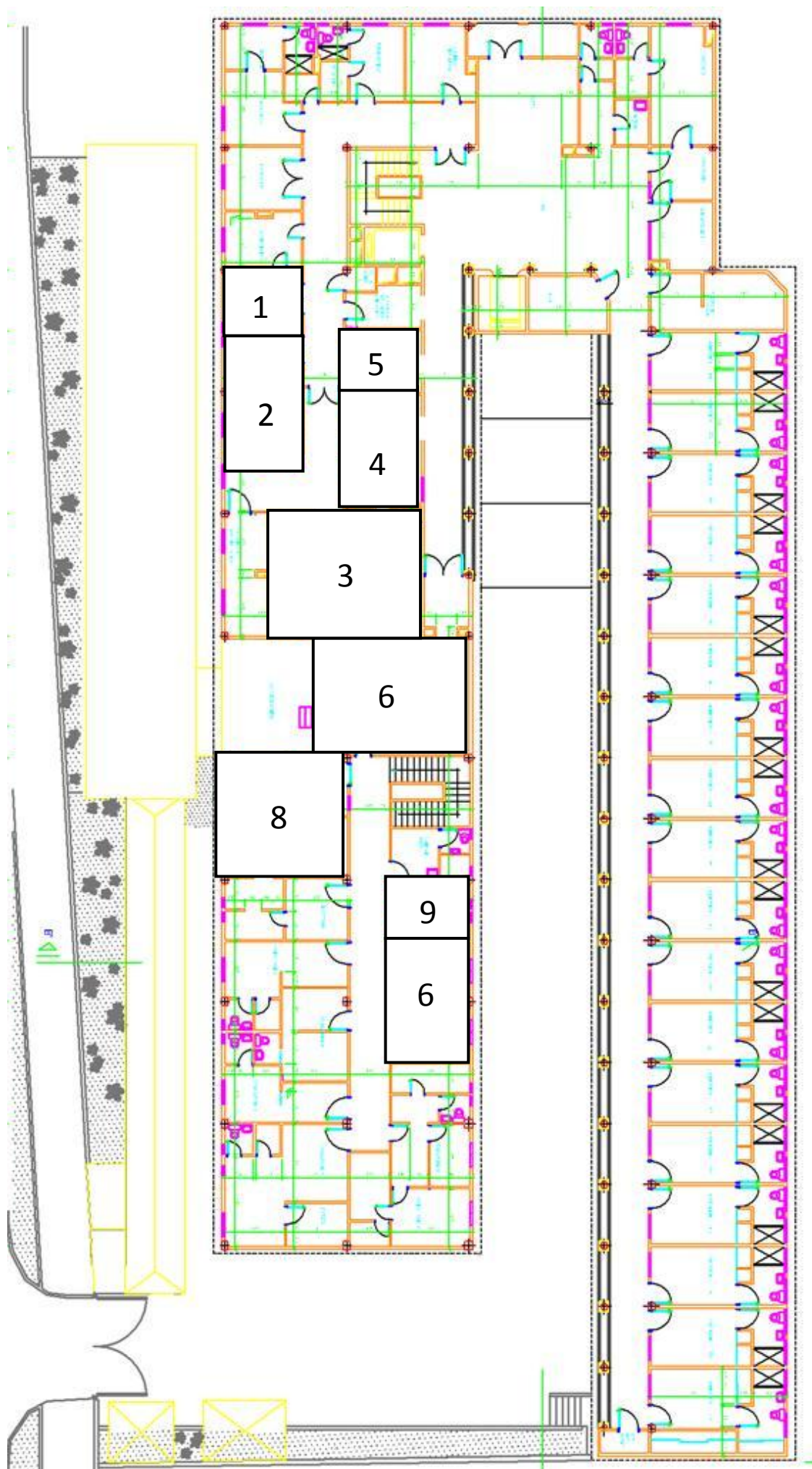
Actividad	Cantidad de horas
Primer abordaje del tema: Investigación y recopilación de información asociada al muestreo microbiológico.	33
Visitas al hospital y entrevistas con los encargados de la asepsia.	6
Visitas al hospital para la evaluación de las distintas aéreas a ser muestreadas.	41
Análisis de mapas y escogencia de áreas críticas.	1
Desarrollo del modelo de muestreo, caracterización de los medios de cultivo a utilizar y los microorganismos a evaluar.	21
Entrevista y asesoría con distintos investigadores.	11
Desarrollo y estructuración de los parámetros del proyecto e informe de servicio comunitario.	22
Cantidad totales de horas	135

Para el estudiante Angelo Roviello la tabla correspondiente es la siguiente:

Actividad	Cantidad de horas
Primer abordaje del tema: Investigación y recopilación de información asociada al muestreo microbiológico.	29
Visitas al hospital y entrevistas con los encargados de la asepsia.	6
Visitas al hospital para la evaluación de las distintas aéreas a ser muestreadas.	47
Análisis de mapas y escogencia de áreas críticas.	5
Desarrollo del modelo de muestreo, caracterización de los medios de cultivo a utilizar y los microorganismos a evaluar.	21
Entrevista y asesoría con distintos investigadores.	3
Desarrollo y estructuración de los parámetros del proyecto e informe de servicio comunitario.	21
Cantidad totales de horas	132

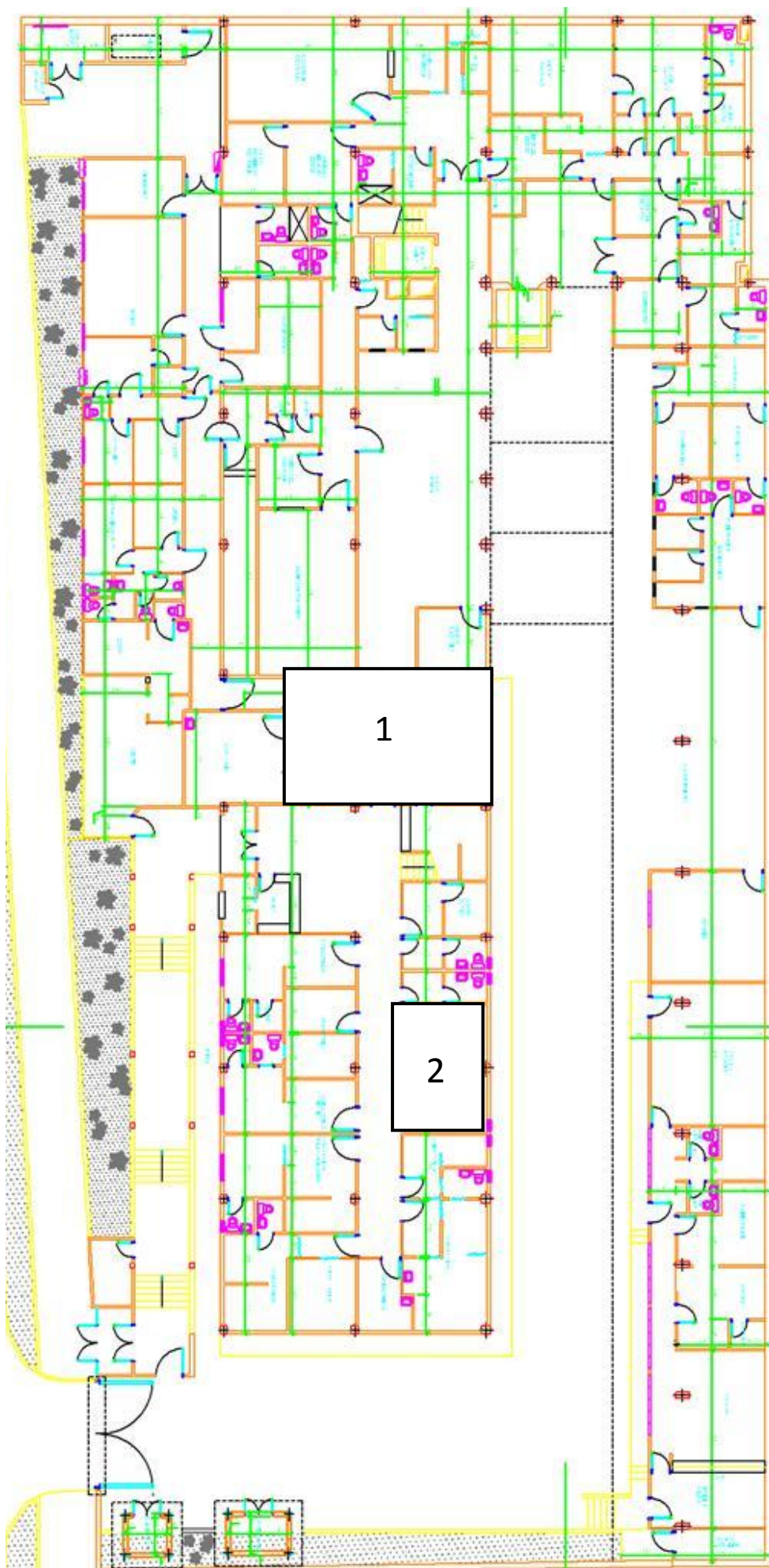


# **Anexos**



**Sitios de Muestreo**  
**Piso 1**

- 1= Esterilización
- 2 = Sala de Parto
- 3 = Quirófano A
- 4 = Quirófano B
- 5 = Recuperación
- 6 = sala de espera 1
- 7 = Sala de espera 2
- 8 = Laboratorio
- 9 = Sanitarios



**Sitios de Muestreo**  
**Planta Baja**

1 = sala de Espera 1

2 = Sala de Espera



## Sitios de Muestreo

### Piso 2

1= Reten

2 = Preparación de  
Alimentos

