

**Efecto del uso de suelo en las concentraciones
de *Escherichia coli* y calidad de agua en ríos
tributarios de la cuenca Kansas - Lower
Republican, Manhattan, Kansas**

Paola Carolina Muela Negrete

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

**Efecto del uso de suelo en las concentraciones
de *Escherichia coli* y calidad de agua en ríos
tributarios de la cuenca Kansas - Lower
Republican, Manhattan, Kansas**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Ambiente y Desarrollo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Paola Carolina Muela Negrete

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Efecto del uso de suelo en las concentraciones de *Escherichia coli* y calidad de agua en ríos tributarios de la cuenca Kansas - Lower Republican, Manhattan, Kansas

Paola Carolina Muela Negrete

Resumen. La cuenca Kansas - Lower Republican, es una de las cuencas principales en el Estado de Kansas, ubicada en la parte noreste del estado. Dentro de esta cuenca se encuentran los ríos Kansas y Blue, los cuales cumplen actividades de recreación y consumo respectivamente en la ciudad de Manhattan, por lo cual, la calidad del agua de estos debe monitorearse. Las cuencas de estos ríos se encuentran bajo diversos usos y coberturas, entre los cuales predomina la ganadería intensiva, los cultivos y los asentamientos humanos. El objetivo de este estudio fue comparar la calidad del agua de los ríos de la cuenca en sitios localizados bajo uso urbano y agropecuario a través de parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos. Se muestrearon dos ríos, el río Kansas y el río Blue, y cuatro arroyos pertenecientes a la cuenca Kansas - Lower Republican. Los resultados revelaron que hay un alto arrastre de *Escherichia coli* y nutrientes en los ríos de ambas zonas, particularmente durante eventos de precipitación. Estadísticamente, no hay diferencias, debido a la naturaleza de las muestras, sin embargo, las concentraciones de contaminantes son mayores en usos agropecuarios que en usos urbanos. Se recomienda realizar más muestreos para tener una mejor caracterización del comportamiento de las cargas contaminantes a lo largo del año y monitorear el río Kansas debido a que fue en el que se midió mayor contaminación bacteriológica.

Palabras clave: Bacteria, nutrientes, parámetros, usos de suelo.

Abstract. The Kansas-Lower Republican basin is one of the main basins in Kansas State, located in the northeastern part of the State. Within this basin are the Kansas and Blue Rivers, which perform recreation and consumption respectively in Manhattan, so that is the reason why these rivers should be monitored. The basins of these rivers are under various land uses and coverages, among which intensive livestock, crops and human settlements predominate. The objective of this study is to compare the water quality of the basin's rivers in sites located under urban and agricultural use, through bacteriological and physicochemical parameters. Two rivers, Kansas and Blue, and four creeks that belong to the Kansas - Lower Republican basin were sampled. The results revealed that there is high *Escherichia coli* trawling and nutrients in the rivers of both land uses, particularly during precipitation events. Statistically no significant differences were found, due to the homogeneity of the sample, however, concentrations of pollutants are higher in agricultural than urban uses. More sampling are recommended to have a better characterization of the behavior of pollutant loads throughout the year and monitoring the Kansas River because it was the one with the highest bacteriological contamination.

Key words: Bacteria, land, nutrients, parameters.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES	17
5. RECOMENDACIONES	18
6. LITERATURA CITADA.....	19
7. ANEXOS	24

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Datos históricos de <i>E. coli</i> en UFC/mL en el mes de marzo.....	12
2. Comparación de medias de parámetros <i>ex situ</i>	13
3. Comparación de medias de parámetros <i>in situ</i>	14
4. Concentraciones de nutrientes	16

Figuras	Página
1. Mapa de la cuenca Kansas - Lower Republican en el Estado de Kansas.....	4
2. Mapa de uso de suelo de la cuenca Kansas-Lower Republican	6
3. Mapa de uso de suelo en Manhattan, Kansas	8
4. Caudal (Estación Fort Riley) y cantidad de <i>E. coli</i>	9
5. Caudal (Estación Big Blue) y cantidad de <i>E. coli</i>	10
6. Caudal (Estación Fort Riley) y turbiedad durante el período de estudio	11
7. Caudal (Estación Big Blue River) y turbiedad	12
8. Resultados de <i>E. coli</i> en tres muestreos.....	15

Anexos	Página
1. Resultados muestreos parámetros <i>ex situ</i>	24
2. Resultados muestreos parámetros <i>ex situ</i>	25
3. Pruebas de normalidad para parámetros <i>ex situ</i>	26
4. Pruebas de normalidad para parámetros <i>in situ</i>	26
5. Mapa de uso de suelo y cobertura de Manhattan, Kansas.....	26

1. INTRODUCCIÓN

El uso de suelo consiste en las actividades y los insumos realizados en un determinado tipo de cobertura terrestre para producirlo, modificarlo o mantenerlo (Gregorio, 2016). Algunos tipos de uso de suelo son: cultivos, ganado, instalaciones recreativas, construcciones, carreteras, bosques y zonas de conservación de vida silvestre (Food and Agriculture Organization [FAO], 1981). El uso de suelo y la cobertura son factores determinantes en cuanto a contaminación de las fuentes hídricas que forman una cuenca. Si las condiciones del uso de suelo no son las adecuadas pueden generar un gran impacto dentro de la cuenca afectando a personas y ecosistemas (Bowden et al., 2015).

La calidad del agua es importante para el consumo humano, riego, actividades agrícolas y actividades de recreación y las fuentes de agua más comunes para las actividades antropogénicas son las superficiales. Estas son las fuentes que más contaminación reciben, lo que resulta contradictorio, debido a que son las que más se deben cuidar y conservar (Torres, Cruz, y Patiño, 2009). Las aguas superficiales pueden ser contaminadas por diversos factores, entre los cuales está, el cambio del uso del suelo por ganadería, el uso de fertilizantes, pesticidas agrícolas, aguas residuales y residuos sólidos provenientes de zonas urbanas.

La calidad de agua en zonas de pastoreo de ganado es afectada cuando los sólidos en suspensión, conformados por partículas de suelo o de materia orgánica, entran en el agua, contaminándola con bacterias. En el caso del uso de fertilizantes como nitratos y fosfatos, estos van a parar en las fuentes superficiales a través de la escorrentía superficial (Ohlenbusch et al., 2002) contaminando con nutrientes los cuerpos de agua.

La ganadería es una de las actividades agrícola con mayor crecimiento, el ganado contribuye con 40% del monto global de la producción agrícola del mundo (Gerber et al., 2007). La ganadería es la actividad agrícola que mayor cantidad de tierras demanda en el mundo debido al pastoreo extensivo y los cultivos de forraje para alimentación del ganado. Esta actividad genera grandes impactos sobre el medio ambiente. Muchas de las áreas que son destinadas para pastoreo a nivel mundial tienen riesgo de degradarse a tal punto de llegar a ser inutilizable (FAO, 1998).

Estados Unidos de América, es uno de los países que tiene una producción extensiva de ganado que ha crecido rápidamente y representa una actividad fundamental en su economía. El pastoreo del ganado ha tenido un impacto negativo en las fuentes hídricas y zonas de amortiguamiento en los márgenes de los ríos de Estados Unidos han sido afectadas. Aproximadamente el 80% de las zonas de amortiguamiento en este país fueron afectadas debido a esta actividad (Belsky, Matzke, y Uselman, 1999).

La mayoría de actividades agrícolas llegan a contaminar las fuentes hídricas en algún momento del ciclo que realizan. Puede ser de manera directa o indirecta, depositando contaminantes directamente o contaminando previamente el suelo con nutrientes o sólidos que llegan a ríos, quebradas y arroyos. No sólo la ganadería contamina las fuentes hídricas. El mal uso de fertilizantes, los sedimentos y la erosión del suelo pueden generar contaminantes que llegan a ríos, lagos, estuarios y finalmente al océano (Ongley, 1997), afectando parámetros físico-químicos como el pH y la turbiedad. Los seres humanos también son una gran fuente de contaminación de fuentes hídricas. Remediar estos contaminantes en el agua es un proceso muy costoso, por lo que la mejor solución es la prevención de la contaminación en las fuentes (Kunkle, 1974).

El estado de Kansas es muy conocido por ser uno de los principales estados agrícolas de Estados Unidos. La principal actividad económica de la cuenca Kansas - Lower Republican es la agricultura en la parte rural de la cuenca. Esta cuenca tiene un área de 27,500 km² y el uso del suelo de la cuenca está dominado por la agricultura. El pastoreo de ganado, que representa una de las principales actividades agrícolas, se encuentra incluido como un uso dominante del suelo de la cuenca (Reardon, Allain, y Jackson, 2012). Debido a esta actividad, la calidad de agua, de los ríos tributarios cercanos, es potencialmente afectada por contaminación de *Escherichia coli*.

La bacteria *Escherichia coli* se encuentra comúnmente en el intestino de las personas y animales de sangre caliente, por lo que no solo el ganado puede ser un problema de contaminación de este tipo, sino que también las poblaciones que viven cerca de fuentes hídricas. Este microorganismo afecta a la salud humana al consumirlo en agua o alimentos, causando diarrea, infecciones del tracto urinario, problemas respiratorios y neumonía (Stocker, Rodríguez-Valentín, Shelton, y Pachepsky, 2016). Aunque algunas cepas de esta bacteria son inofensivas, la más común cepa de *E. coli* en el ganado es la *Escherichia coli O157:H7* la cual puede tener efectos negativos en la salud humana (Cortés et al., 2002).

De acuerdo con las regulaciones de la Organización Mundial de la Salud, no debería encontrarse *E. coli* en agua para consumo humano y existen parámetros permitidos para otros usos del agua. Esta bacteria es un buen indicador de calidad de agua, sin embargo, su ausencia no significa que no estén presentes otras bacterias y virus que afectan a la salud humana (World Health Organization [WHO], 2006). La presencia de *E. coli* en el agua normalmente aumenta después de un evento de lluvia, tormentas o por derretimiento de la nieve. Esto se debe a que la *E. coli* es lavada por escorrentía y contamina ríos, lagos, arroyos o aguas subterráneas (Griffith, Weisberg, y McGee, 2003).

La contaminación por nutrientes es uno de los más desafiantes problemas ambientales en Estados Unidos. Este es causado por exceso de nitrógeno y fósforo en el agua. El nitrógeno y el fósforo, son dos nutrientes que naturalmente se encuentran en ecosistemas acuáticos. El nitrógeno y el fósforo promueven que las algas y plantas acuáticas crezcan y sirvan de alimento para peces y otros organismos acuáticos. La contaminación por nutrientes ha impactado negativamente a muchos ríos, arroyos, lagos, estuarios y costas en las décadas pasadas, lo que ha producido un impacto en la salud humana y en la economía ya que causan

eutrofización, afectando los ecosistemas acuáticos ya que disminuye o elimina el oxígeno disuelto en los cuerpos de agua (Environmental Protection Agency [EPA], 2017a).

El efecto del uso del suelo en la calidad del agua en zonas agrícolas y urbanas se ha evaluado anteriormente en la ciudad de Manhattan, KS. Investigaciones previas realizadas por estudiantes de la Universidad Estatal de Kansas en el otoño del 2014, evaluaron los efectos de uso de suelo y cobertura en zonas urbanas. En este estudio fueron analizados lugares cercanos al Campus de K-State por donde pasa el río llamado Little Kitten Creek y se midieron parámetros químicos como pH, oxígeno disuelto, nitrógeno (N), fósforo (P), y conductividad eléctrica. Los resultados revelaron que había bajos niveles de oxígeno disuelto, altos niveles de fósforo y conductividad eléctrica debido a la contaminación por nutrientes que existe por parte de la fertilización excesiva de césped (Henderson, Mahoney, McClelland, y Myers, 2014), lo que demostró que en zonas urbanas existe contaminación por fertilizantes.

La calidad de agua de fuentes subterráneas, ríos y lagos puede ser afectada por contaminantes de fuentes no puntuales que según estudios realizados provienen en su mayoría de malas prácticas agrícolas, entre ellas el sobrepastoreo del ganado (FAO, 2005). Estados Unidos es uno de los países que siguen de cerca la calidad de agua de sus fuentes hídricas, analizando las fuentes puntuales y no puntuales que puedan crear contaminación en los cuerpos de agua (Steinfeld, Haan, y Blackburn, 2003). En zonas urbanas lo que impacta y degrada la calidad del agua de cuerpos de agua son las descargas de aguas de desechos municipales e industriales (Texeira, 2007).

La importancia de hacer este estudio es conocer el estado de la calidad de agua de zonas urbanas y zonas destinadas a la agricultura que son parte de la Universidad Estatal de Kansas. Con esta investigación se pueden conocer qué cuerpos de agua se encuentran afectados, por lo que es importante saber el uso del suelo y cobertura de estos sitios y observar el efecto que tienen sobre la calidad de agua de los mismos. Al evaluar los sitios que tienen mayor contaminación se pueden controlar sus fuentes, disminuyendo el impacto que se genera sobre un recurso tan importante como es el agua. Los objetivos del estudio fueron:

- Identificar el uso de suelo y la cobertura de las principales sub-cuencas que se encuentran en la ciudad de Manhattan, para conocer las potenciales fuentes no puntuales de contaminación del agua en la zona.
- Comparar la calidad del agua de los ríos a través de la cuantificación de parámetros físico- químicos y bacteriológicos en sitios localizados en sub-cuencas bajo uso urbano y agrícola.
- Identificar la influencia de los procesos de precipitación-escorrentía en las concentraciones de contaminantes no puntuales bajo las coberturas agrícolas y urbanas de la ciudad de Manhattan.

2. METODOLOGÍA

Sitios de muestreo. Se muestrearon cuatro riachuelos y dos ríos principales en la ciudad de Manhattan. Manhattan es una pequeña ciudad de Kansas ubicada en los condados de Riley y Pottawatomie. La cuenca Kansas - Lower Republican se encuentra en la parte noreste de Kansas y cubre un área aproximada de 27,500 km². Tiene una pendiente leve a moderada menor a 12%. La permeabilidad del suelo tiene un rango de 0.76 cm/h a 17.5 cm/h, con una media de 2 cm/h (Reardon, Allain, y Jackson, 2012). Las dos subcuencas, en las que se encuentran estos ríos y arroyos de Manhattan, son la subcuenca superior Kansas y la subcuenca baja Little Blue (Figura 1).

Los ríos y arroyos muestreados son: el río Kansas, el río Blue, un riachuelo cercano al Campus central de la Universidad Estatal de Kansas (KSU), el arroyo Wildcat cercano al parque Anneberg, un arroyo cercano a la granja de Ciencia Animal que pertenece a la Universidad KSU y un arroyo cercano a una granja agrícola llamada granja Brook. Estos ríos se eligieron porque tienen datos históricos de concentraciones de *E. coli* del periodo 2013-2016.

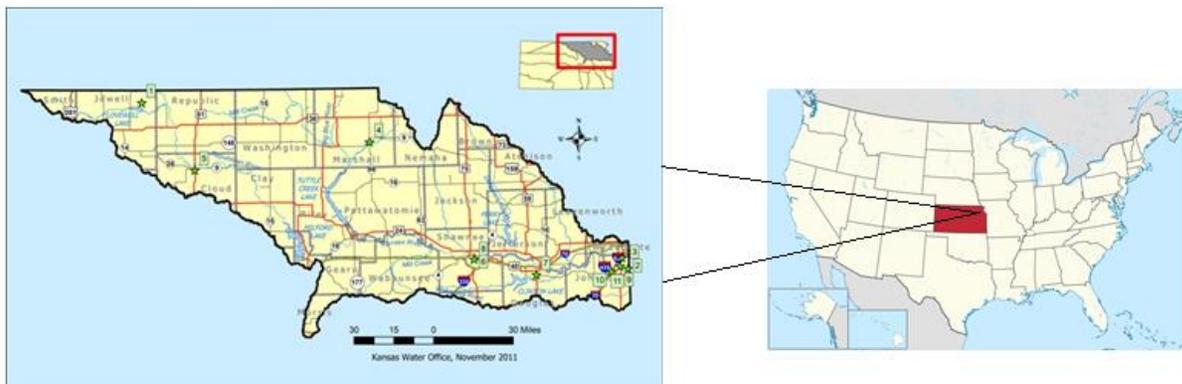


Figura 1. Mapa de la cuenca Kansas - Lower Republican en el Estado de Kansas.
Fuente: (Kansas Water Office [KWO], 2009).

Época de muestreo y número de muestras. En cada río se repitió tres veces el muestreo, esto ocurrió en las temporadas de invierno y primavera (marzo y abril del 2017). Las muestras fueron tomadas a inicio de marzo, finales de marzo y a inicios de abril, con eventos de precipitación previa de 2.09 mm, 22.86 mm y 50.04 mm respectivamente (The Weather Company, 2017), es decir, no se tomaron con condiciones hidrológicas similares.

Recolección y análisis de muestras. En cada sitio de muestreo se evaluó la calidad de agua midiendo diferentes parámetros. Para hacer el muestreo se tomaron muestras de agua en frascos estériles de 100 mL, que luego fueron llevados a laboratorio y mantenidos en refrigeración previo a su análisis. Se midieron *in situ* algunos parámetros físico - químicos y en el laboratorio se analizaron las muestras para *E. coli* y nutrientes. Los parámetros tomados *in situ* fueron: pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos (TDS), para lo cual se utilizó un multiparámetro portátil marca Combo.

La concentración de *E. coli* y coliformes totales se midió mediante el método de placas Petrifilm 3M®. Este método consiste en una serie de placas que contienen Agar de Bilis Rojo Violeta (VRB). Este Agar ayuda a retener la beta-glucuronidasa producida por la *E. coli*, que forma una coloración azul, indicando la presencia de la bacteria en la placa. En el caso de las Coliformes totales, se produce una coloración roja y este factor permite diferenciarlas de la *E. coli* (Amer, Battista, Medvedeff y Bargardi, 2000).

Para la inoculación de la placa, primero se retiró la lámina de la placa y se colocó 1 mL de la muestra sin diluir en el centro de la placa y luego se esparció por el agar sin tocar con los dedos, para finalmente sellar la placa con la lámina. Se incubó a una temperatura de 35 °C ± 1 °C, por 48 horas, para luego proceder con el conteo. Se contó la cantidad de Coliformes totales y *E. coli* encontrados en cada celda de la placa Petrifilm y se hizo la suma total de la placa (Minnesota Mining and Manufacturing Company, 2006). Para aquellas placas que contenían más de 300 colonias de Coliformes, se contó la cantidad de colonias en una celda y se multiplicó por las 20 celdas restantes.

Para analizar la turbiedad de las muestras, se utilizó un turbidímetro marca LaMotte TC - 3000. Se calibró a diferentes unidades nefelométricas de turbiedad (UNT), 10 UNT y 100 UNT, debido a que las muestras tenían diferentes niveles de turbiedad. Se lavó tres veces el frasco del turbidímetro con el agua de la muestra y luego se llenó con 10 mL de la muestra.

Se enviaron muestras al laboratorio de Agua y Suelo de la Universidad Kansas State para poder analizar nutrientes como nitrógeno total, fósforo total, NO₃ - N y Orto - P. Para medir el fósforo total y nitrógeno total, se diluyó de 1 a 10 mL de la muestra con el reactivo Persulfato de Potasio en un autoclave. Luego se analizó utilizando el instrumento Alpkem RFA, para nitratos (método de reducción de cadmio) (Hosomi y Sudu, 1986) y fósforo (Nelson, 1987). El orto fosfato se midió usando un auto analizador Alpkem RFA, a través del procedimiento colorimétrico de azul de molibdato de amonio y siguiendo la metodología RFA no. A303 - S200 - 13 (American Public Health Association, 1992).

Delimitación de sitio de muestreo. Se utilizó el programa Quantum GIS 2.18.19 para hacer la digitalización de la cuenca aguas arriba de donde se tomaron las muestras. Con la ayuda de una imagen satelital Google Earth que se georreferenció en QGIS, se pudo delimitar el sitio de interés. La red hídrica de las subcuencas que se encontraban dentro de la ciudad de Manhattan se obtuvo de la base de datos de la página de National Hydrography Dataset (NHD) del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS por sus siglas en Inglés).

Identificación de uso de suelo y cobertura. Se utilizó un mapa de uso de suelo de Manhattan tomado de la página del condado de Riley (Riley County Community GIS Viewer [RCCGV], 2017), para identificar los usos de suelo de la ciudad y se crearon polígonos con base en este mapa. Se poligonizaron las zonas en las que hay actividad agropecuaria como cultivos y ganadería y las zonas urbanas de la Universidad Kansas State, parques y zonas de recreación, bosques y otros usos de suelo con el programa de Quantum GIS 2.18.9.

Para los ríos, Kansas y Blue, se revisó literatura sobre el uso de suelo y cobertura de estos. En el caso del río Blue, se definió que tiene un uso de suelo predominantemente urbano (Missouri Department Conservation [MDC], 2011). El río Kansas tiene un 70% de uso de suelo para cultivos agrícolas, por lo que se consideró como un río en una zona agrícola dominante (Juracek, 2000).

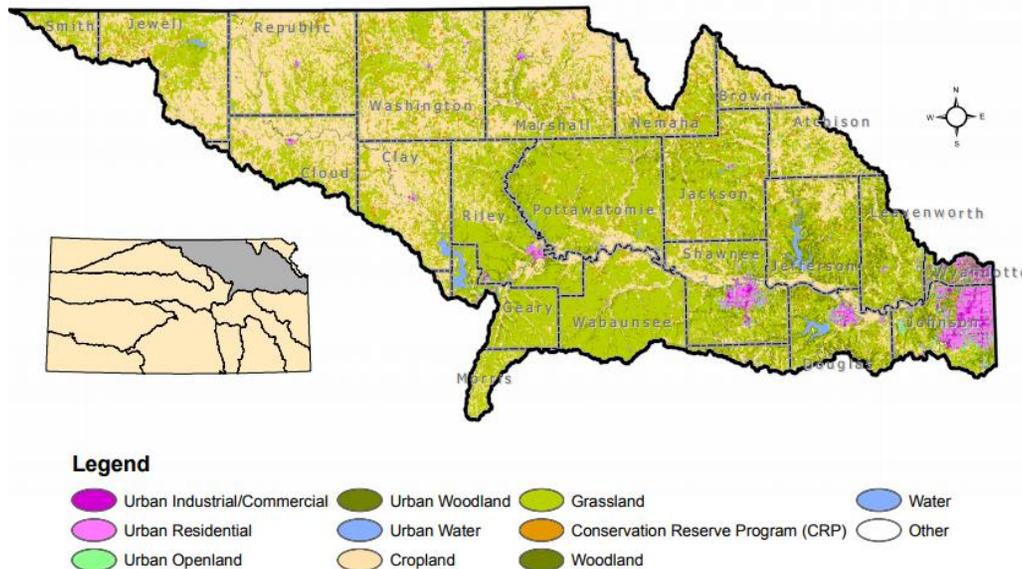


Figura 2. Mapa de uso de suelo de la cuenca Kansas - Lower Republican en Kansas en el año 2005.
Fuente: (KWO, 2008).

Caudal. Los datos de caudal se obtuvieron de la página de Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Estos datos se tomaron desde el 1 de marzo hasta el 30 de abril. Se compilaron datos de caudal promedio diario de dos estaciones hidrológicas, una cercana al río Blue y otra en Fort Riley (United States Geological Survey [USGS], 2017d). Para el río Kansas se tomó como referencia el caudal medido por la estación de Fort Riley, al igual que para los arroyos Wildcat y del Campus KSU (USGS, 2017c). En el caso del río Blue, se tomaron los datos de caudal, emitidos por la estación del río Big Blue (USGS, 2017e) y este mismo caudal se consideró para los arroyos cercanos, que fueron el de la Granja de Ciencia Animal y el de la Granja Agrícola Brook. Para fines del estudio se consideraron

caudales diarios promedios según fueron medidos por las estaciones hidrométricas y se asumió el mismo comportamiento hidrológico en los sitios muestreados debido a que no se realizaron aforos al momento del muestreo.

Análisis estadístico. Se realizó un test de normalidad de Shapiro - Wilk, con una significancia del 5%, para conocer la normalidad de los datos. Para los parámetros con una distribución normal, se comparó medias con el test la T de student con una significancia del 5%. Para los parámetros que no tenían una distribución normal, se comparó las medianas con un test U de Mann - Whitney, para factores independientes, con una significancia del 5%. El análisis estadístico se realizó con la ayuda del programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 19.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de las sub-cuencas de Manhattan. Se generó un mapa que representa el uso de suelo y la cobertura de la ciudad de Manhattan y los sitios de interés en dónde se encuentran los ríos muestreados. Las zonas urbanas incluyen la ciudad de Manhattan y el parque Anneberg, las zonas agropecuarias incluyen áreas bajo pastoreo de ganado y cultivos de maíz, soya, hortalizas, vegetales y frutales. En dicho mapa (Figura 2) se observa la red hidrográfica de las dos subcuencas, la superior Kansas y la baja Little Blue, que son las que incluyen los ríos muestreados. Las zonas urbanas tienen un área aproximada de 49.5 km² y las zonas agrícolas cubren una superficie de 54.5 km² aproximadamente. El área de la sub cuenca superior Kansas es de aproximadamente 1,389.65 km².

El arroyo cercano al parque Anneberg llamado Wildcat y el que estaba dentro del campus de la Universidad KSU, fueron considerados como arroyos en zonas urbanas. Los arroyos cercanos a las Granjas Brook y de la unidad de investigación del Departamento de Ciencia Animal, fueron categorizados como pertenecientes a zonas agropecuarias.

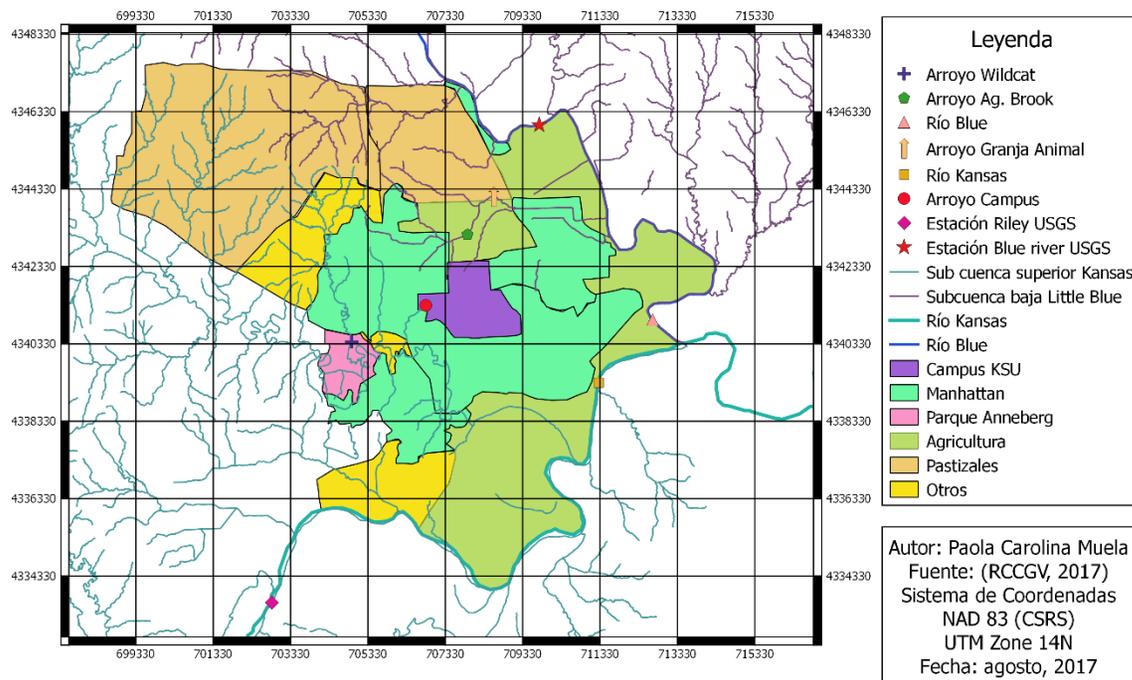


Figura 3. Mapa de uso de suelo en Manhattan, Kansas.
Fuente: (RCCGV, 2017).

Comportamiento hidrológico de turbiedad y *E. coli* en los usos agrícolas y urbanos.

Relación de *E. coli* y caudal. Los datos medidos del conteo de *E. coli*, se compararon con los datos de caudal medidos por las estaciones hidrométricas con el objetivo de conocer el comportamiento de las concentraciones de *E. coli* como respuesta a la precipitación y arrastre de fuentes no puntuales de materia fecal. Para el río Kansas, el arroyo Wildcat y el arroyo del Campus KSU, se utilizó como referencia, el caudal medido por la estación hidrométrica de Fort Riley.

Como se esperaba, se pudo observar que la cantidad de *E. coli* medida en las muestras está directamente relacionada con el caudal, es decir, cuando el caudal aumenta también aumenta la cantidad de este indicador de contaminación fecal. Los picos de escorrentía se observan en los meses de marzo y abril. En el caso del arroyo Wildcat, se midieron pocas unidades formadoras de colonia por muestra, pero aumentó, aunque en poca proporción, cuando el caudal aumentó. Se puede observar, que la cantidad de *E. coli* es mayor en el río Kansas que en los demás arroyos analizados. Esto se debe a que el río Kansas tiene mayor influencia de zonas agropecuarias que los otros riachuelos y una mayor área contribuyente (Figura 4).

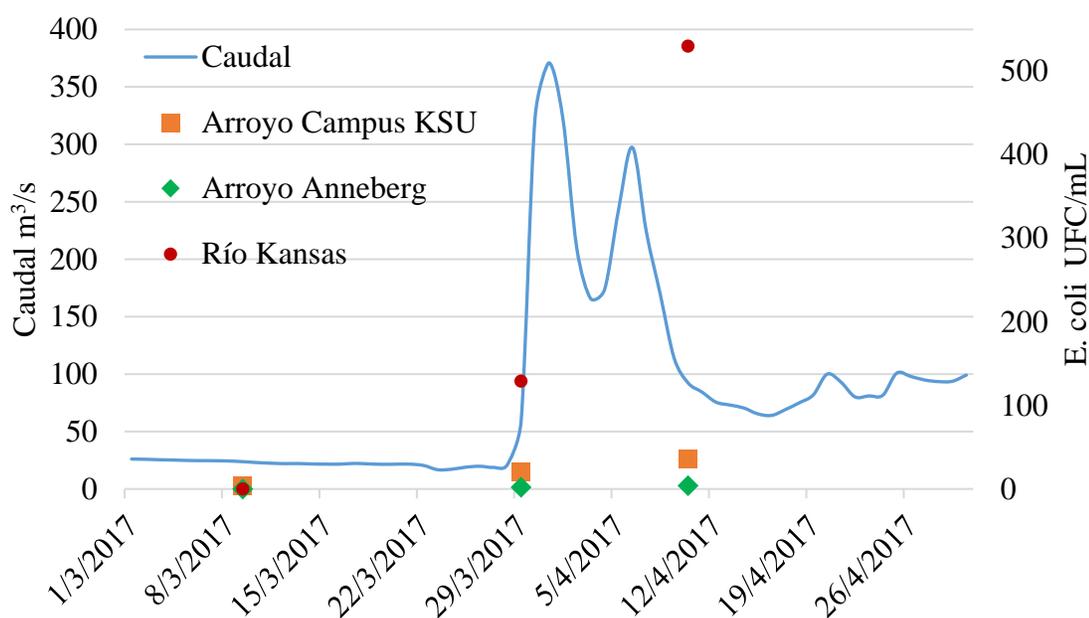


Figura 4. Caudal (Estación Fort Riley) y cantidad de *E. coli*.

Al igual que la Figura 4, el caudal y la cantidad de *E. coli* tienen una relación directa, aunque con diferencias marcadas en magnitud. El río Blue, el arroyo Brook y el arroyo de la Granja Animal, empiezan con poca o nula cantidad de *E. coli*, a medida que el caudal aumenta, la cantidad de las colonias contabilizadas aumenta. En el arroyo Brook se midieron las menores cantidades de *E. coli* en el segundo y tercer muestreo, con 23 y 45 UFC/mL

respectivamente. Bajo condiciones de flujo base, en el río Blue se midieron concentraciones de apenas 1 UFC/mL en el primer muestreo, las cuales se incrementan hasta 52 UFC/mL y en el caudal más alto (134.22 m³/s) aumenta a 63 UFC/mL. En el arroyo de la Granja Animal se midió la mayor cantidad de UFC/mL. En la primera muestra se midió 0 UFC/mL, 55 UFC/mL en el segundo muestreo y en el tercer muestreo 103 UFC/mL (Figura 5).

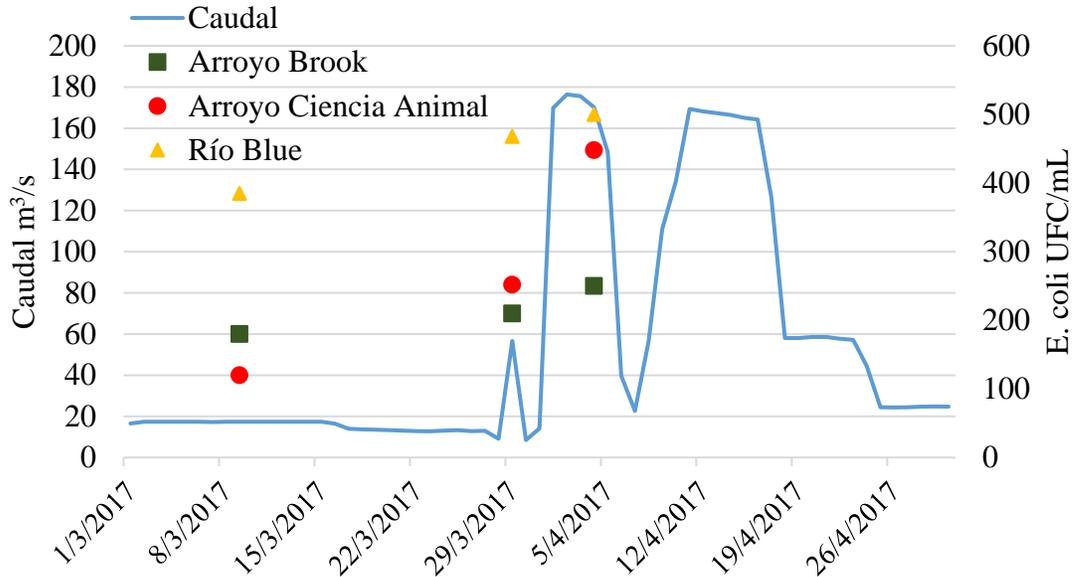


Figura 5. Caudal (Estación Big Blue) y cantidad de *E. coli*.

Turbiedad y caudal. Cuando el caudal aumentó en los ríos también aumentó la turbiedad por el arrastre de sedimentos a los cuerpos de agua. En las muestras del río Kansas la turbiedad fue mayor con un valor máximo medido de 510 UNT en el caudal pico que fue de 173.58 m³/s. En el caso del arroyo del campus, se midió una turbiedad mayor (140 UNT) en el tercer muestreo, cuando la estación midió el caudal más alto. Asimismo, para el arroyo Wildcat, la muestra con mayor turbiedad fue la del tercer muestreo y la más baja fue en el primer muestreo donde se midió 54 UNT, con un caudal de 23.73 m³/s (Figura 6).

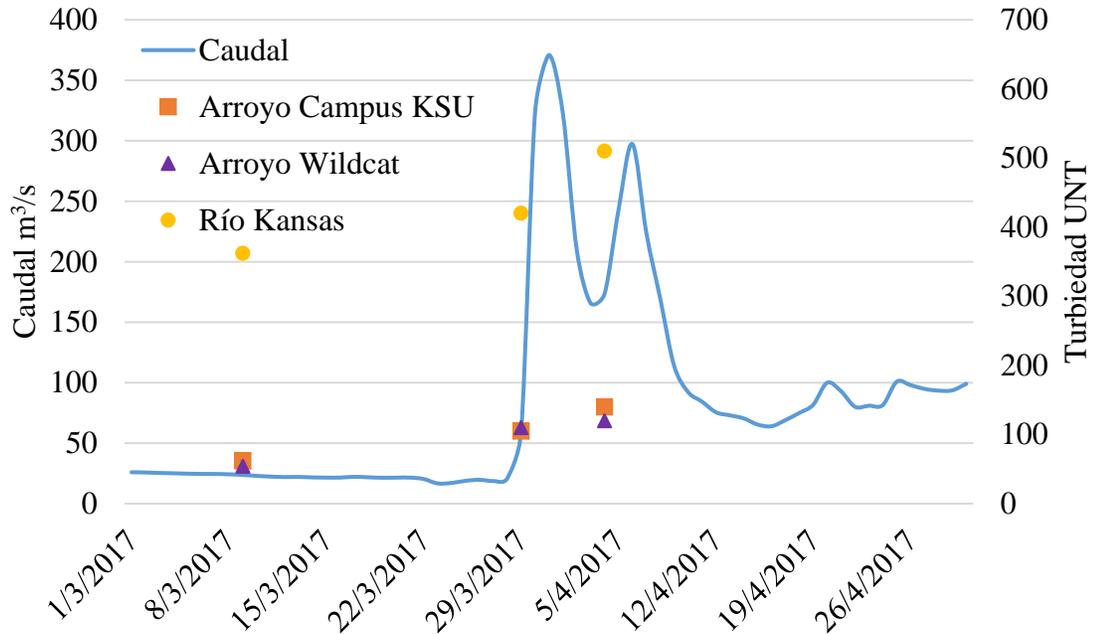


Figura 6. Caudal (Estación Fort Riley) y turbiedad durante el periodo de estudio.

En la Figura 7 se observa que en el último muestreo las muestras alcanzaron los valores más altos de turbiedad (500 UNT), con el caudal más alto medido por la estación que fue de 170.18 m³/s. El río Blue fue en donde se midió la turbiedad más alta desde el primer muestreo, esto se debió a que el área de drenaje de este río es de aproximadamente 24, 967 km², es decir, es considerablemente mayor que el resto (USGS, 2017a).

Se observa que hay un gran arrastre de sedimentos a estos cuerpos de agua, especialmente en los ríos Kansas y Blue. El río Kansas fue en donde se midió la turbiedad más alta con 510 UNT, esto se debe a que su área de drenaje es de 116,212 km² y que es mayor que la del río Blue (USGS, 2017b). En el caso de los arroyos, se midió mayor turbiedad en el arroyo de la Granja Animal, lo que indica que hay mayor erosión y arrastre de sedimentos por el ganado que se encuentra en el sitio (FAO, 1993). La menor turbiedad medida fue del arroyo Wildcat que se encuentra en una zona urbana.

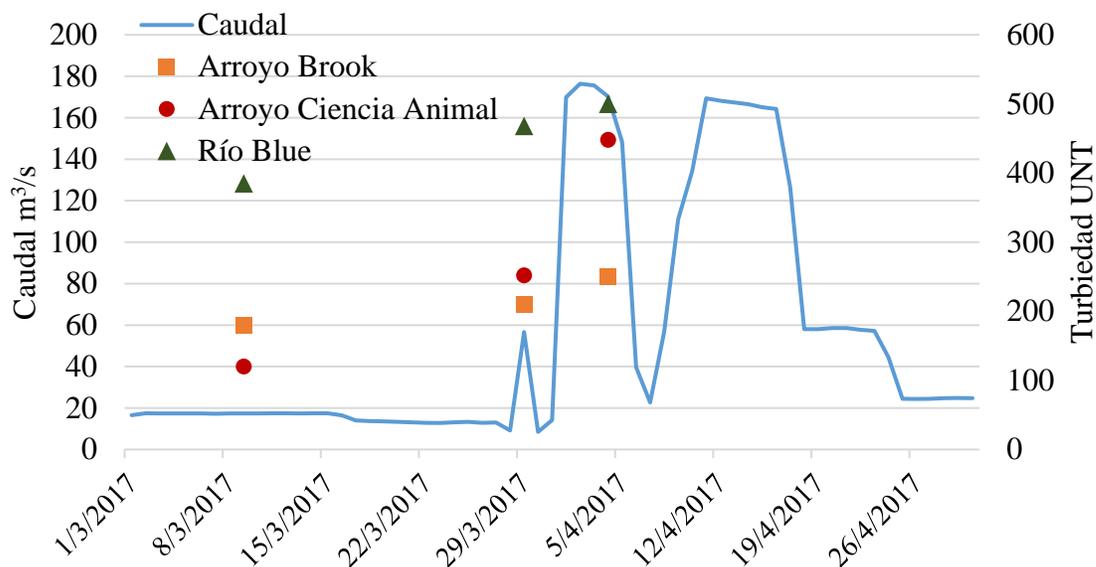


Figura 7. Caudal (Estación Big Blue River) y turbiedad.

Comparación de concentraciones de *E. coli* con datos históricos.

Las muestras de agua de cada río, fueron tomadas entre los meses de febrero a abril desde el año 2013 al 2017, por los estudiantes de Zamorano durante su pasantía. La muestra medida en el 2017 que se comparó con los datos históricos fue la que se tomó con una precipitación previa muy leve. Las concentraciones de *E. coli* varían temporalmente en cada uno de los ríos. Para el río Blue, la mayor concentración de *E. coli* fue en el muestreo realizado en el año 2013 con 22 UFC/mL. En el año 2015 se puede observar la mayor carga bacteriana en el arroyo del campus KSU con 45 UFC/mL. En el caso del arroyo Wildcat no se encontró *E. coli* en muestreos realizados en los cinco años previos (Cuadro 1).

Las concentraciones medidas en el arroyo del campus, fueron considerablemente altas, especialmente en el año 2015, lo que indica que fue tomada después de un evento de lluvia que generó mayor arrastre de *E. coli*. Se debería hacer un estudio más profundo para conocer las fuentes no puntuales de contaminación de este arroyo.

Cuadro 1. Datos históricos de *E. coli* en UFC/mL en el mes de marzo de cada año (muestreos únicos).

Ríos	2013	2014	2015	2016	2017
Campus KSU	0	17	45	4	4
Río Blue	12	0	0	0	1
Arroyo Wildcat	0	0	0	0	0
Arroyo granja Brook	2	0	17	0	0
Arroyo granja animal	0	2	12	0	1
Río Kansas	12	0	0	0	0

Comparación de medias de parámetros *ex situ*. Pese a que las medias de nutrientes y cargas bacterianas fueron mayores en áreas de uso agropecuario, no se encontraron diferencias significativas. La turbiedad fue el único parámetro *ex situ* de datos con una distribución normal, por lo que se comparó las medias encontradas en zonas agrícolas y urbanas a través de una prueba T de Student (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias de parámetros *ex situ*.

Variable	Parámetro estadístico	Zona Agrícola	Zona Urbana
<i>E. coli</i> (UFC/mL)	Media	98.440	20.33
	Valor z	0.886	0.886
	Significancia	0.376	0.376
Coliformes Totales (UFC/mL)	Media	215.400	131.300
	Valor z	0.530	0.530
	Significancia	0.596	0.596
N Total (mg/L)	Media	5.021	1.839
	Valor z	1.195	1.195
	Significancia	0.232	0.232
P Total (mg/L)	Media	0.688	0.391
	Valor z	0.265	0.265
	Significancia	0.791	0.791
NO ₃ - N (mg/L)	Media	2.842	0.663
	Valor z	1.015	1.015
	Significancia	0.310	0.310
Orto P (µg/L)	Media	347.200	326.300
	Valor z	0.486	0.486
	Significancia	0.627	0.627
Turbiedad (NTU)	Media	327.900	216.000
	Valor t	1.521	1.521
	Significancia	0.120	0.120

Comparación de medias de parámetros *in situ*. La media del pH encontrado en el uso urbano es mayor que el uso agrícola y en general el pH se encuentra en el rango normal, que varía entre 7 a 9 (Fuentes y Massol-Deyá, 2002). La media de la conductividad eléctrica es mayor en zonas agrícolas que en zonas urbanas y los rangos de conductividad indican que el agua de los ríos en la zona agrícola tiene mayor cantidad de sólidos disueltos, mientras que en las zonas urbanas es menor (Rhoades, 1996). Para la temperatura, las medias son similares debido a que la temperatura del agua va a depender de las condiciones climáticas, que eran las mismas en ambas zonas. La media de los sólidos totales disueltos (STD), es mayor en las zonas de uso agrícola que en uso urbano, esto puede ser porque hay mayor arrastre de suelo o materia orgánica en el uso agrícola, sin embargo, está dentro del rango permisible en Estados Unidos que es máximo hasta 1,200 mg/L para aguas destinadas al consumo humano (WHO, 2003).

Cuadro 3. Comparación de medias de parámetros *in situ*.

Variable	Parámetro estadístico	Zona Agrícola	Zona Urbana
pH	Media	7.937	8.308
	Valor t	2.167	2.167
	Significancia	0.046	0.046
Conductividad eléctrica (µS/cm)	Media	684.600	376.900
	Valor t	0.988	0.988
	Significancia	0.338	0.338
Temperatura (°C)	Media	11.320	12.940
	Valor t	1.469	1.469
	Significancia	0.161	0.161
Sólidos totales disueltos (mg/L)	Media	438.500	242.500
	Valor t	2.429	2.429
	Significancia	0.027	0.027

Análisis de resultados con criterios de regulación.

Los ríos y arroyos son utilizados en su mayoría para fines recreativos, a excepción del río Blue, que es utilizado para abastecer a las poblaciones de los condados cercanos a este río (Wilson, Roe, Brown y Sheshukov, 2010). Dentro de los criterios de regulación de aguas destinadas a recreación en el Estado de Kansas existen dos tipos de categorías; contacto primario y contacto secundario por recreación. El contacto primario de recreación se refiere a los cuerpos de agua utilizados para nadar, bucear o surfear. El contacto secundario de recreación se basa en las regulaciones de la EPA (40 CFR 131.10) para aquellos cuerpos de agua utilizados para actividades como pesca, navegación de botes y limitado contacto con el agua (Texas Commission on Environmental Quality, 2007).

Regulación de *E. coli*. Según la regulación de *E. coli* para aguas recreacionales de contacto secundario, el máximo permisible es de 9,760 UFC/100 mL por muestra, de enero a diciembre (Kansas Department of Health and Environment, 2015), por lo que se concluye que no se cumplen las regulaciones en el arroyo de la granja animal ni en el río Kansas (Figura 8). Los demás ríos y arroyos están dentro de lo permitido, sin embargo, el río Blue es un cuerpo de agua utilizado para abastecer a la población de Kansas, por lo que es sujeto a un tratamiento previo para eliminar patógenos (Edberg, Rice, Karlin, y Allen, 2000).

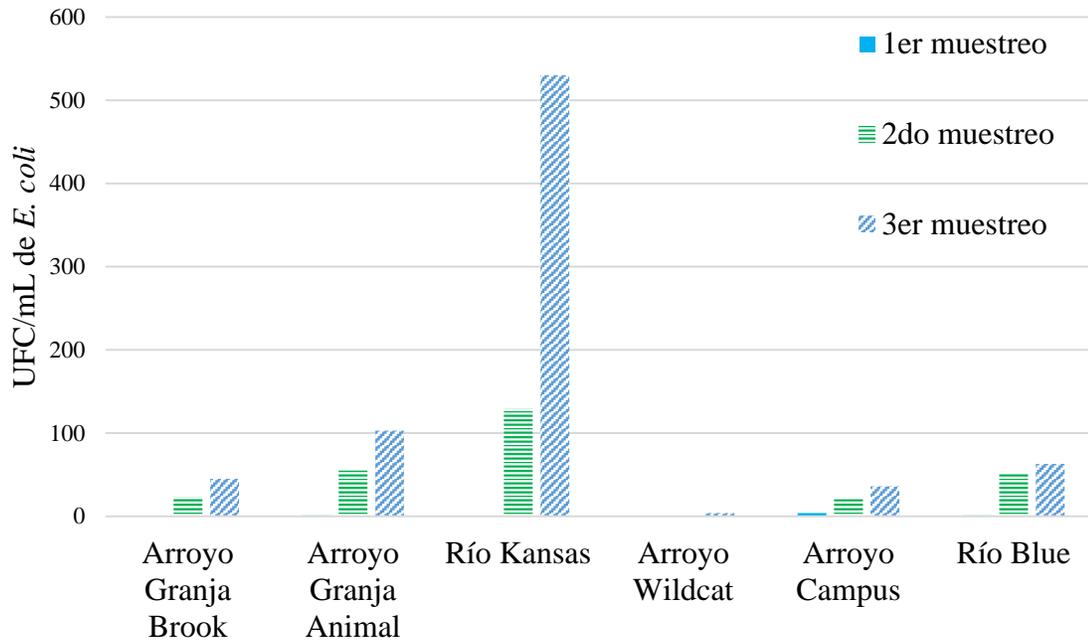


Figura 8. Resultados de *E. coli* en tres muestreos.

Regulación de nutrientes. El Estado de Kansas no tiene regulaciones en cuanto a cantidad máxima de nutrientes permitida (EPA, 2017b), pero según los límites establecidos por la EPA en ríos y arroyos, el rango de nitrógeno total va de 0.1 - 2.2 mg/L y el rango de fósforo total va de 0.01 - 0.13 mg/L (Bhattarai, 2010). Por otro lado, sólo existen regulaciones en cuanto a cantidad de nitratos (NO₃-N) presentes en el agua para consumo humano, con un máximo de 10 mg/L (Kansas Department of Health and Environment, 2015).

Nitrógeno total. Los valores obtenidos de nitrógeno total en los arroyos son elevados en la mayoría de los casos, especialmente en el segundo y tercer muestreo. El arroyo de la granja Brook sobrepasa los rangos permisibles de 0.1 - 2.2 mg/L, para aguas de uso recreacional en el segundo muestreo, pero en el primer y tercer muestreo se encuentran dentro del rango. En el caso del arroyo de la granja animal en todas las muestras sobrepasa el rango permisible y son muy elevadas las concentraciones de nitrógeno total, llegando hasta 16.65 mg/L en el primer muestreo. El río Kansas cumplió con el rango permisible en el primer muestreo, sin embargo, en los dos últimos muestreos sobrepasó los rangos. El arroyo Wildcat cumple con el rango permisible en todos los muestreos. El arroyo del campus cumple con el rango en el primer y segundo muestreo, pero para el último muestreo sobrepasa levemente el rango permisible. El río Blue sobrepasa el rango en el primer y tercer muestreo (Cuadro 7).

Fósforo total. Los valores de fósforo total en las muestras son altos en la mayoría de casos y no cumplen con las regulaciones establecidas. El arroyo de la Granja Animal, solo cumple con las regulaciones en la primera muestra y en los demás muestreos los valores sobrepasan el máximo permitido. Así mismo, se midió en el arroyo Wildcat en la primera muestra,

valores de fósforo que cumplieran con las regulaciones, pero en el segundo y tercer muestreo sobrepasaron el rango permitido. Los demás ríos y arroyos no cumplen con las regulaciones para aguas de uso recreacional, en ninguno de los muestreos hechos (Cuadro 7).

Nitrato - nitrógeno. La cantidad de nitratos ($\text{NO}_3 - \text{N}$) medidos en las muestras en general cumplen con el máximo permisible de agua para consumo (10 mg/L), a excepción del arroyo de la granja animal, en el que se midió 13.15 mg/L de nitratos - nitrógeno, en el primer muestreo (Cuadro 7). Esto no es alarmante, porque de estos ríos solo el río Blue es utilizado para consumo humano. Sin embargo, estudios afirman que cuando las muestras sobrepasan 10 mg/L de $\text{NO}_3 - \text{N}$ puede ser tóxico para los ecosistemas acuáticos y puede producir eutrofización (Wall, 2013).

Orto-fosfatos. La EPA no tiene regulaciones para este nutriente debido a que no es tóxico para el ser humano, sin embargo, puede causar problemas a los ecosistemas acuáticos. Es el principal nutriente en causar eutrofización en ríos, lagos y reservorios (Minnesota Pollution Control Agency, 2007). Las aguas superficiales que no han sido contaminadas tienen de 0.03 a 0.09 mg/L de fosfatos, lo ideal es que no sobrepasen de los 0.3 mg/L para que no se eutroficen los cuerpos de agua (Panel Analysis and Sizing Code, 2010). La mayoría de las muestras medidas sobrepasan este valor de fosfato, por lo que estos ríos están propensos a condiciones de problemas de eutrofización.

Cuadro 4. Concentraciones de nutrientes en muestreos de ríos y arroyos en Manhattan.

Sitios	N Total mg/L	P total mg/L	$\text{NO}_3 - \text{N}$ mg/L	Orto P $\mu\text{g/L}$
Arroyo granja Brook	1.73	0.96	0.53	857
	2.58	0.40	0.89	292
	0.55	0.29	0.19	280
Arroyo granja animal	16.65	0.07	13.15	69
	4.83	1.09	2.19	898
	10.30	0.36	6.85	256
Río Kansas	0.96	0.19	0.10	49
	5.23	2.36	0.64	179
	2.36	0.48	1.04	244
Arroyo Wildcat	0.96	0.07	0.22	40
	0.80	0.21	0.11	140
	0.96	0.30	0.15	209
Arroyo Campus KSU	1.84	0.49	0.61	406
	1.88	0.53	0.62	459
	2.40	0.34	0.31	290
Río Blue	2.91	0.60	1.34	534
	1.90	0.45	0.93	377
	2.90	0.53	1.68	480

4. CONCLUSIONES

- Los usos de suelo de la subcuenca del Río Upper Kansas son mayormente agrícolas y las del Lower Little Blue son predominantemente urbanos dentro de la ciudad de Manhattan. En las subcuencas del río Kansas, el arroyo Brook y el arroyo de la granja animal, se encuentran zonas de producción agrícolas. El río Blue, el arroyo Wildcat y el arroyo del Campus KSU, se encuentran mayormente bajo usos urbanos.
- La contaminación bacteriana y por nutrientes es elevada en los ríos y arroyos bajo un uso de suelo agropecuario, especialmente en el Río Kansas, el cual por su uso recreativo puede causar daños en la salud humana. La alta concentración de nutrientes en los ríos puede generar eutrofización afectando la vida acuática que habitan en estos.
- En los ríos estudiados existe una relación directa entre incrementos en el caudal y mayores concentraciones de *Escherichia coli*, particularmente en el Río Kansas. Esto se debe, a que eventos de precipitación generan mayor arrastre de la bacteria a los ríos tributarios y respalda el origen no puntual del arrastre de materia fecal de ganado a las fuentes de agua.
- Los ríos con elevadas concentraciones de *Escherichia coli* fueron el río Kansas y el arroyo de la Granja de Ciencia Animal y estos sobrepasaron la normativa de regulación de nutrientes al menos en uno de los muestreos.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar más muestreos para tener una mejor caracterización del comportamiento de las cargas contaminantes a lo largo del año.
- Hacer un estudio aguas arriba del Río Kansas, el cual fue el río con mayor contaminación en cuanto a los parámetros medidos. Evaluar las fuentes de contaminación no puntuales de este río y su origen para evitar que continúe la excesiva contaminación.
- Monitorear el arroyo del campus KSU, para conocer el origen de las fuentes no puntuales de contaminación que están afectando la calidad de agua de este arroyo.
- Fortalecer programas de extensión agrícola orientados a la prevención de contaminación de fuentes de agua a través de la utilización de barreras vivas arbustivas que eviten el arrastre de sedimentos.
- Se recomienda hacer planes de reforestación en las partes altas de la cuenca Kansas - Lower Republican y en las zonas en las que haya un uso agrícola excesivo. Con el objetivo de que crear bosques riparios que amortigüen el arrastre de nutrientes a los cuerpos de agua de la cuenca.
- Que el Departamento de Salud y Ambiente de Kansas promueva la reducción del uso de fertilizantes a través de incentivos y campañas educativas a productores.

6. LITERATURA CITADA

- American Public Health Association. (1992). Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington DC., Estados Unidos: *American Public Health Association*. Recuperado de: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/apha.methods.9221.1992.pdf>
- Amer, L., Battista, G., Medvedeff, M., y Bargardi, S. (2000). Evaluación del método petrifilm para la determinación del recuento de microorganismos aerobios mesofilos totales, en drogas vegetales. *Ars Pharmaceutica*, 41 (4), pp. 383-386.
- Bhattarai, R. (2010). Surface Water Quality Standards: Nutrient Criteria. Texas, Estados Unidos: *Texas Water Environment*. Recuperado de: <http://www.weat.org/govt/BhattaraiWEATACWAHorizonNutrientsNov2010.pdf>
- Belsky, A., Matzke, A., y Uselman, S. (1999). Survey of livestock influences on stream and riparian ecosystems in the Western United States. *Journal of Soil and Water Conservation*, 54 (1), pp. 419-431.
- Bowden, C., Konovalske, M., Allen, J., Curran, K., y Touslee, S. (2015). Water quality assessment: the effects of land use and land cover in urban and agricultural land. Kansas, Estados Unidos: *Kansas State University*. Recuperado de: https://www.k-state.edu/nres/capstone/FinalReport_MarlattS15.pdf
- Cortés, I., Rodríguez, G., Moreno, E., Tenorio, J., Torres, B. y Montiel, E. (2002). Brote causado por *Escherichia coli* en Chalco. *Salud pública de México*, 44 (4), pp. 297-302.
- Edberg, S., Rice, E., Karlin, R., y Allen, M. (2000). *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, 88 (1), pp. 106-116.
- Environmental Protection Agency. (2017a). Nutrient Pollution. Washington DC., Estados Unidos. *United States Environmental Protection Agency*. Recuperado de: <https://www.epa.gov/nutrientpollution/problem>
- Environmental Protection Agency. (2017b). State Progress Toward Developing Numeric Nutrient Water Quality Criteria for Nitrogen and Phosphorus. Washington DC., Estados Unidos. *United States Environmental Protection Agency*. Recuperado de ht

[tps://www.epa.gov/nutrient-policy-data/state-progress-toward-developing-numeric-nutrient-water-quality-criteria](https://www.epa.gov/nutrient-policy-data/state-progress-toward-developing-numeric-nutrient-water-quality-criteria)

- Food and Agriculture Organization. (1981). A Framework for Land Evaluation. Roma, Italia: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Recuperado de: <https://www.mpl.ird.fr/crea/taller-colombia/FAO/AGLL/pdfdocs/framele.pdf>
- Food and Agriculture Organization. (1993). Influencia del pastoreo y la vegetacion en los rendimientos del agua y en la erosion. Roma, Italia: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/x5320s/x5320s0a.htm>
- Food and Agriculture Organization. (1998). Ganadería y medio ambiente. Roma, Italia: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Recuperado de: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/9809/spot4.htm>
- Food and Agriculture Organization. (2005). Impacto de la ganadería en la disponibilidad y la calidad del agua. Roma, Italia: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Recuperado de: http://www.fao.org/ag/wfe2005/docs/LEADwater_es.pdf
- Fuentes, F., y Massol-Deyá, A. (2002). Manual de ecología microbiana. Mayagües, Puerto Rico: *Universidad de Puerto Rico en Mayagües*. Recuperado de <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2ph.pdf>
- Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., y Steinfeld, H. (2007). Environmental impacts of a changing livestock production: overview and discussion for a comparative assessment with other food production sectors. *FAO Fisheries Proceedings*, 10 (1), pp. 37–54.
- Gregorio, A. (2016). Land Cover Classification System: Classification concepts. Roma, Italia: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i5232e.pdf>
- Griffith, J., Weisberg, S., y McGee, C. D. (2003). Evaluation of microbial source tracking methods using mixed fecal sources in aqueous test samples. *Journal of Water and Health*, 1 (4), pp. 141-150.
- Henderson, L., Mahoney, C., McClelland, C., y Myers, A. (2014). The affect of land use and land cover on water quality in urban environments. Kansas, Estados Unidos: *Kansas State University*. Recuperado de: <https://www.kstate.edu/nres/capstone/CitizenScienceF14Report.pdf>
- Hosomi, M., y Sudu, R. (1986). Simultaneous determination of total nitrogen and total phosphorus in freshwater samples using persulfate digestion. *International journal of Environmental Studies*, 27 (1), pp. 267-275.

- Juracek, K. (2000). Estimation and Comparison of Potential Runoff-Contributing Areas in Kansas Using Topographic, Soil, and Land-Use Information. Kansas, Estados Unidos: *United States Geological Survey*. Recuperado de: <https://pubs.usgs.gov/wri/2000/4177/report.pdf>
- Kansas Department of Health and Environment. (2015). Kansas Surface Water Quality Standards: Tables of Numeric Criteria. Kansas, Estados Unidos: *The Kansas Department of Health and Environment*. Recuperado de http://www.kdheks.gov/tmdl/download/SWQS_Tables_2015.pdf
- Kunkle, S. (1974). Agua: su calidad suele depender del forestal. *Unasyuva Revista internacional de silvicultura e industrias forestales*, 105 (26), pp. 52-54.
- Missouri Department Conservation. (2011). Land Use of Blue River. Missouri, Estados Unidos: *Missouri Department of Conservartion*. Recuperado de <https://mdc.mo.gov/sites/default/files/resources/2011/03/23blutxt.pdf>
- Minnesota Mining and Manufacturing Company. (2006). Placa para el recuento de *E. coli* y Coliformes. Lima, Perú: *Minnesota Mining and Manufacturing Company*. Recuperado de: https://system.netsuite.com/core/media/media.nl?id=4019&c=3339985&h=213791686acc9e9f7d61&_xt=.pdf
- Minnesota Pollution Control Agency. (2007). Phosphorus: Sources, Forms, Impact on Water Quality. Minnesota, Estados Unidos: *Minnesota Pollution Control Agency*. Recuperado de: <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/wq-iw3-12.pdf>
- Nelson, N. S. (1987). An Acid-persulfate digestion procedure for determination of phosphorus in sediments. *Communications in Soil Science and Plant analyse*, 18 (4), pp. 359–369.
- Panel Analysis and Sizing Code scientific. (2010). Water Quality Field Guide: Phosphate. California, Estados Unidos. *PASCO scientific*. Recuperado de: <http://woodlandhigh.ag.weebly.com/uploads/1/9/2/9/19299463/wqfg.pdf>
- Ohlenbusch, P., Jones, R., Boyer, W., May, G., y Huber, L. (2002). Understanding Grazing Land and Water Quality. Kansas, Estados Unidos: *Kansas Grazing Land Water Quality Program, Kansas State University*. Recuperado de <http://www.kdheks.gov/nps/resources/grazing/attach2.pdf>
- Ongley, E. (1997). Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. Burlington, Canadá: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s00.htm>
- Reardon, M., Allain, M., y Jackson, K. (2012). Kansas Lower Republican Basin: Wetland Environments. Kansas, Estados Unidos: *Emporia State University*. Recuperado de: <http://academic.emporia.edu/aberjame/student/jackson2/Wetlands2012WebPage.html>

- Riley County Community GIS Viewer. (2017). Land cover Map. Kansas, Estados Unidos: *Riley County Community GIS Viewer*. Recuperado de: <https://gis.rileycountyks.gov>
- Rhoades, J. D. (1996). Methods of Soil Analysis: Salinity, Electrical Conductivity and Total Dissolved solids. *Soil Science Society*, 5 (1), pp. 417–420.
- Steinfeld, H., Haan, C., y Blackburn, H. (2003). Livestock Environment Interactions: Issues and options. Roma, Italia: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Cornelis_De_Haan5/publication/44550811_Livestock_environment_interactions_issues_and_options_Henning_Steinfeld_Cees_de_Haan_and_Harvey_Blackburn/links/578650a808aec5c2e4e2e60f/Livestock-environment-interactions-issues-and-options-HenningSteinfeld-Cees-de-Haan-and-Harvey-Blackburn.pdf
- Stocker, M., Rodríguez-Valentín, J., Shelton, D., y Pachepsky, Y. (2016). Spatial and temporal variation of fecal indicator organisms in two creeks in Beltsville, Maryland. *Water Quality Research Journal of Canada*, 51 (2), pp.167–179.
- Texas Commission on Environmental Quality. (2007). Texas Water Quality Standards: Criteria for Recreation. Texas, Estados Unidos: *Texas Commission on Environmental Quality*. Recuperado de <https://www.tceq.texas.gov/assets/public/waterquality/tmdl/82lakehouston/82-bactstand-oct2007.pdf>
- Texeira, F. (2007). Efecto del uso del suelo sobre la calidad del agua y las comunidades de peces en sistemas lóticos de la cuenca baja del río Santa Lucía (Uruguay). Santa Lucía, Uruguay: *Universidad de Uruguay*. Recuperado de: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/bitstream/123456789/4085/1/uy24-12269.pdf>
- The Weather Company (2017). Daily History: Manhattan. Kansas, Estados Unidos: *The Weather Company*. Recuperado de: https://www.wunderground.com/history/airport/KMHK/2017/4/4/DailyHistory.html?req_city=Manhattan&req_state=KS&req_stationname=&reqdb.zip=66502&reqdb.magic=1&reqdb.wmo=99999
- Torres, P., Cruz, C. H., y Patiño, P. J. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8 (1), pp. 79–94.
- United States Geological Survey. (2017a). Main Information Big Blue River near Manhattan, KS. Kansas, Estados Unidos: *United States Geological Survey*. Recuperado de: https://waterdata.usgs.gov/ks/nwis/uv?site_no=06887000
- United States Geological Survey. (2017b). Data information of Kansas river station at Fort Riley. Kansas, Estados Unidos: *United States Geological Survey*. Recuperado de: https://waterdata.usgs.gov/ks/nwis/inventory/?site_no=06879100&agency_cd=USGS

- United States Geological Survey. (2017c). Current Conditions for Kansas. Kansas, Estados Unidos: *United States Geological Survey*. Recuperado de: https://waterdata.usgs.gov/ks/nwis/uv?site_no=06879100
- United States Geological Survey. (2017d). National Water Information System. Kansas, Estados Unidos: *United States Geological Survey*. Recuperado de <https://waterdata.usgs.gov/ks/nwis/uv?>
- United States Geological Survey. (2017e). Current Conditions for Kansas: Big Blue River. Kansas, Estados Unidos: *United States Geological Survey*. Recuperado de https://waterdata.usgs.gov/ks/nwis/uv?site_no=06887000
- Wall, D. (2013). Nitrogen in Minnesota Surface Waters. Minnesota, Estados Unidos: *Minnesota Pollution Control Agency*. Recuperado de <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/wq-s6-26a2.pdf>
- Wilson, R., Roe, J., Brown, S., y Sheshukov, A. (2010). Tuttle Creek Lake: Watershed Restoration and Protection Strategy. Kansas, Estados Unidos. *Kansas State Research and Extension*. Recuperado de: <http://www.kcare.kstate.edu/documents/tuttle.pdf>
- World Health Organization. (2003). Total dissolved solids in Drinking-water. Geneva, Suiza: *World Health Organization*. Recuperado de: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/tds.pdf
- World Health Organization. (2006). Guías para la calidad del agua potable. Geneva, Suiza: *World Health Organization*. Recuperado de: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf

7. ANEXOS

Anexo 1. Resultados muestreos parámetros *ex situ*.

Sitios	Fecha	Caudal (m ³ /s)	E. coli	Col. Totales	N Total	P total	NO ₃ - N	Orto P	Turbiedad
Arroyo Ag. Brook	9-mar	17.41	0	65	1.73	0.96	0.53	857	379.5
	29-mar	50.66	23	61	2.58	0.40	0.89	292	210.3
	10-abr	170.18	45	217	0.55	0.29	0.19	280	250
Arroyo Granja Animal	9-mar	17.41	1	58	16.65	0.07	13.15	69	120
	29-mar	50.66	55	138	4.83	1.09	2.19	898	252
	10-abr	170.18	103	165	10.30	0.36	6.85	256	448
Río Kansas	9-mar	23.73	0	23	0.96	0.19	0.10	49	362
	29-mar	58.90	129	480	5.23	2.36	0.64	179	420
	10-abr	173.58	530	732	2.36	0.48	1.04	244	510
Arroyo parque Anneberg	9-mar	23.73	0	2	0.96	0.07	0.22	40	54
	29-mar	58.90	2	153	0.80	0.21	0.11	140	110
	10-abr	173.58	4	300	0.96	0.30	0.15	209	120
Arroyo Campus KSU	9-mar	23.73	4	21	1.84	0.49	0.61	406	62
	29-mar	58.90	21	61	1.88	0.53	0.62	459	105
	10-abr	173.58	36	102	2.40	0.34	0.31	290	140
Río Blue	9-mar	17.41	1	112	2.91	0.60	1.34	534	385
	29-mar	50.66	52	164	1.90	0.45	0.93	377	468
	10-abr	170.18	63	267	2.90	0.53	1.68	480	500

Anexo 2. Resultados muestreos parámetros *ex situ*.

Sitios	Fecha	Caudal (m3/s)	pH	Cond. Eléctrica	Temp. °C	Sólidos disueltos totales
Arroyo Brook	28-feb	16.63	8.30	937	8.70	468
	9-mar	17.41	7.94	1017	11.4	505
	29-mar	50.66	8.47	138	10.2	283
	10-abr	170.18	8.11	1026	12.4	510
Arroyo Granja Ciencia Animal	9-mar	17.41	7.91	836	11.1	419
	29-mar	50.66	7.48	552	10.8	276
	10-abr	170.18	7.35	840	11.6	840
Río Kansas	28-feb	15.80	7.8	1460	11	728
	9-mar	23.73	8.34	1119	8.6	496
	29-mar	58.90	7.93	526	11.2	267
	10-abr	173.58	7.9	108	14.6	351
Río Blue	28-feb	16.63	8.7	573	7.3	284
	9-mar	17.41	8.66	560	7.6	227
	29-mar	50.66	8.05	365	11.1	185
	10-abr	170.18	7.9	570	12.3	277
Arroyo Wildcat	28-feb	15.80	8.7	255	10.7	150
	9-mar	23.73	8.43	295	14	113
	29-mar	58.90	8.33	246	12.6	128
	10-abr	173.58	8.41	234	16.2	116
Arroyo Campus	28-feb	15.80			N/D	
	9-mar	23.73	9	1075	15.2	520
	29-mar	58.90	8.1	243	10.9	121
	10-abr	173.58	7.89	1070	16.6	496

Anexo 3. Pruebas de normalidad para parámetros *ex situ*.

Parámetro	Shapiro- Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
<i>E. coli</i>	0.449	18	0.000
N Total	0.652	18	0.000
P Total	0.699	18	0.000
NO ₃ - N	0.528	18	0.000
Orto P	0.894	18	0.045
Turbiedad	0.899	18	0.055

Anexo 4. Pruebas de normalidad para parámetros *in situ*.

Parámetro	Shapiro- Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
pH	0.962	18	0.639
Conductividad eléctrica	0.897	18	0.051
Temperatura	0.955	18	0.501
Sólidos Totales Disueltos	0.901	18	0.060

Anexo 5. Mapa de uso de suelo y cobertura de Manhattan, Kansas (RCCGV, 2017).

