

Comparación de métodos utilizados en la valoración del riesgo biológico

Zaida Rocío Contreras Velásquez⁽¹⁾; Pastor Ramirez Leal⁽²⁾

¹Especialista en Epidemiología Clínica, Especialista en Prácticas Pedagógicas Universitarias, Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Docente catedrático de la Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Norte de Santander. Colombia

²Especialista en Estadística Aplicada. Magister en Educación Matemática. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia

Correspondencia:

Zaida Rocío Contreras Velásquez.

Facultad de Ciencias Agrarias y del Medio Ambiente.

Avenida Gran Colombia No 12E-96 Barrio Colsag.

Correo: zaidarociocv@ufps.edu.co

Código Postal: 540003

La cita de este artículo es: Z R Contreras et al. Comparación de métodos utilizados en la valoración del riesgo biológico. Rev Asoc Esp Espec Med Trab 2019; 28: 91-108

RESUMEN.

Objetivo: comparar la evaluación del nivel del riesgo biológico de los métodos Biogaval y GTC 45. **Métodos:** estudio descriptivo observacional de corte transversal aplicado a una muestra de 24 laboratorios. Se aplicó análisis correlacional de puntuaciones típicas. **Resultados:** el 95% (n=23) de los laboratorios en Límite de Acción Biológica y el 4,2% (n=1) en Nivel de Acción Biológica, según Biogaval; y el 41,6% (n=10) en situación crítica y el 58,3% (n=14) de los laboratorios debe adoptar medidas de control inmediato, según GTC-45. Se encontró correlación positiva perfecta ($Rho=1.00$) en las variables cumplimiento de medidas higiénicas/nivel de deficiencia, así como nivel de exposición/frecuencia de realización de tareas; muy al contrario, la determinación del nivel de incidencia/nivel de probabilidad no presentaron una correlación significativa ($Rho=0.103$). No existe una correlación significativa ($Rho=0.468$) entre el método

COMPARATIVE STUDY OF METHODS FOR THE VALORATION OF BIOLOGICAL RISK

ABSTRACT

Objective: to compare the evaluation of the biological risk level of the Biogaval and GTC 45 methods. **Methods:** an observational cross-sectional descriptive study applied to a sample of 24 laboratories. Correlation analysis of typical scores was applied. **Results:** 95% (n = 23) of the laboratories in Biological Action Limit and 4.2% (n = 1) in the Biological Action Level, according to Biogaval; and 41.6% (n = 10) in a critical situation and 58.3% (n = 14) of the laboratories must adopt immediate control measures, according to GTC-45. We found a perfect positive correlation ($Rho = 1.00$) in the variables compliance with hygienic measures / level of deficiency, as well as level of exposure / frequency of completion of tasks; On the contrary, the determination of the level of incidence / level of probability did not

Biogaval y el método GTC 45. **Discusión:** se hace necesario proponer un método dirigido hacia los microorganismos a riesgo y acorde con la normatividad colombiana.

Palabras clave: riesgo biológico, bioseguridad, salud ocupacional

Fecha de recepción: 13 de febrero de 2019

Fecha de aceptación: 05 de junio de 2019

show a significant correlation ($Rho = 0.103$). There is no significant correlation ($Rho = 0.468$) between the Biogaval method and the GTC 45 method. **Discussion:** it is necessary to propose a method aimed at microorganisms at risk and in accordance with Colombian regulations.

Key words: biological risk, biosecurity, occupational health

Introducción

La presencia de agentes biológicos en el lugar de trabajo representan un riesgo considerable de efectos nocivos para la salud⁽¹⁾, e independiente a su naturaleza (bacterias, hongos, virus) o su procedencia (cultivos celulares de animales o humanos), endoparásitos, etc; pueden tener un efecto infeccioso asociado con toxicidad o alergia^(2,3).

Según el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo - INSSST^(4,5), para la determinación del nivel del riesgo por exposición a agentes biológicos, se requiere la identificación teórica del agentes biológicos mas probables y la evaluación del riesgo dependiendo del puesto de trabajo y los trabajadores que se encuentran expuestos; así mismo, en el área de trabajo se debe realizar la determinación del cumplimiento de las medidas higiénicas; las posibles fuentes de exposición, reservorios, mecanismos de transmisión, información científica y antecedentes de estudios epidemiológicos.

La evaluación del riesgo biológico es un proceso que debe ser llevado a cabo dentro de las actividades establecidas en el Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo en las empresas y está establecido en la normatividad colombiana^(6,7). Es por ello, que el Ministerio de Trabajo, sugiere la evaluación del riesgo biológico por medio de la Guía Técnica Colombiana 45 (GTC

45)^(6,8), la cual busca la identificación de peligros y valoración de los riesgos en Seguridad y Salud Ocupacional al desarrollar actividades. El método GTC-45 utiliza como variables, la determinación del nivel de deficiencia de medidas higiénicas, los efectos posibles y el nivel de exposición.

El método Biogaval, sugerido por el INSSST para la evaluación del riesgo biológico^(9,10), en España, fue diseñado para la evaluación del riesgo en actividades diversas, siendo aplicable a centros de producción de alimentos, trabajos agrarios, actividades relacionadas al contacto con animales, como laboratorios clínicos y veterinarios, análisis de aguas residuales y de eliminación de residuos. Biogaval, a su vez sugiere un formulario que permite determinar la adopción de medidas higiénicas relacionadas con la bioseguridad. Además de ello, plantea los microorganismos que pueden estar implicados en cada área de trabajo, el mecanismo de transmisión, la clasificación del daño, la tasa de incidencia del año anterior, la vacunación y la frecuencia de realización de tareas de riesgo.

En el presente estudio, se determina el nivel del riesgo biológico por medio de los métodos Biogaval y GTC 45 en laboratorios de una facultad de ciencias agrarias de una ciudad del oriente colombiano; con el fin de detectar aquellos aspectos que puedan afectar el nivel de confiabilidad de los resultados, en especial al comparar los resultados

finales del método GTC 45 el cual es utilizado en Colombia, con el método Biogaval especialmente enfocado a la valoración del riesgo biológico y ampliamente utilizado en España.

Materiales y Métodos

El diseño del estudio es observacional, descriptivo y de corte transversal.

La muestra corresponde a 24 laboratorios de una sede de la Facultad de Ciencias Agrarias de una institución educativa de orden superior de la ciudad de Cúcuta, ubicada en el municipio de Los Patios en el departamento de Norte de Santander; en la cual se encuentran laboratorios adecuados para docencia, investigación y extensión de cinco programas universitarios: ingeniería biotecnológica, ingeniería ambiental, ingeniería agronómica, ingeniería pecuaria e ingeniería agroindustrial.

Para la recolección de la información se diseñó un Formulario de Evaluación de Prácticas y Procedimientos en Bioseguridad el cual está presentado en el Anexo 1, teniendo en cuenta el modelo propuesto por Biogaval⁽⁹⁾, que sugiere evaluar la infraestructura, dotación de elementos de protección personal (EPP), dotación de equipos, procedimientos de higiene y seguridad industrial; y determina además, el tiempo de permanencia en el laboratorio; el cual fue diligenciado en su totalidad por los trabajadores a cargo cada uno de los laboratorios durante los meses de marzo a abril del año 2016.

La determinación del riesgo Biológico se llevó a cabo por medio de las metodologías GTC-45 y Biogaval.

Metodología Biogaval⁽⁹⁾: una vez diligenciado el instrumento de evaluación de prácticas y procedimientos, se halló el porcentaje de cumplimiento de medidas higiénicas (MH) en cada laboratorio y de la cual se obtiene el nivel de cumplimiento.

Posteriormente, se halló la frecuencia de realización de tareas (F) por medio de la Ecuación 1:

$$\% \text{Exposición al riesgo} = \frac{\text{No de horas de exposición}}{\text{Total de horas semanales}} \times 100$$

Se determinó la tasa de incidencia de los microorganismos (I) según reporte del Boletín Epidemiológico Nacional año 2016⁽¹¹⁾. También se estableció el mecanismo de transmisión (T), y la disponibilidad de vacunas (V). Finalmente, se determinó la clasificación del daño (D), teniendo en cuenta la literatura revisada para cada microorganismo. Todas las variables fueron determinadas para cada uno de los agentes biológicos que pueden estar presentes en los laboratorios estudiados.

Se aplicó la Ecuación 2. para hallar el Nivel de Riesgo (R) por la metodología Biogaval:

Ecuación 2.

$$R = ((D - MH) \times V) + T + I + F$$

Se clasificó el Nivel de Riesgo según Nivel de Acción Biológica (12 o más) y Límite de Exposición Biológica (17 o más).

El método Biogaval, es aplicado para cada microorganismo del cual se considera que se puede presentar riesgo y se debe tener en cuenta el mayor riesgo presentado de entre todos los microorganismos evaluados.

Metodología GTC 45⁽⁸⁾: teniendo en cuenta el Formulario de Prácticas y Procedimientos de Bioseguridad, se determinó el parámetro nivel de deficiencia (ND) así como el nivel de exposición (NE) para cada laboratorio. Con los resultados obtenidos se halló el nivel de probabilidad (NP) por medio de la Ecuación 3. establecida por esta metodología:

Ecuación 3.

$$NP = ND \times NE$$

La determinación del nivel de consecuencias (NC), se obtuvo de acuerdo a la mayor consecuencia

ANEXO I . FORMULARIO DE EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS Y PROCEDIMIENTOS EN BIOSEGURIDAD**A. INFRAESTRUCTURA**

1.	El suministro de agua es constante y fluido
2.	El laboratorio cuenta con energía eléctrica
3.	Los pisos son: <ol style="list-style-type: none"> Impermeables Sólidos De fácil limpieza Antideslizantes
4.	Las paredes: <ol style="list-style-type: none"> Son impermeables Sólidas Resistentes a factores ambientales De fácil limpieza
5.	El área donde se realiza esterilización se encuentra separada del resto del laboratorio
6.	Los techos son: <ol style="list-style-type: none"> Sólidos De fácil limpieza Impermeables Ligera pendiente al interior
7.	Existe un área exclusiva para el lavado del material.
8.	Existe un área exclusiva para el lavado de manos del personal
9.	El área de lavado de manos se encuentra a la salida del laboratorio
10.	Existe una ducha manual o lavaojos
11.	La iluminación del laboratorio es adecuada
12.	La ventilación del laboratorio es adecuada
13.	Al ingreso del laboratorio se observa la señalización adecuada del signo de peligro biológico en la puerta
14.	El acceso al laboratorio se encuentra limitado y restringido al personal autorizado
15.	La estantería del laboratorio se encuentra fijada con firmeza
16.	Existe depósito de materiales y reactivos independiente
17.	Los mesones del laboratorio: <ol style="list-style-type: none"> Son impermeables Son sólidos Son resistentes a factores ambientales. El mesón donde se encuentra la centrifuga es sólido.
18.	La centrifuga está cubierta de plástico u otro material lavable.
19.	El laboratorio cuenta con escalera o rampa
20.	Elaborada en material antideslizante en todo el recorrido
21.	Cuenta con pasamanos desde el principio hasta el final del recorrido
22.	Los procesos relacionados con microbiología se encuentran delimitados por medio de una barrera física en una sección independiente
23.	El área administrativa se encuentra separada del área técnica por una barrera física
24.	El área de almacenamiento de residuos peligrosos, biosanitarios, anatomopatológicos y cortopunzantes se encuentra: <ol style="list-style-type: none"> Cubierto para protección de aguas lluvias Con iluminación adecuada Con ventilación adecuada Elementos que impidan el acceso a vectores y roedores.

B. DOTACIÓN Y EQUIPOS	
25. Se exige de manera constante el uso de:	
a. Guantes	
b. Gorro	
c. Tapabocas	
d. Bata de laboratorio	
e. Gafas	
26. Se tiene disponibilidad de manera constante de:	
a. Jabón detergente	
b. Desinfectante	
c. Jabón antibacterial para lavado de manos	
27. Se cuenta con cámara de seguridad biológica	
28. Se cuenta con material adecuado para el envío de muestras biológicas	
29. Existen dispositivos mecánicos de pipeteo disponibles para todo el personal	
a. Funcionales y en uso	
30. Hay recipientes para:	
a. Residuos químicos debidamente rotulados	
b. Residuos biológicos debidamente rotulados	
c. Objetos cortantes y punzantes debidamente marcados	
C. DOCUMENTACIÓN	
31. Existe manual de procedimientos para:	
Normas de bioseguridad	
a. Limpieza	
b. Desinfección	
c. Esterilización	
d. Manejo de residuos	
e. Transporte de muestras de tipo biológico	
f. Primeros auxilios	
g. Formatos de reporte de eventos adversos (accidentes, salpicaduras, pinchazos, etc)	
D. PRACTICAS Y PROCEDIMIENTOS GENERALES	
32. Los alimentos de consumo humano se guardan en un sitio diferente al laboratorio	
33. Los hornos microondas y las neveras de uso, están claramente rotulados "Prohibida la preparación de alimentos. Uso exclusivo del laboratorio"	
34. Los cultivos y otros desechos biológicos se esterilizan antes de eliminarlos	
35. Los materiales descontaminados fuera del laboratorio se transportan en recipientes cerrados y duraderos, conforme la norma	
36. Los desechos míxtos se descontaminan biológicamente antes de ser eliminados como residuos químicos u de otro tipo	
E. HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	
37. Existen extintores en el laboratorio, apropiados para el tipo de riesgo	
38. Existe plan de emergencias y desastres para el laboratorio	
39. Se ha capacitado al personal en emergencias y desastres	
40. En caso de accidentes de trabajo, conoce el protocolo a seguir	
41. Conoce el Panorama de riesgo para éste laboratorio	
42. Existe botiquín de primeros auxilios	
NUMERO DE RESPUESTAS AFIRMATIVAS: _____	
NUMERO DE RESPUESTAS NEGATIVAS: _____	
NUMERO DE RESPUESTAS NO APLICA: _____	
TOTAL DE RESPUESTAS= REPUESTAS AFIRMATIVAS + RESPUESTAS NEGATIVAS	$\%MEDIDAS\ HIGIENICAS = \frac{RESPUESTAS\ AFIRMATIVAS * 100}{TOTAL\ DE\ RESPUESTAS}$

Fuente: Adaptado a partir de Biogaval (2013)

que se encontró en la exposición a los diversos agentes biológicos.

Y el nivel del riesgo (NR) se determinó por la fórmula ya establecida por el método GTC 45:

Ecuación 4.

$$NR = NP \times NC$$

Se hizo una comparación inicial de los dos métodos para la evaluación del riesgo biológico, en la cual se equiparó las variables que, a pesar de ser diferentes, valoraban lo mismo.

Para el análisis estadístico, se llevó a cabo con el software SPSS V21, aplicando el método de valor estandarizado¹² con el fin de verificar la ubicación de una observación x con respecto a la media (X) de su grupo, teniendo en cuenta que si ésta es negativa, se encuentra por debajo de X , y si es positiva, se encuentra por encima de X . Para ello se aplicó la Ecuación 5. de las puntuaciones típicas:

Ecuación 5.

$$\frac{x - \mu(x)}{S_x} = Z$$

Posteriormente, se aplicó la correlación para variables cuantitativas con el fin de analizar el comportamiento de las puntuaciones típicas obtenidas se determinó el comportamiento de normalidad por medio de la prueba de Shapiro Wilks, teniendo en cuenta que, para un valor $p \geq 0,05$ se aplicaría la prueba de análisis correlacional de Spearman para variables cuantitativas no paramétricas la cual aplica la Ecuación 6¹³

Ecuación 6.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

TABLA 1. GRADO DE RELACIÓN SEGÚN COEFICIENTE DE CORRELACIÓN

RANGO	RELACIÓN
-0.91 a -1.00	Correlación negativa perfecta
-0.76 a -0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.01 a -0.100	Correlación negativa debil
0.00	No existe Correlación
+0.01 a +0.10	Correlación positiva debil
+0.11 a +0.50	Correlación positiva media
+0.51 a +0.75	Correlación positiva considerable
+0.76 a +0.90	Correlación positiva muy fuerte
+0.91 a +1.00	Correlación positiva perfecta

Fuente: Elaboración propia, basado en Hernandez S. y Fernandez C. 2010.

Los coeficientes de correlación Rho de Spearman es una medida de asociación lineal que utiliza los rangos, números de orden de cada grupo, compara dichos rangos y permite conocer el grado de asociación entre ambas variables que siempre oscilan entre valores de -1.0 y +1.0; se interpreta así: los valores cercanos a +1.0 indica que existe una fuerte asociación entre las clasificaciones, o sea que a medida que aumenta un rango el otro también aumenta; los valores cercanos a -1.0 señalan una fuerte asociación negativa entre las clasificaciones, es decir que, al aumentar un rango, el otro decrece. Cuando el valor es 0.0, no hay correlación. Hernandez¹⁴, propone una escala de valores representada en la Tabla 1.

Resultados

Al comparar los métodos GTC 45 y Biogaval se obtiene la equiparación de las variables que, aunque son diferentes, miden lo mismo y esta información queda representada en la Tabla 2.

Al generar el Formulario de Valoración de las Prácticas y Procedimientos en Bioseguridad, se estableció el comportamiento de las Medidas Higiénicas (MH) por el método Biogaval y el Nivel de Deficiencia (ND), por el método GTC 45; se

TABLA 2. COMPARACIÓN DE VARIABLES CONTENIDAS EN LAS METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO BIOLÓGICO

Biogaval	GTC 45
Medidas Higiénicas (%): 0: < 50% de respuestas afirmativas -1: 50%-79% de respuestas afirmativas -2: 80%- 95% de respuestas afirmativas -3: >95% de respuestas afirmativas	Nivel de Deficiencia (ND): 10: ND Potencial o se han detectado peligros que determinan la aparición de incidentes 6: ND Alto o peligros detectados que pueden generar incidentes significativos 2: ND Medio o peligros que pueden generar incidentes poco significativos 0: ND Bajo o no se han detectado peligros
Frecuencia de Realización de Tareas (F): 5: Habitualmente o > del 80% del tiempo. 4: Muy Frecuentemente o del 61 – 80% del tiempo. 3: Frecuentemente o 41 a 60% del tiempo 2: Ocasionalmente o 20 a 40% del tiempo 1: Raramente o < del 20% del tiempo	Nivel de Exposición (NE): 4: Continua o sin interrupción o varias veces con tiempo prolongado 3: Frecuente o varias veces por tiempos cortos 2: Ocasional o alguna vez 1: Esporádica o de manera eventual
Incidencia del Año anterior (I): (Número de casos presentados por 100.000 habitantes durante el año anterior, en este caso el año 2016) Presenta 5 niveles: 1: < 1 caso 2: 1 – 9 casos 3: 10 - 99 casos 4: 100 – 999 casos 5: > o = a 1000 casos	Probabilidad: 2-4: Bajo o situación mejorable con exposición ocasional 6-8: Medio o situación mejorable con exposición continua 10-20: Alto o situación deficiente con exposición frecuente u ocasional 24-40: Potencial o situación deficiente con exposición frecuente
Clasificación del Daño (D): 1: Sin Secuelas y con incapacidad menor de 30 días 2: Sin Secuelas y con incapacidad mayor de 30 días 3: Con Secuelas y con incapacidad menor de 30 días 4: Con Secuelas y con incapacidad mayor de 30 días. 5: Fallecimiento	Nivel de Consecuencias: 10: Leve o lesiones o enfermedades que no requieren incapacidad 25: Grave o lesiones o enfermedades con incapacidad temporal 60: Muy Grave o lesiones o enfermedades con incapacidad permanente 100: Muerte
Vía de Transmisión (T): Cualquier mecanismo del cual un agente infeccioso se propaga de una fuente o reservorio a una persona: 1: Indirecta (por fómites o por medio de un vector 1: Directa (a través de una puerta de entrada receptiva) 3: Aérea (ingreso por vía inhalatoria)	No tiene variable para comparar
Vacunación (V): Se trata de estimar el número de trabajadores expuestos que se encuentran vacunados: 1: Vacunados más del 90% 2: Vacunados entre el 70% y el 90% 3: Vacunados entre el 50% y el 69% 4: Vacunados menos del 50% 5: No existe vacunación	No tiene variable para comparar
Niveles de Riesgo Biológico: Nivel de Acción Biológica=12: tomar medidas preventivas Límite de Exposición Biológica=17: riesgo intolerable de acciones correctoras inmediatas.	Nivel de Riesgo Biológico: 4000 – 600 o Nivel I o No Aceptable o crítica. Suspender actividades 500 – 150 o Nivel II o Aceptable con control específico: Corregir y adoptar medidas de control 120 – 40 o Nivel III o Mejorable: Mejorar si es posible 20 o Nivel IV o Aceptable: Mantener las medidas de control existentes

Fuente: Elaboración Propia

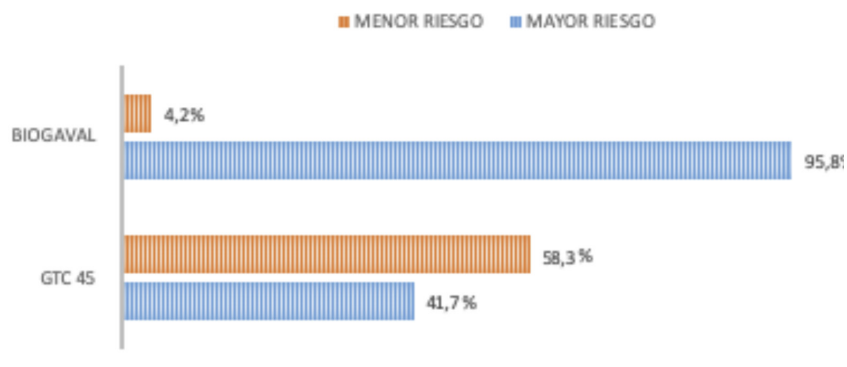
determina para cada laboratorio el máximo daño (D), el máximo nivel de incidencia (I) del año anterior. Las variables de vía de transmisión (T) y vacunación (V) se generó para el método Biogaval. La información quedó contenida en la Tabla 3.

En la Figura 1 se grafica de manera comparativa los resultados obtenidos de la valoración del riesgo biológico. Se debe tener en cuenta que en Biogaval, LAB es la categoría de mayor riesgo y NAB la de menor riesgo; mientras que para el método GTC 45 la categoría Situación Crítica es la de mayor riesgo mientras que Corregir o Adoptar Medidas de control inmediato, la de menor riesgo. Teniendo en cuenta que Biogaval permite hacer valoración del riesgo biológico para cada microorganismo de cual hay probabilidad de exposición, se determinó además del nivel del riesgo biológico, lo siguiente:

Hongos ambientales como el *Aspergillus spp*, *Penicillium spp*, *Fusarium spp*, y *Curvularia spp*, mostraron un NAB o > 17, en todos los laboratorios donde se determinó el riesgo como son el laboratorio de sanidad vegetal, biotecnología, banco de cepas, microbiología aplicada, bioprocesos, nutrición animal y de peces, planta de agroindustria de cárnicos, biología molecular y cuarto de residuos. Esta situación es directamente proporcional, si las medidas higiénicas (MH) no son lo suficientemente eficientes como para corregir el daño que pueda causar la presencia de estos microorganismos en el sitio de trabajo, tal como se muestra en el laboratorio de Bioprocesos, en el que además de los hongos antes nombrados, el *Thricophyton spp* asociado a dermatomicosis, no representa un riesgo para los demás laboratorios, pero si para éste.

Así mismo, se determinó que hongos como el *Histoplasma capsulatum*, *Coccidioides immitis* y *Candida albicans*, generan un NAB significativo en los laboratorios donde se realizan análisis de plantas y suelos como son los laboratorios de

FIGURA 1. COMPARACIÓN DE LA VALORACIÓN DEL RIESGO BIOLÓGICO POR GTC 45 VS BIOGAVAL



Sanidad Vegetal, Biotecnología Vegetal, Suelos Agrícolas y Suelos de Calidad Ambiental.

Clostridium perfringes, *Clostridium botulinum*, *Vibrio cholerae* y *Bacillus anthracis* representan un Nivel de Acción Biológica en aquellos laboratorios donde se manipulan muestras de agua como son el Laboratorio de Aguas de Extensión, Aguas de Calidad Ambiental, Operaciones Unitarias, Limnología y Fisicoquímico de Aguas. Así mismo, hay NAB para virus de la Hepatitis A, *Poliovirus*, *Flavivirus* y *Alfavirus* así como la presencia de protozoos como la *Giardia intestinalis*, el *Balantidium*, *Toxoplasma gondii* y algunos nematodos como *Hymenolephys nana*, *Ancylostoma duodenale*, *Echinococcus spp*, *Toxocara spp* y *Fasciola spp*.

Plasmodium spp y *Leishmania spp*, aquellos microorganismos transmitidos por vectores, representan un NAB en aquellos laboratorios donde se trabajan con animales como ocurre con el Laboratorio de Anatomía y Fisiología Animal, aunque en el cuarto de residuos el NAB se encuentra relacionado con virus del genero *Flavivirus* o virus del dengue y virus del Zika, *Alfavirus* o causante del Chikunguya, todos transmitidos por el mosquito *Aedes aegypti*, vector que ha manifestado endemidad en la ciudad de Cúcuta, Los Patios (municipio donde se llevó a cabo el estudio) y municipios aledaños.

El análisis estadístico correlacional permitió evidenciar una correlación positiva perfecta

TABLA 3. RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DEL RIESGO BIOLÓGICO POR LOS MÉTODOS BIOGAVAL Y GTC- 45

LABORATORIO	Microorganismo a Riesgo	MÉTODO BIOGAVAL						Nivel de Riesgo Biológico BIOGAVAL	GTC - 45				Nivel de Riesgo Biológico o GTC 45	
		D	T	I	V	F	M H		ND	NE	NP	NC		
Sanidad Vegetal	<i>Clostridium tetani</i>	4	1	2	3			17						
	<i>Histoplasma capsulatum</i>	4	3	1	5			24						
	<i>Coccidioides immitis</i>	4	3	1	5	5	-1	24	6	4	24	25	600	
	<i>Angiostrongylus cantonensis</i>	3	1	1	5			17						
	<i>Aspergillus spp</i>	4	3	2	5			25						
Biotecnología Vegetal	<i>Clostridium tetani</i>	4	1	2	1			10						
	<i>Histoplasma capsulatum</i>	4	3	1	5			23						
	<i>Coccidioides immitis</i>	4	3	1	5			23						
	<i>Aspergillus spp</i>	3	3	1	5	4	-1	18	6	4	24	25	600	
	<i>Candida albicans</i>	4	1	1	5			21						
	<i>Brucella spp.</i>	4	1	1	5			21						
	<i>Coxiella burnetti</i>	3	1	1	5			16						
Biotecnología General	<i>Angiostrongylus cantonensis</i>	3	1	1	5			16						
	<i>Staphylococcus aureus</i>	1	1	2	5			8						
	<i>Escherichia coli</i>	1	1	3	5			9						
	<i>Salmonella spp.</i>	2	1	1	5			12						
	<i>Thricophyton spp</i>	2	1	2	5			13						
	<i>Klebsiella spp</i>	2	1	1	5	5	-1	12	6	4	24	25	600	
	<i>Serratia marcescens</i>	2	1	1	5			12						
	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	2	1	1	5			12						
	<i>Bacillus thuringensis</i>	1	1	1	5			7						
	<i>Aspergillus spp, Penicillium spp, Fusarium spp, Curvularia spp, etc</i>	4	3	3	5			26						
Suelos Agrícolas	<i>Clostridium tetani</i>	4	1	2	1			12						
	<i>Histoplasma capsulatum</i>	4	3	1	5	5	0	29	6	4	24	25	600	
	<i>Coccidioides immitis</i>	4	3	1	5			29						
	<i>Angiostrongylus cantonensis</i>	3	1	1	5			22						
Suelos Calidad Ambiental	<i>Clostridium tetani</i>	4	1	2	1			11						
	<i>Histoplasma capsulatum</i>	4	3	1	5	5	-1	24	6	3	18	25	450	
	<i>Coccidioides immitis</i>	4	3	1	5			24						
Banco de Cepas	<i>Angiostrongylus cantonensis</i>	3	1	1	5			17						
	<i>Staphylococcus aureus</i>	1	1	2	5			3						
	<i>Escherichia coli</i>	1	1	3	5			4						
	<i>Salmonella spp.</i>	2	1	1	5			7						
	<i>Thricophyton spp</i>	2	1	2	5			8						
	<i>Klebsiella spp</i>	2	1	1	5	5	-2	7	2	4	8	25	200	
	<i>Serratia marcescens</i>	2	1	1	5			7						
	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	2	1	1	5			7						
	<i>Bacillus thuringensis</i>	1	1	1	5			2						
	<i>Aspergillus spp, Penicillium spp, Fusarium spp, Curvularia spp, etc</i>	4	3	3	5			21						
Microbiología Aplicada	<i>Staphylococcus aureus</i>	1	1	2	4			5						
	<i>Escherichia coli</i>	1	1	3	4			6						
	<i>Salmonella spp.</i>	2	1	1	4			8						
	<i>Thricophyton spp</i>	2	1	2	4			9						
	<i>Klebsiella spp</i>	2	1	1	4			8						
	<i>Serratia marcescens</i>	2	1	1	4	2	-1	8	6	3	18	25	450	
	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	2	1	1	4			8						
	<i>Bacillus thuringensis</i>	1	1	1	4			4						
	<i>Aspergillus spp, Penicillium spp, Fusarium spp, Curvularia spp, etc</i>	4	3	3	4			20						
	Microbiología Ambiental	<i>Staphylococcus aureus</i>	1	1	2	5			5					
<i>Escherichia coli</i>		1	1	3	5			6						
<i>Salmonella spp.</i>		2	1	1	5			9						
<i>Thricophyton spp</i>		2	1	2	5			10						
<i>Klebsiella spp</i>		2	1	1	5	2	-1	9	6	1	6	25	150	
<i>Serratia marcescens</i>		2	1	1	5			9						
<i>Pseudomona aeruginosa</i>		2	1	1	5			9						
<i>Bacillus thuringensis</i>		1	1	1	5			4						
<i>Aspergillus spp, Penicillium spp, Fusarium spp, Curvularia spp, etc</i>		4	3	3	5			23						

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3. RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DEL RIESGO BIOLÓGICO POR LOS MÉTODOS BIOGAVAL Y GTC- 45 (CONTINUACIÓN)

LABORATORIO	Microorganismo a Riesgo	MÉTODO BIOGAVAL						Nivel de Riesgo Biológico BIOGAVAL	MÉTODO GTC 45				Nivel de Riesgo Biológico o GTC 45	
		D	T	I	V	F	M H		ND	NE	NP	NC		
Bioprocesos	<i>Staphylococcus aureus</i>	1	1	2	5			13						
	<i>Escherichia coli</i>	1	1	3	5			14						
	<i>Salmonella spp.</i>	2	1	1	5			17						
	<i>Thricophyton spp</i>	2	1	2	5			18						
	<i>Klebsiella spp</i>	2	1	1	5			17						
	<i>Serratia marcescens</i>	2	1	1	5	5	0	17	6	4	24	25	600	
	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	2	1	1	5			17						
	<i>Bacillus thuringensis</i>	1	1	1	5			12						
	<i>Aspergillus spp, Penicillium spp, Fusarium spp, Curvularia spp, etc</i>	4	3	3	5			31						
Nutrición	<i>Aspergillus spp, Penicillium spp, Fusarium spp, Curvularia spp, etc</i>	4	3	3	5			20						
Animal	<i>Thricophyton spp</i>	2	1	2	5	2	-1	9	6	1	6	25	150	
Nutrición de Peces	<i>Aspergillus spp, Penicillium spp, Fusarium spp, Curvularia spp, etc</i>	4	3	3	5			20						
	<i>Thricophyton spp</i>	2	1	2	5	2	-1	9	10	1	10	25	250	
Planta Agroindustrial Carnicos	<i>Staphylococcus aureus</i>	1	1	2	5			8						
	<i>Escherichia coli</i>	1	1	3	5			9						
	<i>Salmonella spp.</i>	2	1	1	5			12						
	<i>Brucella mellitensis</i>	1	1	1	5			7						
	<i>Brucella abortus</i>	1	1	1	5			7						
	<i>Brucella suis</i>	1	1	4	1			10						
	<i>Mycobacterium bovis</i>	2	3	4	1	5	-1	13	6	4	24	25	600	
	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	2	3	1	5			14						
	<i>Coxiella burnetti</i>	2	3	1	5			14						
	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>	4	1	1	5			22						
	<i>Candida albicans</i>	4	1	1	5			22						
	<i>Aspergillus spp</i>	4	3	3	5			26						
Ciencia Basica Agroindustrial	<i>Escherichia coli</i>	1	1	3	5			6						
	<i>Salmonella spp.</i>	2	1	1	5			9						
	<i>Brucella mellitensis</i>	1	1	1	5			4						
	<i>Brucella abortus</i>	1	1	1	5			4						
	<i>Brucella suis</i>	1	1	1	1	2	-1	4						
	<i>Mycobacterium bovis</i>	2	3	1	1			7	6	1	6	25	150	
	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	2	3	1	1			7						
	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>	4	1	1	5			19						
	<i>Candida albicans</i>	4	1	1	5			19						
	<i>Aspergillus spp Penicillium spp,</i>	4	3	3	5			23						
Planta Agroindustrial de Lacteos	<i>Staphylococcus aureus</i>	1	1	2	5			8						
	<i>Brucella mellitensis</i>	1	1	1	5			7						
	<i>Brucella abortus</i>	1	1	1	5	5		7						
	<i>Brucella suis</i>	1	1	4	5			10	6	4	24	25	600	
	<i>Mycobacterium bovis</i>	2	3	1	1			10						
	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	2	3	1	1			10						
Peces Ornamentales	<i>Staphylococcus aureus</i>	1	1	2	5	2	0	10						
	<i>Mycobacterium spp</i>	1	3	4	1			11						
	<i>Klebsiella spp</i>	2	1	1	5			14						
	<i>Serratia marcescens</i>	2	1	1	5			14						
	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	2	1	1	5			14						
	<i>Proteus spp</i>	2	1	1	5			14	10	1	10	25	250	
	<i>Thricophyton spp</i>	2	1	2	5			14						
	<i>Clostridium botulinum</i>	2	1	1	5			15						
		<i>Streptococcus spp</i>	4	1	1	5			24					
			2						14					

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3. RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DEL RIESGO BIOLÓGICO POR LOS MÉTODOS BIOGAVAL Y GTC- 45 (CONTINUACIÓN)

LABORATORIO	Microorganismo a Riesgo	METODO BIOGAVAL							METODO GTC 45				Nivel de Riesgo Biológico o GTC 45	
		D	T	I	V	F	M	H	Nivel de Riesgo Biológico BIOGAVAL	ND	NE	NP		NC
Anatomía y Fisiología Animal	<i>Bacillus anthracis</i>	5	3	1	1				10					
	<i>Brucella melitensis</i>	1	1	1	5				4					
	<i>Virus de la rabia</i>	5	1	1	1				8					
	<i>Echinococcus granulosus</i>	4	1	1	5				19					
	<i>Toxocara canis</i>	1	1	1	5				4					
	<i>Ancylostoma duodenale</i>	1	1	1	5				4					
	<i>Leptospira interrogans</i>	1	1	1	5				4					
	<i>Mycobacterium bovis</i>	3	3	1	1				8					
	<i>Pseudomona mallei</i>	2	1	1	5	2	-1		9	6	1	6	25	150
	<i>Coxiella burnetti</i>	2	3	1	5				11					
	<i>Dengue</i>	1	1	5	5				8					
	<i>Dengue grave</i>	5	1	4	5				27					
	<i>Plasmodium vivax</i>	3	1	3	5				16					
	<i>Plasmodium falciparum</i>	4	1	1	5				19					
	<i>Leishmaniasis Cutánea</i>	4	1	4	5				22					
	<i>L. Mucosa</i>	4	1	1	5				19					
	<i>L. Visceral</i>	4	1	1	5				19					
<i>Toxoplasma gondii</i>	4	1	1	5				19						
Reproducción y Citogenética	<i>Klebsiella spp</i>	2	1	1	5				9					
	<i>Serratia marcenses</i>	2	1	1	5				9					
	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	2	1	1	5				9					
	<i>Proteus spp</i>	2	1	1	5	2	-1		4	6	1	6	25	150
	<i>Thricophyton spp</i>	2	1	2	5				10					
	<i>Aspergillus spp, Penicillium spp, Fusarium spp, Curvularia spp, etc</i>	4	3	3	5				23					
Aguas de Extension	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Salmonella spp.</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Escherichia coli</i>	1	1	2	5				7					
	<i>Yersinia enterocolitica</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Shigellaspp.</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Clostridium perfringens</i>	4	1	1	5				21					
	<i>Vibrio cholerae</i>	5	1	1	5				26					
	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	4	3	4	1				14					
	<i>Bacillus anthracis</i>	5	3	1	5				28					
	<i>Actinomyces spp</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Leptospira interrogans</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Clostridium botulinum</i>	4	1	1	5				21					
	<i>Poliovirus</i>	4	1	1	1				9					
	<i>Virus de la Hepatitis A</i>	4	1	3	5	4	-1		23	6	3	18	25	450
	<i>Rotavirus</i>	2	1	5	5				15					
	<i>Adenovirus</i>	1	1	3	5				8					
	<i>Flavivirus</i>	4	1	5	5				25					
	<i>Alfavirus</i>	4	1	5	5				25					
	<i>Dengue</i>	2	1	5	5				15					
	<i>Tricophyton spp.</i>	4	1	2	5				22					
	<i>Entamoeba histolítica</i>	1	1	2	5				7					
	<i>Giardia intestinalis</i>	1	1	2	5				7					
<i>Balantidium coli</i>	2	1	1	5				11						
<i>Ancylostoma duodenale</i>	2	1	1	5				11						
<i>Toxocara spp</i>	1	1	1	5				6						
<i>Fasciola hepática</i>	4	1	1	5				21						
<i>Hymenolepis nana</i>	2	1	1	5				11						
<i>Toxoplasma gondii</i>	4	1	1	5				21						
<i>Echinococcus spp</i>	4	1	1	5				21						

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3. RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DEL RIESGO BIOLÓGICO POR LOS MÉTODOS BIOGAVAL Y GTC- 45 (CONTINUACIÓN)

LABORATORIO	Microorganismo a Riesgo	METODO BIOGAVAL							Nivel de Riesgo Biológico BIOGAVAL	METODO GTC 45				Nivel de Riesgo Biológico o GTC 45
		D	T	I	V	F	M H	ND		NE	NP	NC		
Operaciones Unitarias	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2	1	1	5				12					
	<i>Salmonella spp.</i>	2	1	1	5				12					
	<i>Escherichia coli</i>	1	1	2	5				8					
	<i>Yersinia enterocolitica</i>	2	1	1	5				12					
	<i>Shigellaspp.</i>	2	1	1	5				12					
	<i>Clostridium perfringens</i>	4	1	1	5				22					
	<i>Vibrio cholerae</i>	5	1	1	5				27					
	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	4	3	4	1				15					
	<i>Bacillus anthracis</i>	5	3	1	5				29					
	<i>Actinomyces spp</i>	2	1	1	5				12					
	<i>Leptospira interrogans</i>	2	1	1	5				12					
	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	2	1	1	5				12					
	<i>Clostridium botulinum</i>	4	1	1	5				22					
	Poliovirus	4	1	1	1				10					
	Virus de la Hepatitis A	4	1	3	5	5	-1		24	6	4	24	25	600
	Rotavirus	2	1	5	5				16					
	Adenovirus	1	1	3	5				9					
	Flavivirus	4	1	5	5				26					
	Alfavirus	4	1	5	5				26					
	Dengue	2	1	5	5				16					
	<i>Tricophyton spp.</i>	4	1	2	5				23					
	<i>Entamoeba histolítica</i>	1	1	2	5				8					
	<i>Giardia intestinalis</i>	1	1	2	5				8					
	<i>Balantidium coli</i>	2	1	1	5				12					
	<i>Ancylostoma duodenale</i>	2	1	1	5				12					
	<i>Toxocara spp</i>	1	1	1	5				7					
	<i>Fasciola hepática</i>	4	1	1	5				22					
	<i>Hymenolepis nana</i>	2	1	1	5				12					
	<i>Toxoplasma gondii</i>	4	1	1	5				22					
	<i>Echinococcus spp</i>	4	1	1	5				22					
Limnología	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Salmonella spp.</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Escherichia coli</i>	1	1	2	5				7					
	<i>Yersinia enterocolitica</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Shigellaspp.</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Clostridium perfringens</i>	4	1	1	5				21					
	<i>Vibrio cholerae</i>	5	1	1	5				26					
	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	4	3	4	1				14					
	<i>Bacillus anthracis</i>	5	3	1	5				28					
	<i>Actinomyces spp</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Leptospira interrogans</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Clostridium botulinum</i>	4	1	1	5				21					
	Poliovirus	4	1	1	1				9					
	Virus de la Hepatitis A	4	1	3	5	4	-1		23	6	3	18	25	450
	Rotavirus	2	1	5	5				15					
	Adenovirus	1	1	3	5				8					
	Flavivirus	4	1	5	5				25					
	Alfavirus	4	1	5	5				25					
	Dengue	2	1	5	5				15					
	<i>Tricophyton spp.</i>	4	1	2	5				22					
	<i>Entamoeba histolítica</i>	1	1	2	5				7					
	<i>Giardia intestinalis</i>	1	1	2	5				7					
	<i>Balantidium coli</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Ancylostoma duodenale</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Toxocara spp</i>	1	1	1	5				6					
	<i>Fasciola hepática</i>	4	1	1	5				21					
	<i>Hymenolepis nana</i>	2	1	1	5				11					
	<i>Toxoplasma gondii</i>	4	1	1	5				21					
	<i>Echinococcus spp</i>	4	1	1	5				21					

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 3. RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DEL RIESGO BIOLÓGICO POR LOS MÉTODOS BIOGAVAL Y GTC- 45 (CONTINUACIÓN)

LABORATORIO	Microorganismo a Riesgo	MÉTODO BIOGAVAL						Nivel de Riesgo Biológico BIOGAVAL	MÉTODO GTC 45				Nivel de Riesgo Biológico GTC 45	
		D	T	I	V	F	M H		ND	NE	NP	NC		
Fisicoquímico de Aguas de Calidad Ambiental	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2	1	1	5			12						
	<i>Salmonella spp.</i>	2	1	1	5			12						
	<i>Escherichia coli</i>	1	1	2	5			8						
	<i>Yersinia enterocolitica</i>	2	1	1	5			12						
	<i>Shigella spp.</i>	2	1	1	5			12						
	<i>Clostridium perfringens</i>	4	1	1	5			22						
	<i>Vibrio cholerae</i>	5	1	1	5			27						
	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	4	3	4	1			15						
	<i>Bacillus anthracis</i>	5	3	1	5			29						
	<i>Actinomyces spp</i>	2	1	1	5			12						
	<i>Leptospira interrogans</i>	2	1	1	5			12						
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2	1	1	5			12						
	<i>Clostridium botulinum</i>	4	1	1	5			22						
	Poliovirus	4	1	1	1			10						
	Virus de la Hepatitis A	4	1	3	5			24						
	Rotavirus	2	1	5	5	5	-1	16	6	4	24	25	600	
	Adenovirus	1	1	3	5			9						
	Flavivirus	4	1	5	5			26						
	Alfavirus	4	1	5	5			26						
	Dengue	2	1	5	5			16						
	<i>Tricophyton spp.</i>	4	1	2	5			23						
	<i>Entamoeba histolítica</i>	1	1	2	5			8						
	<i>Giardia intestinalis</i>	1	1	2	5			8						
	<i>Balantidium coli</i>	2	1	1	5			12						
	<i>Ancylostoma duodenale</i>	2	1	1	5			12						
	<i>Toxocara spp</i>	1	1	1	5			7						
	<i>Fasciola hepática</i>	4	1	1	5			22						
<i>Hymenolepis nana</i>	2	1	1	5			12							
<i>Toxoplasma gondii</i>	4	1	1	5			22							
<i>Echinococcus spp</i>	4	1	1	5			22							
Biología Molecular	<i>Escherichia coli</i>	1	1	2	5			8						
	<i>Klebsiella spp</i>	2	1	1	5			12						
	<i>Serratia marcescens</i>	2	1	1	5			12						
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2	1	1	5			12						
	<i>Proteus spp</i>	2	1	1	5	5	-1	7	6	4	24	25	600	
	<i>Thricophyton spp</i>	2	1	2	5			13						
	<i>Aspergillus spp, Penicillium spp, Fusarium spp, Curvularia spp, etc</i>	4	3	3	5			26						
	<i>Streptococcus spp</i>	2	1	1	5			10						
	<i>Staphylococcus aureus</i>	1	1	2	5			6						
	<i>Brucella melitensis</i>	1	1	1	5			5						
Cuarto de Residuos	Virus de la rabia	5	1	1	1			9						
	<i>Klebsiella spp</i>	2	1	1	5			10						
	<i>Serratia marcescens</i>	2	1	1	5			10						
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2	1	1	5			10						
	<i>Proteus spp</i>	2	1	1	5			5						
	<i>Thricophyton spp</i>	2	1	2	5			11						
	<i>Aspergillus spp, Penicillium spp, Saccharomyces spp, etc</i>	4	3	3	5	3	-1	24	6	2	12	25	300	
	<i>Salmonella spp.</i>	2	1	1	5			10						
	<i>Escherichia coli</i>	1	1	2	5			6						
	<i>Clostridium perfringens</i>	4	1	1	5			20						
	Virus de la Hepatitis A	4	1	3	5			22						
	Rotavirus	2	1	5	5			14						
	Adenovirus	1	1	3	5			7						
	Flavivirus	4	1	5	5			24						
	Alfavirus	4	1	5	5			24						
	Dengue	2	1	5	5			14						
	Planta Agroindustrial Lácteos	<i>Staphylococcus aureus</i>	1	1	2	5			8					
<i>Brucella mellitensis</i>		1	1	1	5			7						
<i>Brucella abortus</i>		1	1	1	5			7						
<i>Brucella suis</i>		1	1	4	5	5	-1	10	6	4	24	25	600	
<i>Mycobacterium bovis</i>		2	3	1	1			10						
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>		2	3	1	1			10						

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 4. PUNTUACIONES ORIGINALES Y CORRELACIÓN DE SPEARMAN PARA LAS PUNTUACIONES TÍPICAS DE LOS MÉTODOS BIOGAVAL Y GTC-45

VARIABLES COMPARABLES	PUNTUACIONES						Rho	ρ
	ORIGINALES				TÍPICAS			
	Mín	Máx	Media	DE	Media	DE		
Biogaval Original: % cumplimiento medidas higiénicas	-2	0	-0.875	0.448	0.000	1.001	1.00	-
GTC45 Original: Nivel de Deficiencia (ND)	6	10	6.50	1.794	0.000	1.001		
Biogaval Original: Nivel de Exposición	2	5	3.875	1.329	0.004	0.999	1.00	-
GTC 45 Original: Frecuencia de realización de tareas	1	4	2.875	1.329	0.000	1.000		
Biogaval Original: Incidencia Año anterior	2	5	3.542	1.103	0,002	1.002	0.103	0.632
GTC 45 Original: Nivel de Probabilidad (NDxNE)	6	24	16.25	7.719	1.976	0.973		
Biogaval Original: Clasificación del Daño	2	5	4.208	.658	0.001	1.000	--*	-
GTC 45 Original: Nivel de Consecuencias	25	25	25.00	.000	2.000	0.000		
BIOGAVAL: NIVEL DEL RIESGO BIOLÓGICO	10	31	24.125	4.2	0.000	1.00	0.468	0.021
GTC 45: NIVEL DEL RIESGO BIOLÓGICO	150	600	406.25	192.98	0.000	1.001		

--*No se hace posible su determinación.

Fuente: Elaboración propia

(Rho=1.00) en la valoración de las variables cumplimiento de Medidas Higiénicas/Nivel de Deficiencia, así como el Nivel de Exposición/Frecuencia de Realización de Tareas; muy al contrario, la determinación del nivel de incidencia (como medida de probabilidad del riesgo)/Nivel de Probabilidad no presentaron una correlación significativa (Rho=0.103). Y finalmente, las puntuaciones típicas para los dos métodos que evalúan el nivel de riesgo biológico, evidencian que no existe una correlación significativa (Rho=0.468) entre el método Biogaval y el método GTC 45, tal como se puede ver en la Tabla 4.

Discusión

La Organización Mundial de la Salud estima que el 24% de la carga mundial de las enfermedades puede estar atribuida a exposición ambiental en la que, si se tienen ambientes más sanos, se puede tener mayor oportunidad de prevención de enfermedades^(15,16); y un estudio Delphi realizado en Colombia, establece que la mayor preocupación de expertos sobre el tema ambiental y ocupacional se encuentra relacionada

con la presencia de enfermedades respiratorias debido a la polución ambiental⁽¹⁷⁾.

Ambientes cerrados, tal como ocurre en los laboratorios donde se llevan análisis con fines agronómicos, pecuarios, agroindustriales, biotecnológicos y ambientales no son ajenos a la exposición al riesgo biológico, debido a la presencia de “biosaerosol” o aerosol de origen biológico⁽¹⁸⁾, y por lo tanto se debe ser estricto en cuanto al cumplimiento de los niveles de contención y seguridad necesarios que permitan la prevención del riesgo biológico^(19,20), ya que dichas partículas, según Jhonson et al⁽²¹⁾, contaminan las manos, el equipo y las superficies de trabajo de los trabajadores; y tal como lo muestra el estudio realizado en Corea por Chung et al⁽²²⁾, en la que se demostró que la infección ocupacional era la tercera causa de enfermedad ocupacional en trabajadores de la atención de salud, agricultura, silvicultura y pesca; o, como lo evidenció Contreras et al⁽²³⁾, al determinar que la exposición a agentes biológicos puede generar mayor riesgo de presentar síntomas de cefalea, faringitis, otitis y rash entre trabajadores de laboratorio. Inclusive, Coelho y García⁽²⁴⁾, llaman la atención de generar protocolos de entrenamiento y educación como

aspecto primordial en el manejo de agentes biológicos peligrosos así como de un mayor conocimiento de la epidemiología, patogenicidad y susceptibilidad del material biológico utilizado en los laboratorios con el fin de disminuir el riesgo. Viegas et al⁽²⁵⁾, evidenció una mayor prevalencia de *Aspergillus spp* en plantas de tratamiento de aguas residuales (69,3%; 31,1%), seguido de plantas de tratamiento de residuos (34,8%; 73,6%) y en la industria para aves (6,3%; 26,1%), en aire y superficies, respectivamente. *Aspergillus spp* también prevaleció en la industria del corcho (0,9%; 23,4%), mataderos (1,6%; 17,7%) y parcelas (7,4%; 9,5%), en aire y superficies respectivamente. Viegas et al a su vez, se permite destacar que no sólo la carga de exposición laboral depende sólo de la carga de *Aspergillus spp*, sino del potencial toxigénico de éste género de hongos.

En los laboratorios analizados por el método Biogaval, se detectó un mayor riesgo de exposición a esporas de hongos miceliares como *Fusarium spp*, *Penicillium spp*, *Aspergillus spp*, *Curvularia spp* entre otros, especialmente en laboratorios de microbiología, biotecnología, manipulación de vegetales y sus derivados, producción de alimentos para animales y cuarto de residuos. Autores como Sandeep et al⁽²⁶⁾, asocian la rinosinusitis a la exposición por esporas de hongos; también los sustentan Fraenza et al⁽²⁷⁾, al diagnosticar un paciente con una lesión onicodistrófica blanquecina.

Otros hongos como el *Histoplasma capsulatum*, aunque no está asociado a infecciones en el laboratorio, se encuentra asociado a espacios cerrados debido a la falta de protección respiratoria, en especial en ambientes donde se encuentran grandes cantidades de guano de murciélagos, generando una infección grave en trabajadores expuestos^(28,29).

Algunos patógenos oportunistas como *Micrococcus*, *Bacteroides*, *Chryseobacterium*, *Pseudomonas* y *Acinetobacter*, se conoce que son transportados a través del aire que a su vez proviene de aguas residuales, así como aquellos aerosoles provenientes de tratamientos de aguas o residuos de agricultura y pueden estar implicadas en la aparición de enfermedades en trabajadores expuestos^(30,31).

En cuanto a ambientes en los cuales se manipulan residuos, se generan las condiciones apropiadas para la aparición de enfermedades asociadas con bacterias coliformes fecales, esporas de hongos y actinomicetos ocasionando un mayor riesgo de presentar síntomas gastrointestinales e irritación de los ojos y la piel, tal como lo explica Poulsen et al⁽³²⁾. Según Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST)⁽³⁾ la evaluación del riesgo biológico debe determinar la naturaleza (agente biológico y grupo al que pertenece, el grado (cantidad manipulada/concentración ambiental de agentes biológicos) y la duración de la exposición. Se debe tener en cuenta la situación de la exposición dependiendo si la intención es o no deliberada de utilizar agentes biológicos.

La legislación colombiana^(6,7) exige la detección de peligros y riesgos por medio de la Guía Técnica Colombiana 45⁽⁸⁾ la cual solicita valorar el riesgo en cada uno de los laboratorios, pero, en contraste a lo visto anteriormente, no es concluyente en cuanto al método que permita determinar el nivel de deficiencia (ND), generando, un aumento de la subjetividad en la valoración de ésta variable y quedando a merced de la percepción del evaluador al no permitir una minuciosa detección de las condiciones de trabajo. Llorca et al⁽⁹⁾, Solans⁽¹⁰⁾ y la OMS en el Manual de Bioseguridad⁽¹⁹⁾ sugieren la utilización de un instrumento para determinar el nivel de deficiencia (ND) o la utilización de medidas higiénicas (MH) en aquellos laboratorios donde se considera que pueda presentarse exposición a agentes biológicos.

Así mismo, GTC 45 no sugiere hacer un reconocimiento del tipo de microorganismos que se manipulan en cada uno de los laboratorios, que inclusive Solans^(5,10), lo sugiere por medio de un estudio básico en la cual se incluyan mediciones de concentración ambiental de algunos microorganismos. Este último aspecto genera una serie de discusiones en parte porque todos los microorganismos presentan un nivel de riesgo, mecanismo de transmisión, foco de infección, vía de transmisión y condiciones del huésped que en caso del trabajador, son diferentes en cada caso.

La duración del tiempo en el que se encuentra expuesto el trabajador a los microorganismos⁽⁵⁾, frecuencia de realización de tareas⁽⁸⁾ o también llamado nivel de exposición⁽⁹⁾ es un aspecto fundamental en la valoración del riesgo de padecer infección ocupacional, pero se hace importante tener en cuenta el tiempo que se labora en el laboratorio con respecto al total de horas laborales; esto con el fin de obtener una medida más objetiva en cuanto al tiempo de exposición en el laboratorio asignado.

La probabilidad de aparición de una enfermedad, tal como lo plantea la Guía Técnica Colombiana 45 está dada por el resultado obtenido del Nivel de Deficiencia al ser multiplicado por el Nivel de Exposición, el cual va en contravía con la forma de entender la probabilidad en la epidemiología de las enfermedades infecciosas, aspecto que se ve mejor con el relacionado con el método Biogaval al tener en cuenta la tasa de incidencia de la infección del año anterior. Sin embargo, la dificultad se genera ante información clínica y de investigación limitada, tan sólo contenida, en publicaciones de boletines epidemiológicos que es el caso del departamento Norte de Santander⁽¹¹⁾, el cual es emitido por el Instituto Nacional de Salud.

Las variables vacunación y mecanismo de transmisión no se tienen en cuenta en el estudio, pero es pertinente decir, que la gran mayoría de los microorganismos que se manipulan en los laboratorios no se previenen por medio de vacunas como ocurre con los hongos tipo *Aspergillus spp*, *Penicillium spp*, entre otros; en este sentido la vacunación no serviría como factor de protección.

El mecanismo de transmisión podría ayudar a corregir tal como lo hace el método Biogaval y sería importante tener en cuenta al entender que la vía de transmisión aérea, aumentaría el riesgo de aparición de un gran número de enfermedades causadas por microorganismos con los que usualmente se presenta exposición directa en éstas áreas de trabajo. El método de puntuaciones típicas ha sido ampliamente utilizado en estudios de psicología, dentro de la rama de las ciencias sociales llamada psicometría; pero en éste trabajo, el uso se lleva

a cabo otra área del estudio como es la seguridad y salud en el trabajo que, aunque es joven en Colombia, las normas y reglamentaciones que se encuentran sustentando la seguridad y salud en el trabajo, ha tomado fuerza desde el punto de vista legal, por lo que se hace necesario trabajar en investigación en salud ocupacional.

La interpretación de los resultados de la evaluación del riesgo biológico por los métodos GTC 45 y Biogaval no se correlacionan y llama la atención, que países en los cuales la política de Seguridad y Salud en el Trabajo, y además, tienen más tiempo de estar vigente, recomiendan la utilización de modelos diferentes al utilizado en Colombia como son los métodos NTP 833 y el método Biogaval⁽¹⁰⁾, que se encuentran más enfocados en determinar la valoración del riesgo teniendo en cuenta los microorganismos a riesgo. Anexo a todo lo anterior, la valoración del riesgo biológico debe llevarse a cabo por personal competente³, que tenga un alto nivel de conocimiento en epidemiología, ciclos de vida y mecanismos de transmisión de las enfermedades causadas por microorganismos.

Se concluye finalmente, que los dos métodos ubicaron los laboratorios estudiados en los dos niveles de mayor riesgo biológico; con una mayor probabilidad de ubicar en el nivel más alto cuando se evalúa por el método Biogaval. Se genera la necesidad de proponer o adaptar un método, que, sin dejar de cumplir las políticas planteadas por el estado colombiano para la evaluación de los riesgos y peligros en los Sistemas de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) según la normatividad colombiana, se encuentre acorde al contexto de la evaluación del riesgo biológico que, genere una valoración más real a este tipo de riesgo y pueda ser utilizado en diversas áreas de trabajo, sea ésta en ambientes internos o externos.

Agradecimientos

Los autores, se permiten agradecer al personal trabajador de los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente de la Universidad

Francisco de Paula Santander de la ciudad de Cucuta, Norte de Santander-Colombia, así como a las directivas de ésta dependencia que concedieron el aval para llevar a cabo el proyecto de investigación.

Bibliografía

1. Fakhri. Z. Capítulo 38: Riesgos Biológicos. En: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo; 1998.
2. Tian D, Zheng T. Comparison and Analysis of Biological Agent Category Lists based on biosafety and biodefense. *PloS One*. 2014; 9(6)
3. Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relacionados con la Exposición a Agentes Biológicos. Real Decreto 664/1997. Boe nº 124 (24 Mayo 1997).
4. Sobre Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Real Decreto 664/1997 (12 de mayo 1997).
5. Solans X. Evaluación de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. *Seguridad y Salud en el Trabajo*. 2009; 55: 18-25.
6. Ministerio del Trabajo. Decreto 1443 del 2014 (31 de julio del 2014).
7. Ministerio del Trabajo. Decreto 1072 de 2015 (26 de mayo del 2015).
8. ICONTEC, . Guía Técnica para la identificación de peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. 2010; 571: 1-38.
9. Llorca J. Benavent S. Laborda R. Soto P. Manual Práctico para la evaluación del riesgo biológico en actividades laborales. 2013: 1-40
10. Solans X. Exposición a agentes biológicos. Consideraciones para la realización de la evaluación de riesgos. *Seguridad y Salud en el Trabajo*. 2016; 86.
11. Instituto Nacional de Salud. Boletín Epidemiológico 52. Colombia. 2016; 52: 1-120
12. Anderson D. Sweeney D. Williams T. Capítulo 3. Estadística descriptiva: medidas numéricas. En: *Estadística para Administración y Economía*. Cengage Learning. 2008. P.82-140
13. Mondragon MA. Uso de la correlación de Spearman en un estudio de intervención en Fisioterapia. *Mov. Científico*. 2014; 8(1): 98-104.
14. Hernandez R. Fernandez C. Baptista P. Metodología de la Investigación. Ediciones Mac Graw Hill. 5ta Edición, Mexico DF 2010. p. 613.
15. Prüss-Üstün A, Bonjour S, Corvalán C. The impact of the environment on health by country: A meta-synthesis. *Environ Heal A Glob Access Sci Source*. 2008; 7: 1-10.
16. Benetti AD. Preventing disease through healthy environments: towards an estimate of the environmental burden of disease. *Eng Sanit e Ambient*. 2007; 12(2). 115-116.
17. Rodriguez L. Gonzalez E. Vera M. Patz J. Bautista L. Environmental and occupational health research and training needs in Colombia: A Delphi study. *Biomedica*. 2015; 35(2): 58-65.
18. Nazaroff W. Indoor bioaerosol dynamics. *Indoor Air*. 2016; 26(1): 61-78.
19. Organización Mundial de la Salud. Manual de Seguridad en el Laboratorio. 2008:167-81.
20. Alados J, Pedrosa J, Perez J, Rojo E. Seguridad en el Laboratorio de Microbiología Clínica. 10a ed. Madrid: Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica; 2014: 68p
21. Johnston J, Merrill R, Zimmerman G, Collingwood S, Reading J. Factors associated with biosafety level-2 research workers' laboratory exit handwashing behaviors and glove removal compliance. *J Occup Environ Hyg* . 2016; 13(4):254-64.
22. Chung Y, Ahn Y, Jeong J. Occupational infection in Korea. *J Korean Med Sci*. 2010; 25(SUPPL. 1):53-61.
23. Contreras Z, Ramírez P, Bermúdez V. Asociación entre la Exposición al Riesgo Biológico y Signos y Síntomas Clínicos en Asistentes de Laboratorio. *Arch Venez Farmacol y Ter*. 2017; 36(798-264):49-57.
24. Coelho A, García J. Biological Risks and Laboratory-Acquired Infections: A Reality That Cannot be Ignored in Health Biotechnology. *Front Bioeng Biotechnol*. 2015; 3(April):1-10.
25. Viegas C, Faria T, Caetano L, Carolino E et al. *Aspergillus* spp. prevalence in different Portuguese occupational environments: What is the real scenario in high load settings? *J Occup Environ Hyg*. 2017; 14(10):771-85.

26. Suresh S, Arumugam D, Zacharias G, Palaninathan S, Vishwanathan R, Venkatraman V. Prevalence and clinical profile of fungal rhinosinusitis. *Allergy Rhinol (Providence)*. 2016;7(2):115-20.
27. Fraenza L, Druetta S, Raga A, Aguada L, Zalazar V, Farfalli L. Onicomycosis por *Curvularia lunata* var. *Aeria*: presentación de un caso clínico. *Rev Argentina Microbiol*. 2015;47(1):54-6.
28. Armstrong P, Beard J, Bonilla L, Arboleda N, Lindsley M, Chae S, et al. Outbreak of Severe Histoplasmosis Among Tunnel Workers—Dominican Republic, 2015. *Clin Infect Dis*. 2018;66(10):1550-7.
29. Fernández A, Martínez G, Illnait M, Perurena M, González L. Outbreaks of occupational acquired histoplasmosis in La Habana province. *Rev Cubana Med Trop*. 2010;62(1):68-72.
30. Yang K, Li L, Wang Y, Xue S, Han Y, Liu J. Airborne bacteria in a wastewater treatment plant: Emission characterization, source analysis and health risk assessment. *Water Res*. 2019;149:596-606.
31. Mirskaya E, Agranovski IE. Sources and mechanisms of bioaerosol generation in occupational environments. *Crit Rev Microbiol*. 2018;1-20.
32. Poulsen O, Breum N, Ebbenhøj N, Hansen A, Ivens U, van Lelieveld D, et al. Sorting and recycling of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes. *Sci Total Environ*. 1995;168(1):33-56.