

Análisis de coliformes fecales en las aguas del Balneario Público de Isla Verde, en Carolina.

Bangesy Carrasquillo Casado,

José J. Rodríguez Salazar, y Michelle Torres Acosta.

Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias Naturales,

Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras.

Resumen

Existen muchas enfermedades concernientes a la salud humana, en las cuales intervienen directamente ciertos microorganismos. Los coliformes fecales son enterobacterias no formadoras de esporas; pueden estar presentes en ambientes óxicos o anóxicos. El agua de las playas es una fuente de altos nutrientes, lo que promueve la alta productividad de microorganismos.

La hipótesis nula plantea que la media poblacional es igual a 200 CFU/100ml (estándar establecido por el Departamento de Recursos Naturales), que sirve como parámetro para considerar un área recreativa segura para la salud pública. La hipótesis alterna propone que la media será mayor que el estándar pre-establecido. Esta investigación tiene como propósitos: definir los conceptos de calidad de agua en áreas turísticas-recreativas; determinar la densidad de coliformes fecales en el Balneario Público de Isla Verde, en Carolina, mediante la técnica de filtración por membrana; y hacer uso de pruebas estadísticas para discutir el efecto de la densidad bacteriana en el área de estudio, denominada como área recreativa de contacto primario.

Introducción

Nuestro ambiente tiene alto contenido de vida microbiana. Esto puede resultar un dato alarmante para algunos(as), pero lo cierto es que existe una gran diversificación de microorganismos, de sus usos y efectos. Algunos sirven para la

producción de bebidas como la cerveza y el vino, preparación de productos comerciales como el queso y el "yogurt", otros sirven para la creación de medicamentos y finalmente, pueden ser desde nocivos hasta letales para la

vida. Existen muchas enfermedades concernientes a la salud humana, en las cuales intervienen directamente ciertos microorganismos.

Los coliformes fecales son enterobacterias no formadoras de esporas; pueden estar presentes en ambientes óxicos o anóxicos, dependiendo del oxígeno disponible para su desarrollo. Están asociados a varias condiciones infecciosas en humanos como lo son: la gastroenteritis, enfermedades de la piel, vaginitis, infecciones genitales y otras (com. personal, Toranzos, G, 2000). Las condiciones en las cuales los microorganismos crecen naturalmente están asociadas al uso de nutrientes, temperatura, y pH específicos para cada especie. El agua de las playas es una fuente de altos nutrientes, lo que promueve la productividad primaria de microorganismos. La concentración

de bañistas, también provee alta actividad de desperdicios naturales (orina, heces fecales) y sintéticos (latas, comida, bolsas plásticas), que en situaciones aptas para su degradación, desembocan en un aumento en la rapidez de reproducción bacterial (Wistreich, GA, 1997).

Este estudio pretende concientizar al público general sobre el problema de la contaminación ambiental y sus efectos. Tiene como propósitos: definir los conceptos de calidad de agua en áreas turísticas-recreativas, diseñadas para el entretenimiento familiar; determinar la densidad de coliformes fecales en el Balneario Público de Isla Verde, mediante la técnica de filtración por membrana; y hacer uso de pruebas estadísticas para discutir el efecto de la densidad bacteriana en el área de estudio, denominada como área recreativa de contacto primario.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en la costa norte de Puerto Rico, en el Balneario Público de Isla Verde, a

una distancia de aproximadamente tres pies (3') de la superficie del mar. Se cubrieron cinco transectos en el

día. Para determinar la distancia de la orilla al transecto se usaron objetos de referencia física, y la profundidad fue medida con una cinta métrica. Al delinear los transectos, nos disponíamos a tomar 5 muestras de agua (100ml) por punto. Culminado el proceso de recolección de muestras, se organizaban, rotulaban y aseguraban las botellas en un envase, a temperatura baja.

Se transportaban al laboratorio, donde se realizaron las filtraciones por membrana de las 25 muestras totales de agua de mar. El proceso de filtración es uno de los más precisos para conteo, por su capacidad de reconocer sólo células vivas; contrario al proceso de turbidimetría (com. personal, Rabell, G, 2000). Las placas resultantes, que contenían los filtros + el medio de agar Coli-Blue

(selectivo para coliformes fecales), fueron encubadas a temperatura de 36° - 38° C, por 24 - 48 horas. Al día siguiente, las placas fueron contadas por cuadrantes (Tabla 1). El conteo de placas es una técnica que consta de una serie de filtraciones por inóculo y nos permite medir en unidades formadoras de colonias por mililitros (com. personal, Vázquez, CO, 2000).

Los resultados de conteo fueron sometidos a diversas pruebas estadísticas (Tabla 2): (1) ANOVA, muestra la diferencia entre las medias muestrales (Tabla 3); (2) Intervalos de Confianza, presentan las variaciones en la cantidad de coliformes fecales por transecto (Tabla 4); y (3) Prueba T, para conocer la zona de rechazo, que nos permitirá tomar una decisión acerca de la hipótesis nula (Tabla 5).

Resultados

$$H_0: \mu = 200 \text{ CFU/100ml}$$

$$H_a: \mu > 200 \text{ CFU/100ml}$$

Tabla 1. Medidas de unidades formadoras de colonias de coliformes fecales (CFU/100ml) por cada transecto en el cuadrante.

Transectos	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
A	77	95	84	115	119
B	69	75	91	107	84.6
C	120	128	125	148	130
D	135	140	153	159	167
E	161	169	170	173	175

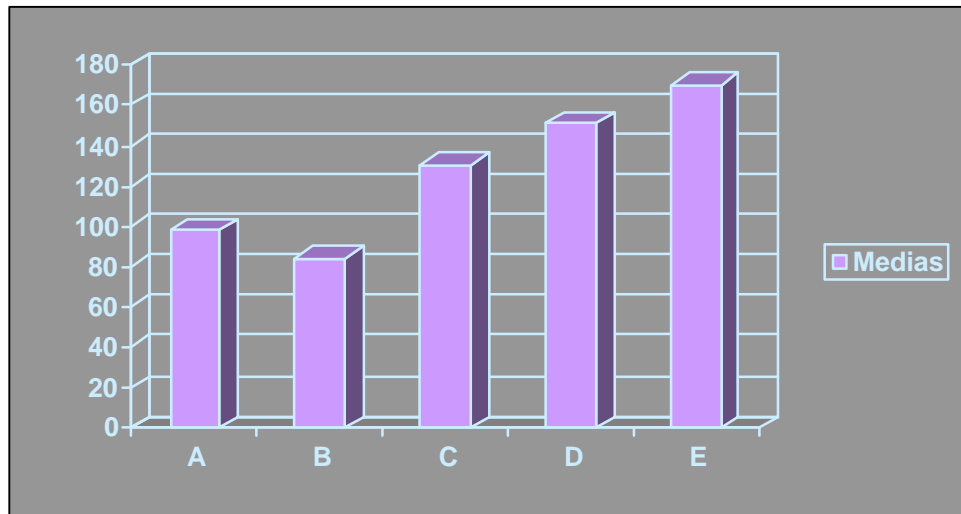
Tabla 2. Cálculos estadísticos, a base de los resultados observados en cada transecto.

Transectos	Media (x)	Varianza (s^2)	Desviación estándar (s)
A	98	344	18.55
B	84.6	222.8	14.93
C	130.2	113.2	10.64
D	150.8	175.2	13.24
E	169.6	28.8	5.37

* La media de las medias = 126.6

* La media de las desviaciones estándar = 12.546

Gráfica 1. Comparación de las medias de cada transecto por densidad de coliformes.



Gráfica 2. Desviaciones estándar de cada media.

Densidad de coliformes fecales/100ml vs. Puntos de muestreo o Transectos.

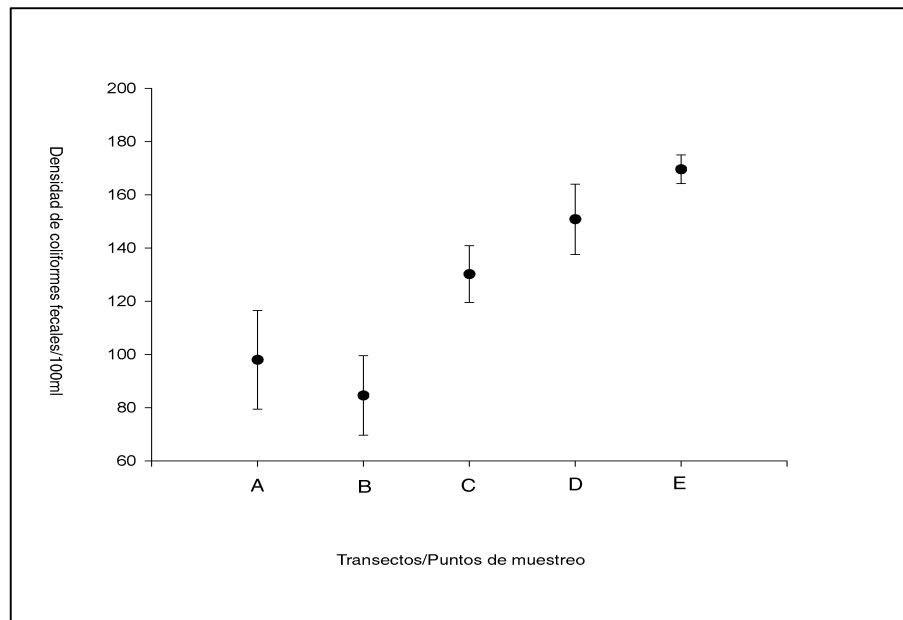


Tabla 3. Resultados: Prueba estadística ANOVA

F =	35.56
F crítica =	2.87
P =	0.000

Tabla 4. Intervalos de Confianza por transectos.

n=5

95% de confiabilidad

$$\bar{x} \pm t_{n-1; \alpha/2} s / n$$

Transectos	Intervalos de Confianza
A	75.01 μ 120.99
B	66.08 μ 103.12
C	117.01 μ 143.39
D	134.4 μ 167.2
E	162.94 μ 176.26

Tabla 5. Resultados: Valor crítico vs. Prueba T

n=25

95% de confiabilidad

$\alpha = .05$

$t_{n-1; \alpha} =$	$= t_{24; .05}$	= 1.711
$t = \bar{x} - \mu / s / n$	$= 126.6 - 200/12.546 / 25$	= -29.25

Discusión de Resultados

Siguiendo un supuesto de una Distribución Normal de los datos

N (μ, σ^2) (com. personal, Rodríguez Esquerdo, PJ, 2000), se desarrolló

una prueba ANOVA. En la Tabla 3, se observa un valor $P < .05$, esto indica la existencia de diferencias entre las medias de los grupos (Gráfica 1). La media menor es de 84.6 CFU/100ml, mientras que la de mayor concentración de coliformes fecales está en el transecto E con 169.6 CFU/100ml. Haciendo uso de ésta prueba, podemos explicar el fenómeno de no transitividad en los transectos **C**, **D** y **E** (com. personal, Moscuola, T, 2000). Las medias de **C** y **D** vs. **D** y **E** son cercanas respectivamente. Se esperaría que los puntos **C** y **E** fueran parecidos, pero presentan diferencias significativas (Gráfica 2). Los transectos **A** y **B** son similares entre sí, pero se alejan de los resultados observados en los otros puntos de muestreo.

La Tabla 4, de intervalos de confianza, presenta el intervalo del transecto **A** como el más amplio.

Conclusión

No se rechaza la hipótesis nula ($H_0: \mu = 200 \text{ CFU/100ml}$), con un 95% de confiabilidad y 5% de

Esto último es posible, ya que la zona queda alejada del desagüe y es una de las áreas más frecuentadas por los bañistas (entrada y salida constante de individuos), lo que le ofrece mayor variabilidad en la cantidad de coliformes fecales/100ml. El transecto **E**, tiene el intervalo menos amplio, debido a que su ubicación está próxima al área de descargas efluentes del desagüe. Al estudiar todos los intervalos, pudimos notar que ninguno sobrepasó el estándar pre-establecido de 200CFU/100ml; sin embargo algunos resultados fueron considerablemente altos para un área pública.

La prueba de hipótesis nos permite rechazar o no la hipótesis nula (Sincich, T, et.al, 1999). El valor de la prueba t fue igual -29.25 y el valor crítico fue de 1.711. Por lo tanto, el valor crítico (t_{α}) es mayor que el valor **t**.

nivel de significancia, a favor de la hipótesis alterna

($H_a: \mu > 200 \text{ CFU/100ml}$); lo que significa que las aguas del Balneario

Público de Isla Verde son consideradas seguras como área recreativa de contacto primario para sus visitantes, por las agencias que controlan el manejo y conservación de playas (Departamento de Recursos Naturales, Junta de Calidad Ambiental y la División de Monitoreo de Ambientes Acuáticos (1985-1994)).

En futuras investigaciones, sería interesante un análisis

exhaustivo para re-definir los conceptos para la seguridad de la salud pública; establecer comparaciones y co-relaciones con estudios microbiológicos realizados en otras playas de Puerto Rico; e identificar y prevenir el esparcimiento de microorganismos patogénicos que afecten la población humana.

Agradecimientos

Le damos las gracias a un grupo de guías educativos, que dirigieron indirectamente, la investigación por buen camino: Prof. Carmen O. Vázquez, Laboratorio de Microbiología; Gualberto Rabell, Laboratorio Bio-Well, especializado en Microbiología del Agua; Prof. Teresa Moscuola, Laboratorio de Ecología; y al Prof. Pedro J. Rodríguez Esquerdo por su paciencia y compromiso para con la educación y enseñanza de las estadísticas.

Referencias

- ❑ Moscuola, T; Comunicación Personal
- ❑ Rodríguez Esquerdo, PJ; Comunicación Personal
- ❑ Sincich, T, Levine DM, and Stephan D. *Practical Statistics by example using Microsoft Excel*. New Jersey, Prentice Hall; p.438. 1999.
- ❑ Toranzos, GA, PhD; Comunicación Personal
- ❑ Vázquez, CO; Comunicación Personal
- ❑ Wistreich, GA. *Microbiology Laboratory: Fundamentals and Applications*. New Jersey, Prentice Hall; p.378-380. 1997.