



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**Análisis estadístico de datos biológicos obtenidos en una planta de
tratamiento de aguas residuales**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniera
Civil con énfasis en Gerencia de Construcciones**

Autora:

ERIKA GABRIELA GONZÁLEZ GONZÁLEZ

Director:

JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ

CUENCA, ECUADOR

2015

DEDICATORIA

Detrás de cada gran paso se encuentra el apoyo incondicional de mi familia y del creador, por eso este trabajo es dedicado principalmente a Dios por haberme dado la vida y la fuerza para nunca rendirme. A mi mami, por ser un pilar importante en mi vida, por demostrarme su cariño y su apoyo incondicional en todas las decisiones que he tomado. A mi papi, que a pesar de nuestra distancia física siento que está siempre conmigo, tomándome de la mano, por sus consejos los cuales me ayudaron a ser una mejor persona y por enseñarme que para tener algo en la vida hay que esforzarse, sin importar lo duro que sea. A mi hermano, por estar en cada momento difícil y por ser un apoyo en la familia en toda circunstancia.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS BIOLÓGICOS OBTENIDOS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

RESUMEN

Analizar e interpretar estadísticamente datos obtenidos en pruebas de tratabilidad referentes a DBO5, DQO, coliformes fecales, coliformes totales, sólidos suspendidos y sólidos totales, mediante el método del Análisis de varianza (ANOVA), Ji-cuadrado y gráficas relacionadas al coeficiente de correlación R, los cuales fueron estudiados y analizados con el fin de determinar cuál método es el más conveniente para realizar un análisis completo de significancia. El trabajo se basa tanto en el uso de herramientas básicas, tales como la media aritmética y la desviación estándar, así como también en el análisis de factores aplicada a relaciones estadísticas. Para lograrlo se recurrirá a las herramientas de Microsoft Excel, en el cual se determina que para obtener un resultado significativo se necesita mayor cantidad de pruebas.

Palabras Claves: Pruebas de tratabilidad, ANOVA, Ji-Cuadrado, coeficiente de correlación, tratamientos.



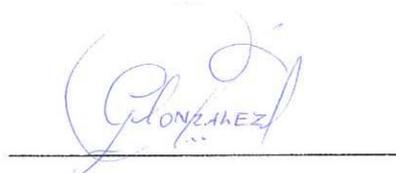
Josué Bernardo Larriva Vásquez

Director de Tesis



Paúl Cornelio Cordero Díaz

Director de Escuela



Erika Gabriela González González

Autora

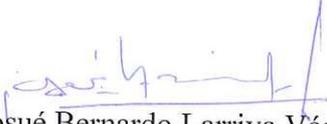
STATISTICAL ANALYSIS OF BIOLOGICAL DATA OBTAINED IN A WASTEWATER TREATMENT PLANT

ABSTRACT

This paper aims to analyze and interpret statistical data from treatability tests concerning to BOD₅, COD, fecal coliforms, total coliforms, suspended solids and total solids. The tools used were Analysis of Variance (ANOVA) statistical method, Chi-square test and graphics related to the coefficient correlation R, which were studied and analyzed in order to determine which method is most suitable for a complete analysis of significance.

This work is based both on the use of basic tools, such as arithmetic mean and standard deviation, as well as factor analysis applied to statistical relationships. In order to achieve this, we used Microsoft Excel tools, which determined that more evidence is needed to obtain a significant result.

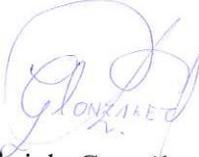
Keywords: Treatability Tests, ANOVA, Chi-Square, Coefficient Correlation, Treatments.



Josué Bernardo Larriva Vásquez
Thesis Director



Paúl Cornelio Cordero Díaz
School Director



Erika Gabriela González González
Author



Universidad del
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA _____	ii
RESUMEN _____	iii
ABSTRACT _____	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS _____	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS _____	vi
INTRODUCCIÓN _____	1

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1 Introducción _____	2
1.1.1 Antecedentes. _____	3
1.1.2 Justificación. _____	4
1.2 Objetivos _____	4
1.2.1 Objetivo general. _____	4
1.2.2 Objetivos específicos. _____	4

CAPÍTULO 2: SUSTENTO TEÓRICO DE MÉTODOS Y PARÁMETROS A UTILIZAR

2.1 Ordenamiento de datos _____	5
2.1.1 Tipos de curvas de frecuencia. _____	5
2.2 Herramientas básicas _____	6
2.2.1 Media aritmética. _____	6
2.2.2 Desviación estándar. _____	7
2.3 Análisis de varianza _____	8

2.3.1	Objetivo del análisis de varianza. _____	9
2.3.2	Hipótesis estadística. _____	10
2.3.3	Conceptos básicos para el análisis de varianza. _____	10
2.3.4	Poder del análisis de varianza. _____	10
2.3.5	Modelos de análisis de varianza. _____	10
2.3.6	Aplicación del programa Microsoft Excel para el análisis de varianza (ANOVA) de un factor. _____	19
2.4	Prueba Ji – cuadrada _____	23
2.4.1	Definición. _____	27
2.4.2	Pruebas de significancia. _____	24
2.4.3	Cálculo de χ^2 . _____	25
2.4.4	Tabla de valores críticos. _____	25
2.4.5	Valores de cola. _____	26
2.5	Correlaciones _____	27
2.5.1	Definición. _____	27
2.5.2	Relación entre variables. _____	27
2.5.3	Ecuaciones de curvas de aproximación. _____	27
2.5.4	Modelos de diagramas de dispersión. _____	28
2.5.5	Coefficiente de correlación R _____	28
2.5.6	Relación r^2 _____	28

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE DATOS

3.1	Demanda biológica de oxígeno (DBO5) _____	29
3.1.1	Datos del inicio y final de DBO en un período de 5 días. _____	29
3.1.2	Análisis estadístico de la cantidad de oxígeno al inicio y final de un período de 5 días sin plantas. _____	29
3.1.3	Análisis estadístico de la cantidad de oxígeno al inicio y final de un período de 5 días con totora. _____	35
3.1.4	Análisis estadístico de la cantidad de oxígeno al inicio y final de un período de 5 días con carrizo. _____	40
3.2	Demanda química de oxígeno (DQO) _____	45

3.2.1	Datos iniciales y finales de DQO. _____	45
3.2.2	Análisis estadístico de datos iniciales y finales de DQO sin plantas. __	45
3.2.3	Análisis estadístico de datos iniciales y finales de DQO con totora. __	50
3.2.4	Análisis estadístico de datos iniciales y finales de DQO con carrizo. _	55
3.3	Coliformes fecales _____	61
3.3.1	Tabla general de datos de entrada y salida de coliformes fecales. _____	61
3.3.2	Análisis estadístico de la salida de coliformes fecales sin plantas con respecto a los datos de entrada. _____	61
3.3.3	Análisis estadístico de la salida de coliformes fecales con totora respecto a los datos de entrada. _____	66
3.3.4	Análisis estadístico de la salida de coliformes fecales con carrizo respecto a los datos de entrada. _____	71
3.4	Coliformes totales _____	77
3.4.1	Tabla general de datos de entrada y salida de coliformes totales. _____	77
3.4.2	Análisis estadístico de la salida de coliformes totales sin plantas con respecto a los datos de entrada. _____	77
3.4.3	Análisis estadístico de la salida de coliformes totales con totora respecto a los datos de entrada. _____	82
3.4.4	Análisis estadístico de la salida de coliformes totales con carrizo respecto a los datos de entrada. _____	87
3.5	Sólidos suspendidos _____	93
3.5.1	Datos de entrada y salida de sólidos suspendidos. _____	93
3.5.2	Análisis estadístico de la entrada y salida de sólidos suspendidos sin plantas. _____	93
3.5.3	Análisis estadístico de la entrada y salida de sólidos suspendidos con totora. _____	98
3.5.4	Análisis estadístico de la entrada y salida de sólidos suspendidos con carrizo. _____	103
3.6	Sólidos totales _____	109
3.6.1	Datos de entrada y salida de sólidos totales. _____	109
3.6.2	Análisis estadístico de la entrada y salida de sólidos totales sin plantas. _	109
3.6.3	Análisis estadístico de la entrada y salida de sólidos totales con totora. _	114
3.6.4	Análisis estadístico de la entrada y salida de sólidos totales con carrizo. _	119

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Interpretación de resultados _____	125
--	-----

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Bloque de tratamientos	16
Figura 2.- Grados de libertad	24
Figura 3.- Grados de libertad	27
Figura 4.- Modelo de comportamiento de DBO sin plantas	34
Figura 5.- Modelo de comportamiento de DBO con totora	39
Figura 6.- Modelo de comportamiento de DBO con carrizo	44
Figura 7.- Modelo de comportamiento de DQO sin plantas	50
Figura 8.- Modelo de comportamiento de DQO con totora	55
Figura 9.- Modelo de comportamiento de DQO con carrizo	60
Figura 10.- Modelo de comportamiento de coliformes fecales sin plantas.....	66
Figura 11.- Modelo de comportamiento de coliformes fecales con totora	71
Figura 12.- Modelo de comportamiento de coliformes fecales con carrizo.....	76
Figura 13.- Modelo de comportamiento de coliformes totales sin plantas	82
Figura 14.- Modelo de comportamiento de coliformes totales con totora	87
Figura 15.- Modelo de comportamiento de coliformes totales con carrizo	92
Figura 16.- Modelo de comportamiento de sólidos suspendidos sin plantas.....	98
Figura 17.- Modelo de comportamiento de sólidos suspendidos con totora.....	103
Figura 18.- Modelo de comportamiento de sólidos suspendidos con carrizo	108
Figura 19.- Modelo de comportamiento de sólidos totales sin plantas	114
Figura 20.- Modelo de comportamiento de sólidos totales con totora.....	119
Figura 21.- Modelo de comportamiento de sólidos totales con carrizo	124

González González Erika Gabriela

Trabajo de Graduación

Larriva Vásquez Josué Bernardo

Septiembre 2015

**“ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS BIOLÓGICOS OBTENIDOS EN
UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”**

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Cuenca en la actualidad existen plantas de tratamientos de aguas residuales, sin embargo, también hay la necesidad de mejorar los sistemas de eliminación de contaminantes biológicos tales como DBO, DQO, coliformes fecales, coliformes totales, sólidos suspendidos y sólidos totales, para lo cual se implementará varios métodos con el fin de obtener una solución óptima, para la contaminación existente, que satisfaga todas las épocas de año.

Al investigar los diferentes métodos de análisis estadísticos, se utilizará el método más conveniente para determinar la significancia estadística de los datos obtenidos, mediante pruebas de tratabilidad, por ETAPA y de esta manera validar los mismos, utilizando herramientas básicas, métodos estadísticos y gráficas de comportamiento, para de esta forma dar un soporte técnico a los resultados de cada análisis.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 Introducción

De manera general, la estadística es una herramienta que utiliza métodos científicos ligados a la recopilación y evaluación de valores, tanto para la deducción de conclusiones, como para la toma de decisiones razonables de acuerdo a los resultados obtenidos en cada análisis.

Este trabajo pretende realizar un análisis estadístico de datos biológicos obtenidos en pruebas de tratabilidad mediante humedales artificiales para aguas residuales, determinando los valores principales y la relación que existe entre los mismos, ya que, en función de los resultados estadísticos se puede determinar la significancia de los mismos. El análisis busca ordenar, categorizar, y resumir datos de manera que estos sean entendibles y manejables; para realizar un resumen y evaluación es necesario describir la naturaleza de los datos, explorar la relación entre los valores principales, crear un modelo para entender de mejor manera como se relacionan los datos principales, probar la validez del modelo y emplear los métodos estadísticos para determinar su significancia.

En el proceso se utilizará la estimación por intervalos el cual consiste en tener valores extremos de confianza, pruebas de hipótesis de igualdad de medias en la que se impondrá un nivel de confiabilidad y análisis de correlación, de manera que se comparará los resultados de cada análisis y se cuantificará la confianza en las conclusiones y de esta forma asegurar que los datos tomados sean suficientes para obtener una solución óptima en todas las épocas del año.

1.1.1 Antecedentes

El estadístico (RUIZ, 2013) expresa que la estadística puede ser hallada en el antiguo Egipto, cuyos faraones recopilaron datos de poblaciones y riquezas.

Sin embargo, los romanos fueron quienes supieron emplear los recursos de la estadística, ya que cada cinco años realizaban censos poblacionales y durante el siglo XVII y principios del XVIII, matemáticos como Bernoulli, Lagrange y Laplace desarrollaron la teoría de probabilidades.

También en el período del 1800 al 1820 se desarrollaron dos conceptos matemáticos fundamentales para la teoría Estadística: la teoría de los errores de observación y la teoría de los mínimos cuadrados. A finales del siglo XIX, Sir Francis Gaston ideó el método conocido por Correlación.

“La estadística es una ciencia que no llega de una sola fuente, sino es más bien la confluencia de varios afluentes procedentes de varias regiones”, así como también las áreas del conocimiento humano han aportado con la problemática para el desarrollo de la Ciencia Estadística, es mucho más que sólo números apilados y gráficas, es una ciencia tan antigüedad como la escritura. (ZÚÑIGA, 2009)

La ausencia de la estadística podría causar un caos generalizado, dejando a los usuarios sin información vital a la hora de tomar decisiones y valorar la significancia de datos.

1.1.2 Justificativos

El trabajo se justifica perfectamente debido a que actualmente se tiene la necesidad de mejorar los sistemas de tratamiento de aguas residuales en el área rural de la ciudad de Cuenca, por lo que ETAPA ha realizado algunas pruebas de tratabilidad mediante varias tecnologías, y es necesario realizar un análisis estadístico de los datos, para de esta manera comprobar que los resultados de las pruebas realizadas tengan significancia estadística y por tanto validar estos o determinar la necesidad de realizar un mayor número de pruebas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Analizar los datos existentes mediante métodos estadísticos con la finalidad de determinar si los resultados obtenidos son suficientemente significativos para validar las eficiencias de remoción de contaminantes obtenidas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estimar la variación de comportamiento y el valor de significancia de los datos con los siguientes métodos estadísticos: Análisis de varianza (ANOVA) de un factor y Ji - Cuadrado.
- Elaborar curvas y ecuaciones de tendencia de los resultados obtenidos en las pruebas de tratabilidad.
- Analizar curvas de comportamiento y correlaciones según el valor de R^2 obtenido en cada caso.

CAPÍTULO 2

SUSTENTO TEÓRICO DE MÉTODOS Y PARÁMETROS A UTILIZAR

2.1 ORDENAMIENTOS DE DATOS

Al hablar de ordenamiento se refiere a colocar los datos de manera que estos a simple vista den una idea del comportamiento del fenómeno que se va a evaluar.

Para el ordenamiento se utilizan tablas donde se colocan los datos en bruto según su tiempo de retención y número de datos, para luego determinar la cantidad de observaciones en cada intervalo.

2.1.1 TIPOS DE CURVAS DE FRECUENCIAS

Según el estadístico (MURRAY & STEPHEN, 2009) pueden existir los siguientes tipos de curvas:

- Curvas simétricas: se caracterizan porque las observaciones equidistantes del máximo central tienen la misma frecuencia.
- Curvas sesgada a la izquierda: son aquellas que tienen cola hacia la izquierda.
- Curvas sesgada a la derecha: son aquella que tienen cola hacia la derecha.
- Curvas uniformes: son aquellas que tienen las mismas frecuencias para todos sus valores.
- Curvas en forma de J: son aquellas en las que el máximo se representa en uno de sus extremos.
- Curvas en forma de U: son aquellas que tienen un máximo en cada extremo.
- Curvas binomiales: son aquellas que tienen dos máximos.
- Curvas multimodales: son aquellas que tienen más de dos máximos.

2.2 HERRAMIENTAS BÁSICAS

2.2.1 MEDIA ARITMÉTICA

De acuerdo al libro de (PAGANO, 2011), la media aritmética se define como la suma de valores agrupados dividido para el total de los valores, se puede hallar solo para variables cuantitativas y es independiente de las amplitudes de los intervalos.

2.2.1.1 PROPIEDADES DE LA MEDIA ARITMÉTICA

1. La media es sensible al valor exacto de todos los datos de distribución.

Es necesario sumar todos los datos por lo que una modificación en cualquiera de los datos puede cambiar el valor de la media.

2. La suma de las desviaciones con respecto a la media es igual a cero.

$$\sum(X_i - \bar{X}) = 0 \quad (1)$$

Esta propiedad se deriva del hecho de que la media es el punto de equilibrio de la distribución.

La media puede ser el punto de apoyo de un sube y baja, es decir, que la carga está distribuido a lo largo del mismo, la media ocupa la posición en la que dichos datos se encuentran en equilibrio.

3. La media es muy sensible a datos extremos.

Si se agrega un dato extremo, la media se ve afectada considerablemente en el punto de equilibrio, la media tendría que desplazarse una gran distancia para establecer equilibrio.

4. La suma de los cuadrados de las desviaciones de todos los datos en torno a su media es la más pequeña posible.

$$\sum(X_i - \bar{X})^2 \text{ es mínima} \quad (2)$$

Ésta es una característica importante ya que se utiliza en muchas áreas particularmente para la regresión y establece que su magnitud es menor a las desviaciones cuadradas.

La media es la menos susceptible a las variaciones, de esta manera se puede calcular la tenencia central. (PAGANO, 2011)

2.2.1.2 MEDIA ARITMÉTICA PARA DATOS AGRUPADOS

La media de datos agrupados, de acuerdo al libro de (PAGANO, 2011), es mucho más próxima al promedio y cada una de las medidas ha sido ponderada según el número de datos.

La fórmula para la media de datos agrupados establece que la media es igual a la suma de la media de cada grupo multiplicada por el número de datos del grupo, entre la suma del número de datos de cada grupo.

FÓRMULAS:

Para datos no agrupados:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N} \quad (3)$$

Para datos agrupados

$$\bar{X} = \frac{x_1 * f_1 + x_2 * f_2 + \dots + x_n * f_n}{N} \quad (4)$$

$$\bar{X} = \frac{X_i * f_i}{N} \quad (5)$$

Donde:

N: número de individuos de la muestra o número de datos.

f i: frecuencia de números.

2.2.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

De acuerdo al libro de (PAGANO, 2011), la desviación estándar se define como la raíz cuadrada de la media de las desviaciones dividido para el número de datos.

2.2.2.1 PUNTAJE DE DESVIACIÓN

El puntaje de desviación nos indica cuan alejado está el dato en bruto de la media.

$$x - \bar{x} \quad \text{puntaje de desviación de datos muestrales}$$

$$x - u \quad \text{puntaje de desviación para datos poblacionales}$$

Para sacar la desviación estándar es necesario dividir el puntaje en bruto elevado al cuadrado para $N - 1$, puesto que si dividimos para N este arroja un valor muy bajo. (PAGANO, 2011)

2.2.2.2 PROPIEDADES DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

1. La desviación estándar proporciona una medida de dispersión relativa a la media, nos indica una medida de dispersión entre los dos puntajes más extremos.
2. La desviación estándar es sensible a cada puntaje de la distribución, si un puntaje se acerca más a la media, la desviación estándar se hará menor.
3. La desviación estándar es estable en cuanto a las fluctuaciones del muestreo, si se tomaran muestras repetitivas la desviación estándar variaría mucho menos de muestra a muestra.
4. La desviación estándar puede ser manipulable en cuanto a términos algebraicos, esto permite el uso de herramientas matemáticas en ella.

FÓRMULA:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \quad (6)$$

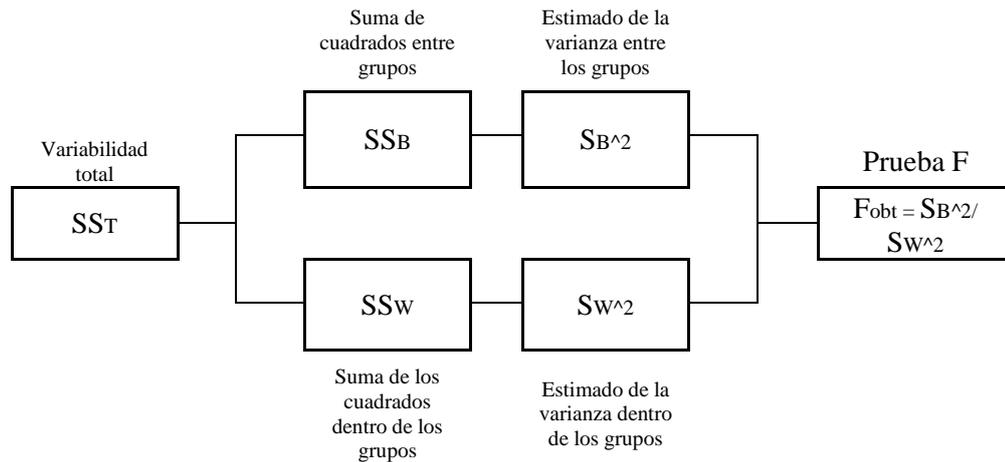
Donde:

\bar{X} : media.

N : número de datos. (PAGANO, 2011)

2.3 ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

El análisis de varianza (ANOVA), de acuerdo al libro de ciencias del comportamiento de (PAGANO, 2011), es una técnica estadística para analizar experimentos dependiendo de muchas clases de efectos. El análisis de varianza puede utilizarse en diseños de medidas repetitivas o de grupos independientes. La técnica ANOVA se basa en un esquema donde la variabilidad total se divide en el estimado de varianza entre grupos y el estimado de varianza dentro de grupos.



La prueba F se refiere a la ciencia del comportamiento cuando se tiene más de una condición, con las cuales se puede determinar dos estimados independientes y se puede generar mediante los siguientes pasos:

1. Se toma posibles tamaños muestras de una misma población.
2. Se estima la varianza de la población de cada muestra.
3. Se debe calcular F_{obt} para todas las posibles combinaciones.
4. Finalmente se calcula $F_{crítica}$ para cada valor de F_{obt} .

En caso de que la hipótesis planteada no sea verdadera se espera que SB^2 sea mayor que la varianza, si aumenta la discrepancia entre ellos aumenta la posibilidad de que la hipótesis no sea verdadera. El análisis de varianza es una teoría para analizar medidas que tiene implicaciones acerca de cómo deben ser planeados los experimentos. Las medidas u observaciones pueden ser una ciencia experimental o no experimental.

2.3.1 OBJETIVO DEL ANÁLISIS DE VARIANZA

Probar la importancia entre tres o más medias muestrales y probar la hipótesis nula de que todas las medias son iguales. Los procedimientos del análisis de varianza separan la variación observable en dos componentes básicos: variación debida a causas asignables, la cual se refiere a fuentes de variación conocidas y variación aleatoria, la misma que se describe incluyendo efectos de variación y otras medidas que hayan sido un componente de dicha variación. (MURRAY & STEPHEN, 2009)

2.3.2 HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

Se trata de suposiciones o conjeturas acerca de datos tomados, las cuales pueden ser o no verdaderas y por lo general son afirmaciones acerca de distribuciones.

2.3.2.1 HIPÓTESIS NULA

La hipótesis se formula con la finalidad de anularla o negarla y también se utiliza para determinar si un método es mejor que otro formulando la hipótesis de “no hay diferencia”, a esto se llama hipótesis nula. (MURRAY & STEPHEN, 2009)

2.3.3 CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA

1. Independencia: los individuos deben ser independientes entre sí.
2. Aleatoriedad: las muestras deben ser obtenidas aleatoriamente.
3. Normalidad: las muestras deben tener una distribución normal.
4. Homocedasticidad: las muestras deben tener iguales varianzas.
(PAGANO, 2011)

2.3.4 PODER DEL ANÁLISIS DE VARIANZA

1. El poder varía de manera directa con N.
2. El poder varía con el tamaño de la variable independiente de manera directa.
3. El poder varía de manera inversa a la variabilidad muestral. (PAGANO, 2011)

2.3.5 MODELOS DE ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

Existen varios modelos de análisis de varianza y se pueden clasificar dependiendo del número de factores, a continuación se detalla el tipo de análisis según los factores:

- Según el número de factores se puede clasificar en ANOVA de un factor donde existe una variable independiente y en caso de que existe más de un factor se llama modelo factorial. Los cuáles serán descritos según los conceptos del libro de (MURRAY & STEPHEN, 2009).

2.3.5.1 ANOVA DE UN FACTOR O EXPERIMENTOS DE UN FACTOR

Las mediciones se hacen de “a” grupos independientes de muestras y “b” cantidad de mediciones de cada muestra, como es el caso de esta tesis la cual propone “a” pruebas de tratabilidad y “b” números de muestras de cada prueba. Los resultados del experimento de un factor se presenta en una tabla con a renglones y b columnas.

La media de las mediciones en el renglón j se denota:

$$\bar{X}_j = \frac{1}{b} \sum_{k=1}^b X_{jk} \quad (7)$$

Donde:

$$j = 1, 2, 3, \dots, a$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, b$$

X_{jk} denota la medición del renglón j y columna k.

Tabla 1: Medición de muestras

Tratamiento 1	$X_{11}, X_{12}, X_{13}, \dots, X_{1b}$	X_1
Tratamiento 2	$X_{21}, X_{22}, X_{23}, \dots, X_{2b}$	X_2
.....
Tratamiento a	$X_{a1}, X_{a2}, X_{a3}, \dots, X_{ab}$	X_a

FUENTE: Autora

A los valores de X_j se le llama medias de grupo, medias de tratamiento o medias de renglón.

Por lo tanto la media general se refiere a la ecuación:

$$\bar{X} = \frac{1}{ab} \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b X_{jk} \quad (8)$$

2.3.5.1.1 VARIACIÓN TOTAL

Se define como la suma de los cuadrados de las desviaciones de cada medición y se representa mediante la fórmula:

$$V = \sum_{j,k}(X_{jk} - \bar{X})^2 \quad (9)$$

Se puede expresar también como:

$$X_{jk} - \bar{X} = (X_{jk} - \bar{X}_j) + (\bar{X}_j - \bar{X}) \quad (10)$$

y elevándola al cuadrado se obtiene:

$$\sum_{j,k}(X_{jk} - \bar{X})^2 = \sum_{j,k}(X_{jk} - \bar{X}_j)^2 + \sum_{j,k}(\bar{X}_j - \bar{X})^2 \quad (11)$$

Donde

La primera expresión que se encuentra al lado izquierdo corresponde a la variación dentro de tratamientos, puesto que trata de los cuadrados de las desviaciones.

Por lo tanto la expresión se denotará como:

$$V_w = \sum_{j,k}(X_{jk} - \bar{X}_j)^2 \quad (12)$$

La segunda expresión del lado derecho corresponde a la variación entre tratamientos, puesto que se trata de los cuadrados de variaciones de las desviaciones de las medias.

Por lo tanto la expresión se denotará como:

$$V_b = b \sum_{j,k}(\bar{X}_j - \bar{X})^2 \quad (13)$$

La variación total queda expresada como:

$$V = V_w + V_b \quad (14)$$

2.3.5.1.2 MODELOS MATEMÁTICOS PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR

En una tabla cada renglón se considera una muestra aleatoria de tamaño b , las X_{jk} difieren de la media poblacional U_j , por un error aleatorio que se denota E_{jk} , por lo tanto:

$$X_{jk} = U_j + E_{jk} \quad (15)$$

Los errores están distribuidos de manera normal, con media 0.

La hipótesis nula de que todos los tratamientos son iguales se basa en que $E_j = 0$; $j = 1, 2, 3, \dots, a$, en caso de que la hipótesis nula resulte verdadera todos los tratamientos tendrán la misma media y varianza, es decir son tratamientos idénticos.

Por lo tanto los valores esperados de V_w , V_b y V están dados por:

$$E(V_w) = a(b-1)\sigma^2 \quad (16)$$

Donde:

σ^2 : varianza

Despejando el valor de la varianza se tiene:

$$\sigma^2 = E\left(\frac{V_w}{a(b-1)}\right) \quad (17)$$

$$\widehat{S^2} = \frac{\sigma^2}{E} \quad (18)$$

$$\widehat{S_w^2} = \frac{V_w}{a(b-1)} \quad (19)$$

De manera que, sin importar si la hipótesis nula sea verdadera o no, se tiene que la varianza es:

$$\sigma^2 = E\left(\frac{V_b}{a-1}\right) \quad (20)$$

$$\widehat{S_B^2} = \frac{V_b}{a-1} \quad (21)$$

$$\sigma^2 = E\left(\frac{V}{ab-1}\right) \quad (22)$$

$$\widehat{S^2} = \frac{V}{ab-1} \quad (23)$$

2.3.5.1.3 DISTRIBUCIONES DE LAS VARIACIONES

De acuerdo a la propiedad de Ji-cuadrado se pueden probar los siguientes teoremas:

Teorema 1: V_w/σ^2 tienen una distribución ji cuadrada con $a(b-1)$ grados de libertad.

Este teorema se aplica sea la hipótesis verdadera o no.

Teorema 2: bajo la hipótesis nula H_0 , Vb/σ^2 y V/σ^2 tienen distribuciones Ji-cuadrada con $(a-1)$ y $(ab-1)$ grados de libertad.

Este teorema se aplica bajo la suposición que la hipótesis es verdadera.

En caso de que la hipótesis nula no sea verdadera se espera que $\widehat{S}_B^2 > \sigma^2$ y que las discrepancias aumenten entre las medias. De acuerdo a la ecuación (19) se puede concluir que las $\widehat{S}_B^2 = \sigma^2$, sin importar que las medias sean o no iguales, por lo que para probar la hipótesis se debe basar en la relación $\widehat{S}_B^2/\widehat{S}_W^2$, si este es bastante grande se puede concluir que entre las medias existe gran diferencia y rechazar la hipótesis.

Teorema 3: la relación $F = \widehat{S}_B^2/\widehat{S}_W^2$ tiene distribución con $(a-1)$ y $a(b-1)$ grados de libertad.

Este teorema se aplica bajo la suposición que la hipótesis no es verdadera.

2.3.5.1.4 TABLAS PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA

El número de grados de libertad para la variación total es igual a la suma de grados de libertad de la variación dentro de los tratamientos y los grados de libertad de la variación entre tratamientos.

Tabla 2. 1 Variaciones para el análisis de varianza de un factor

Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos $Vb = b \sum_j (\bar{X}_j - \bar{X})^2$	$a - 1$	$\widehat{S}_B^2 = \frac{Vb}{a - 1}$	$\widehat{S}_B^2/\widehat{S}_W^2$ Con $(a - 1)$ y $a(b - 1)$ grados de libertad
Dentro de tratamientos $Vw = V - Vb$	$a (b - 1)$	$\widehat{S}_W^2 = \frac{Vw}{a(b - 1)}$	
Total $V = Vb - Vw$ $= \sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X})^2$	$ab - 1$		

FUENTE: (MURRAY & STEPHEN, 2009)

2.3.5.1.5 MODIFICACIONES PARA NÚMEROS DISTINTOS DE OBSERVACIONES

En caso de que los tratamientos tengan distintos números de observaciones, la tabla se debe modificar de la siguiente manera:

Tabla 2. 2 Modificaciones para el análisis de varianza de un factor

Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos $Vb = b \sum_j Nj(\bar{X}_j - \bar{X})^2$	a - 1	$\widehat{S}_B^2 = \frac{Vb}{a - 1}$	$\frac{\widehat{S}_B^2}{\widehat{S}_w^2}$ Con (a - 1) y (N-a) grados de libertad
Dentro de tratamientos $Vw = V - Vb$	N - a	$\widehat{S}_w^2 = \frac{Vw}{N - a}$	
Total $V = Vb - Vw$ $= \sum_{j,k} (Xjk - \bar{X})^2$	N - 1		

FUENTE: (MURRAY & STEPHEN, 2009)

Dónde:

N: número de observaciones.

2.3.5.2 ANOVA DE DOS FACTORES

En el análisis de varianza de dos factores se necesita separar los datos por bloques y tratamientos, dependiendo el número y tipo de dato que se tenga, para de esta manera alcanzar un resultado de rendimiento por cada bloque. Este análisis se refiere especialmente a experimentos agrícolas, puesto que en estos experimentos se acostumbra a estudiar dos factores como tratamientos y bloques.

2.3.5.2.1 MODELOS MATEMÁTICOS PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES

En caso de tener “a” tratamientos y “b” bloques suponemos que para cada tratamiento y para cada bloque existe un valor experimental.

	Bloque				
	1	2	b	
Tratamiento 1	X ₁₁	X ₁₂	...	X _{1b}	$\bar{X}_{.1}$
Tratamiento 2	X ₂₁	X ₂₂	...	X _{2b}	$\bar{X}_{.2}$
.....
Tratamiento a	X _{a1}	X _{a2}	...	X _{ab}	$\bar{X}_{.a}$
	$\bar{X}_{.1}$	$\bar{X}_{.2}$...	$\bar{X}_{.b}$	

Figura 1.- Bloque de tratamientos

FUENTE: Autora

$$\bar{X}_j = \frac{1}{b} \sum_{k=1}^b X_{jk} \qquad \bar{X}_{.k} = \frac{1}{a} \sum_{j=1}^a X_{jk} \qquad \bar{X} = \frac{1}{ab} \sum_{j,k} X_{jk} \qquad (24)$$

Donde:

j: tratamiento, j=1,2,3,...,a.

k: bloque, k=1,2,3,...,b.

$\bar{X}_{.k}$: media de las entradas del renglón.

\bar{X}_j : media de las entradas en las columnas.

\bar{X} : media de todos los datos.

2.3.5.2.2 VARIACIONES EN LOS EXPERIMENTOS CON DOS FACTORES

Al igual que en el análisis de varianza de un factor se debe definir la varianza total:

$$V = \sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X})^2 \qquad (25)$$

Desarrollando la identidad tenemos:

$$X_{jk} - \bar{X} = (X_{jk} - \bar{X}_j - \bar{X}_{.k} + \bar{X}) + (\bar{X}_j - \bar{X}) + (\bar{X}_{.k} - \bar{X}) \qquad (26)$$

Las expresiones se elevan al cuadrado lo que nos da:

$$V = VE + VR + VC \quad (27)$$

Donde

VE: variación debida al error.

VR: variación entre renglones.

VC: variación entre columnas.

Al resolver las ecuaciones se obtiene el error o variación residual.

$$VE = V - VR - VC \quad (28)$$

2.3.5.2.3 ANÁLISIS DE CON DOS FACTORES

En este análisis se quiere probar dos hipótesis:

H_0^1 : todas las medias de los tratamientos son iguales.

H_0^2 : todas las medias de los bloques son iguales.

Ya sea que la hipótesis nula sea o no verdadera, se realiza la siguiente estimación:

$$\widehat{S}_E^2 = \frac{VE}{(a-1)(b-1)} = \sigma^2 \quad (29)$$

El análisis se realizará según los siguientes teoremas:

Teorema 4: VE/σ^2 es una distribución ji cuadrada con $(a-1)(b-1)$ grados de libertad.

Teorema 5: si la hipótesis H_0^1 es verdadera, VR/σ^2 tiene una distribución Ji-cuadrada con $(a-1)$ grados de libertad. Si la hipótesis H_0^2 es verdadera, VC/σ^2 tiene una distribución Ji-cuadrada con $(b-1)$ grados de libertad y si las dos hipótesis son verdaderas, V/σ^2 tiene una distribución ji cuadrada con $(ab-1)$ grados de libertad.

2.3.5.2.4 TABLAS PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA CON DOS FACTORES

En cada tratamiento y en cada bloque debe existir una sola entrada, para estar seguro de que en los datos se puede aplicar la replicación, la cual consiste en repetir las pruebas las veces que sean necesarias, existirá más de una entrada. En caso de que las repeticiones no sean iguales se realizará una modificación.

Tabla 2. 3 Variaciones para el análisis de varianza de dos factores

Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos $VR = b \sum_j (\bar{X}_j - \bar{X})^2$	$a - 1$	$\widehat{S}_R^2 = \frac{VR}{a - 1}$	$\frac{\widehat{S}_R^2}{\widehat{S}_E^2}$ Con $(a - 1)$ y $(a-1)(b-1)$ grados de libertad.
Entre bloques $VC = a \sum_k (\bar{X}_k - \bar{X})^2$	$b - 1$	$\widehat{S}_C^2 = \frac{VC}{b - 1}$	$\frac{\widehat{S}_C^2}{\widehat{S}_E^2}$ Con $(b - 1)$ y $(a-1)(b-1)$ grados de libertad.
Variación residual $VE = V - VR - VC$	$(a - 1)(b - 1)$	$\widehat{S}_E^2 = \frac{VE}{(a - 1)(b - 1)}$	
Total $V = VR + VC + VE$ $= \sum_{j,k} (X_{jk} - \bar{X})^2$	$ab - 1$		

FUENTE: (MURRAY & STEPHEN, 2009)

El valor esperado de variación se puede presentar en una tabla con sus respectivos grados de libertad y planteando 3 hipótesis:

$H_0^{(1)}$: todas las medias de los tratamiento son iguales (renglones).

$H_0^{(2)}$: todas las medias de los bloques son iguales (columnas).

$H_0^{(3)}$: no hay interacción entre tratamientos y bloques.

Cuando no existe una mayor interacción entre los tratamientos y los bloques, se puede concluir que $H_o^{(1)}$ y $H_o^{(2)}$, se pueden calcular mediante los coeficientes de F y $H_o^{(3)}$ no puede ser rechazada.

Cuando las interacciones son grandes los factores tendrán también grandes diferencias y no es recomendable utilizarlos para calcular $H_o^{(1)}$ y $H_o^{(2)}$.

Tabla 2. 4 Modificaciones para el análisis de varianza de dos factores

Variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos VR	a - 1	$\widehat{S}_R^2 = \frac{VR}{a - 1}$	$\frac{\widehat{S}_R^2}{\widehat{S}_E^2}$ Con (a - 1) y ab(c - 1) grados de libertad.
Entre bloques VC	b - 1	$\widehat{S}_C^2 = \frac{VC}{b - 1}$	$\frac{\widehat{S}_C^2}{\widehat{S}_E^2}$ Con (b - 1) y ab(c - 1) grados de libertad.
Interacción VI	(a - 1)(b - 1)	$\widehat{S}_I^2 = \frac{VI}{(a - 1)(b - 1)}$	$\frac{\widehat{S}_I^2}{\widehat{S}_E^2}$ Con (a - 1)(b - 1) y ab(c - 1) grados de libertad.
Residual VE	ab(c - 1)	$\widehat{S}_E^2 = \frac{VE}{ab(c - 1)}$	
Total V	abc - 1		

FUENTE: (MURRAY & STEPHEN, 2009)

2.3.6 APLICACIÓN DEL PROGRAMA MICROSOFT EXCEL PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE UN FACTOR

Al utilizar el programa MICROSOFT EXCEL se puede obtener un resultado de varianza y determinar si este tiene significancia estadística, se utiliza la función de análisis de datos y se procede a seleccionar la opción de ANOVA de un factor y determinar el valor de p , el cual es un factor que muestra la probabilidad de que las medias de los tratamientos sean iguales y calcula un valor de F crítico con un nivel

de significancia (α) del 5% con un nivel de confianza del 95% y con un nivel de significancia del 1% con un nivel de confianza del 99%.

Los resultados de la prueba ANOVA con respecto a la hipótesis planteada y según los niveles de significancia, de acuerdo a Murray Spiegel (MURRAY & STEPHEN, 2009) son interpretados como:

- $\alpha = 5\%$. Existe 5% (0.05) de probabilidad de equivocarse y 95% (0.95) de confianza.
- $\alpha = 1\%$. Existe 1% (0.01) de probabilidad de equivocarse y 99% (0.99) de confianza.

2.3.6.1 VALOR DE p EN PRUEBAS DE HIPÓTESIS

De acuerdo a Murray Spiegel (MURRAY & STEPHEN, 2009), el valor p es la probabilidad de determinar una muestra estadística más extrema que la obtenida al suponer que la hipótesis nula es verdadera. Para determinar p se debe establecer un nivel de significancia. Se puede confirmar la hipótesis con las siguientes condiciones:

- Si el valor F es mayor que el valor de F .crítico se rechaza la hipótesis.
- Si el valor de p es mayor que el nivel de significancia, es decir mayor que 0.05 o 0.01 la hipótesis planteada se acepta.
- En caso de los percentiles:

Para determinar el valor del percentil 95 y 99 correspondiente a la distribución F se basa en los valores de grados de libertad en el numerador y denominador y en caso de que el valor del percentil 95 o 99 sea mayor que F se acepta la hipótesis planteada.

PERCENTIL 95

V1: Grados de libertad del numerador.

V2: Grados de libertad del denominador.

Tabla 2. 5 Valores del percentil 95 correspondientes a la distribución F

v2 / v1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	Inf
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	246	248	249	250	251	252	253	254
2	18,5	19,0	19,2	19,2	19,3	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
3	10,10	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,74	8,70	8,66	8,64	8,62	8,59	8,57	8,55	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91	5,86	5,80	5,77	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,68	4,62	4,56	4,53	4,50	4,46	4,43	4,40	4,37
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00	3,94	3,87	3,84	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,57	3,51	3,44	3,41	3,38	3,34	3,30	3,27	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,28	3,22	3,15	3,12	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,07	3,01	2,94	2,90	2,86	2,83	2,79	2,75	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,79	2,72	2,65	2,61	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,60	2,53	2,46	2,42	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,53	2,46	2,39	2,35	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,48	2,40	2,33	2,29	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,38	2,31	2,23	2,19	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34	2,27	2,19	2,15	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,31	2,23	2,16	2,11	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,28	2,20	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,25	2,18	2,10	2,05	2,01	1,96	1,92	1,87	1,81
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,23	2,15	2,07	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,78
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,20	2,13	2,05	2,01	1,96	1,91	1,86	1,81	1,76
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,18	2,11	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,79	1,73
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24	2,16	2,09	2,01	1,96	1,92	1,87	1,82	1,77	1,71
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,15	2,07	1,99	1,95	1,90	1,85	1,80	1,75	1,69
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	2,20	2,13	2,06	1,97	1,93	1,88	1,84	1,79	1,73	1,67
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,12	2,04	1,96	1,91	1,87	1,82	1,77	1,71	1,65
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	2,10	2,03	1,94	1,90	1,85	1,81	1,75	1,70	1,64
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,00	1,92	1,84	1,79	1,64	1,69	1,64	1,58	1,51
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,18	2,09	2,02	1,96	1,91	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
Inf	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,75	1,67	1,57	1,52	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

FUENTE: (MURRAY & STEPHEN, 2009)

PERCENTIL 99

Tabla 2. 6 Valores del percentil 99 correspondientes a la distribución F

v2 / v1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	Inf
1	4052	5000	5403	5625	5764	5859	5928	5981	6023	6056	6106	6157	6209	6235	6261	6287	6313	6339	6366
2	98,5	99,0	99,2	99,2	99,3	99,3	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5
3	34,1	30,8	29,5	28,7	28,2	27,9	27,7	27,5	27,3	27,2	27,1	26,9	26,7	26,6	26,5	26,4	26,3	26,2	26,1
4	21,2	18,0	16,7	16,0	15,5	15,2	15,0	14,8	14,7	14,5	14,4	14,2	14,0	13,9	13,8	13,7	13,7	13,6	13,5
5	16,3	13,3	12,1	11,4	11,0	10,7	10,5	10,3	10,2	10,1	9,89	9,72	9,55	9,47	9,38	9,29	9,20	9,11	9,02
6	13,7	10,9	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,1	7,98	7,87	7,72	7,56	7,4	7,31	7,23	7,14	7,06	6,97	6,88
7	12,2	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	6,99	6,84	6,72	6,62	6,47	6,31	6,16	6,07	5,99	5,91	5,82	5,74	5,65
8	11,3	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,18	6,03	5,91	5,81	5,67	5,52	5,36	5,28	5,2	5,12	5,03	4,95	4,86
9	10,6	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,61	5,47	5,35	5,26	5,11	4,96	4,81	4,73	4,65	4,57	4,48	4,40	4,31
10	10,0	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,20	5,06	4,94	4,85	4,71	4,56	4,41	4,33	4,25	4,17	4,08	4,00	3,91
11	9,65	7,21	6,22	5,67	5,32	5,07	4,89	4,74	4,63	4,54	4,40	4,25	4,10	4,02	3,94	3,86	3,78	3,69	3,60
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,64	4,50	4,39	4,30	4,16	4,01	3,86	3,78	3,70	3,62	3,54	3,45	3,36
13	9,07	6,7	5,74	5,21	4,86	4,62	4,44	4,30	4,19	4,10	3,96	3,82	3,66	3,59	3,51	3,43	3,34	3,25	3,17
14	8,86	6,51	5,56	5,04	4,70	4,46	4,28	4,14	4,03	3,94	3,80	3,66	3,51	3,43	3,35	3,27	3,18	3,09	3,00
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,14	4,00	3,89	3,80	3,67	3,52	3,37	3,29	3,21	3,13	3,05	2,96	2,87
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	4,03	3,89	3,78	3,69	3,55	3,41	3,26	3,18	3,10	3,02	2,93	2,84	2,75
17	8,40	6,11	5,19	4,67	4,34	4,10	3,93	3,79	3,68	3,59	3,46	3,31	3,16	3,08	3,00	2,92	2,83	2,75	2,65
18	8,29	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,84	3,71	3,60	3,51	3,37	3,23	3,08	3,00	2,92	2,84	2,75	2,66	2,57
19	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,77	3,63	3,52	3,43	3,3	3,15	3,00	2,92	2,84	2,76	2,67	2,58	2,49
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,7	3,56	3,46	3,37	3,23	3,09	2,94	2,86	2,78	2,69	2,61	2,52	2,42
21	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,64	3,51	3,40	3,31	3,17	3,03	2,88	2,80	2,72	2,64	2,55	2,46	2,36
22	7,95	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,59	3,45	3,35	3,26	3,12	2,98	2,83	2,75	2,67	2,58	2,50	2,40	2,31
23	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,54	3,41	3,30	3,21	3,07	2,93	2,78	2,7	2,62	2,54	2,45	2,35	2,26
24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,5	3,36	3,26	3,17	3,03	2,89	2,74	2,66	2,58	2,49	2,4	2,31	2,21
25	7,77	5,57	4,68	4,18	3,86	3,63	3,46	3,32	3,22	3,13	2,99	2,85	2,70	2,62	2,54	2,45	2,36	2,27	2,17
26	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,42	3,29	3,18	3,09	2,96	2,82	2,66	2,58	2,50	2,42	2,33	2,23	2,13
27	7,68	5,49	4,60	4,11	3,78	3,56	3,39	3,26	3,15	3,06	2,93	2,78	2,63	2,55	2,47	2,38	2,29	2,20	2,10
28	7,64	5,45	4,57	4,07	3,75	3,53	3,36	3,23	3,12	3,03	2,90	2,75	2,60	2,52	2,44	2,35	2,26	2,17	2,06
29	7,60	5,42	4,54	4,04	3,73	3,50	3,33	3,20	3,09	3,00	2,87	2,73	2,57	2,49	2,41	2,33	2,23	2,14	2,03
30	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	3,07	2,98	2,84	2,70	2,55	2,47	2,39	2,30	2,21	2,11	2,01
40	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	3,12	2,99	2,89	2,80	2,66	2,52	2,37	2,29	2,20	2,11	2,02	1,92	1,80
60	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,95	2,82	2,72	2,63	2,50	2,35	2,20	2,12	2,03	1,94	1,84	1,73	1,60
120	6,85	4,79	3,95	3,48	3,17	2,96	2,79	2,66	2,56	2,47	2,34	2,19	2,03	1,95	1,86	1,76	1,66	1,53	1,38
Inf	6,63	4,61	3,78	3,32	3,02	2,80	2,64	2,51	2,41	2,32	2,18	2,04	1,88	1,79	1,70	1,59	1,47	1,32	1,00

FUENTE: (MURRAY & STEPHEN, 2009)

2.4 PRUEBA JI CUADRADA

2.4.1 DEFINICIÓN

De acuerdo al libro de (MURRAY & STEPHEN, 2009), la prueba Ji-cuadrada es una medida de discrepancia entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas dada por:

$$x^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(O_j - e_j)^2}{e_j} \quad (30)$$

Donde

O_j: frecuencias observadas.

e_j: frecuencias esperadas.

En caso de:

- $x^2 = 0$, las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas cumplen perfectamente.
- $x^2 > 0$, las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas tienen una discrepancia.
- Cuando mayor sea x^2 , mayor será la discrepancia entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas.

La distribución muestral puede aproximarse con bastante exactitud a la distribución ji cuadrada.

$$Y = Y_0(X^2)^{1/2(V-2)} e^{-1/2X^2} \quad (31)$$

Los grados de libertad se denotan como v y se definen como la cantidad N de observaciones de la muestra menos la cantidad k la cual se refiere a la cantidad de parámetros.

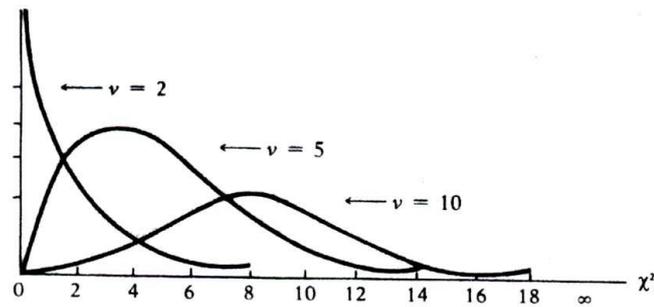


Figura 2.- Grados de libertad

FUENTE: Autora

Para el cálculo de los grados de libertad (gl) se toma el área bajo la curva de manera que está sea igual a 1 y se debe tener las siguientes condiciones

1. $v = k - 1$ si las frecuencias esperadas pueden calcularse sin estimar parámetros de población a partir de estadísticos muestrales.
2. $v = k - 1 - m$ si las frecuencias esperadas solo pueden calcularse estimando m parámetros poblacionales.

2.4.2 PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Las frecuencias esperadas se calculan de acuerdo con la hipótesis H_0 . Si bajo esta hipótesis el valor calculado de X^2 dado es mayor que un valor crítico, se deduce que las frecuencias observadas difieren significativamente de las esperadas y se rechaza H_0 al nivel de significación correspondiente. En caso contrario, no se rechazará.

En casos de que X^2 esté muy próxima a cero se debe tener una duda, puesto que es raro que las frecuencias observadas concuerden demasiado bien con las esperadas y se debe verificar los resultados con los valores críticos correspondiente a $1-\alpha$.

Para examinar tales situaciones, se puede determinar si el valor calculado de X^2 es menor que el X^2 crítico, se decide que la concordancia es buena. (MURRAY & STEPHEN, 2009)

2.4.3 CALCULO DE X^2

De acuerdo al libro de (PAGANO, 2011), primero se debe determinar la frecuencia esperadas y observadas en caso de que la hipótesis nula sea aleatoria, las frecuencias esperadas se denotan como f_e y las frecuencias observadas se denotan como f_o . Mientras más cerca este la frecuencia observada de la frecuencia esperada, más probabilidad existirá que H_0 sea verdadero.

Ji-cuadrado es una medida que determina que tan distintas son las frecuencias observadas de las frecuencias esperadas, una vez supuestos los valores de las frecuencias esperadas y obtenidas las frecuencias observadas se realizará una tabla y se sumará cada valor en la ecuación, en términos básicos Ji-cuadrado es una medida de discrepancia entre f_e y f_o .

La evaluación de la distribución muestral X^2 se basa en varias curvas que varían según el número de grados de libertad, los cuales se determinan por los puntajes f_o que estén libres. Mientras menores sean los grados de libertad la curva será sesgada positivamente.

Mientras mayor sea la diferencia entre las frecuencias esperadas y las frecuencias observadas mayor será el valor de X^2 . Por lo tanto, a mayor X^2 menos aceptable será la hipótesis nula y en caso de X^2 quede dentro del rango de región crítica entonces se rechazará la hipótesis nula. La regla establece que:

$$X_{obt}^2 \geq X_{crit}^2$$

Debe tenerse muy en cuenta de que al momento de calcular X^2 no importa si las frecuencias observadas son mayores o menores que las frecuencias esperadas.

2.4.4 VALORES CRÍTICOS

Se acepta o se rechaza la hipótesis en base al valor crítico que se observa en la siguiente tabla:

Tabla 2. 7 Valores críticos para la distribución Ji-Cuadrada

Grados de libertad	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
1	0,000157	0,000628	0,00393	0,0158	0,0642	0,148	0,445	1,074	1,642	2,706	3,841	5,412	6,635
2	0,0201	0,0404	0,103	0,211	0,446	0,713	1,386	2,408	3,219	4,605	5,991	7,824	9,210
3	0,115	0,185	0,352	0,584	1,005	1,424	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	9,837	11,341
4	0,297	0,429	0,711	1,064	1,649	2,195	3,357	4,878	5,989	7,779	9,488	11,668	13,277
5	0,554	0,752	1,145	1,610	2,343	3,00	4,351	6,064	7,289	9,236	11,070	13,388	15,086
6	0,872	1,134	1,635	2,204	3,070	3,828	5,348	7,231	8,558	10,645	12,592	15,033	16,812
7	1,239	1,564	2,167	2,833	3,822	4,671	6,346	8,383	9,803	12,017	14,067	16,622	18,475
8	1,646	2,032	2,733	3,490	4,594	5,527	7,344	9,524	11,030	13,362	15,507	18,168	20,090
9	2,088	2,532	3,325	4,168	5,380	6,393	8,343	10,656	12,242	14,684	16,919	19,679	21,666
10	2,558	3,059	3,940	4,865	6,179	7,267	9,342	11,781	13,442	15,987	18,307	21,161	23,209
11	3,053	3,609	4,575	5,578	6,989	8,148	10,341	12,899	14,631	17,275	19,675	22,618	24,725
12	3,571	4,178	5,226	6,304	7,807	9,034	11,340	14,011	15,812	18,549	21,026	24,054	26,217
13	4,107	4,765	5,892	7,042	8,634	9,926	12,340	15,119	16,985	19,812	22,362	25,472	27,688
14	4,660	5,368	6,571	7,790	9,467	10,821	13,339	16,222	18,151	21,064	23,685	26,873	29,141
15	5,229	5,985	7,261	8,547	10,307	11,721	14,339	17,322	19,311	22,307	24,996	28,259	30,578
16	5,812	6,614	7,962	9,312	11,152	12,624	15,338	18,418	20,465	23,542	26,296	29,633	32,000
17	6,408	7,255	8,672	10,085	12,002	13,531	16,338	19,511	21,615	24,769	27,587	30,995	33,409
18	7,015	7,906	9,390	10,865	12,857	14,440	17,338	20,601	22,76	25,989	28,869	32,346	34,805
19	7,633	8,567	10,117	11,651	13,716	15,352	18,338	21,689	23,900	27,204	30,144	33,687	36,191
20	8,260	9,237	10,851	12,443	14,578	16,266	19,337	22,775	25,038	28,412	31,410	35,020	37,566
21	8,897	9,915	11,591	13,24	15,445	17,182	20,337	23,858	26,171	29,615	32,671	36,343	38,932
22	9,542	10,600	12,338	14,041	16,314	18,101	21,337	24,939	27,301	30,813	33,924	37,659	40,289
23	10,196	11,293	13,091	14,848	17,187	19,021	22,337	26,018	28,429	32,007	35,172	38,968	41,638
24	10,856	11,992	13,848	15,659	18,062	19,943	23,337	27,096	29,553	33,196	36,415	40,270	42,980
25	11,524	12,697	14,611	16,473	18,940	20,867	24,337	28,172	30,675	34,382	37,652	41,566	44,314
26	12,198	13,409	15,379	17,292	19,820	21,792	25,336	29,246	31,795	35,563	38,885	42,856	45,642
27	12,879	14,125	16,151	18,114	20,703	22,719	26,336	30,319	32,912	36,741	40,113	44,140	46,963
28	13,565	14,847	16,928	18,939	21,588	23,647	27,336	31,391	34,027	37,916	41,337	45,419	48,278
29	14,256	15,574	17,708	19,768	22,475	24,577	28,336	32,461	35,139	39,087	42,557	46,693	49,588
30	14,953	16,306	18,493	20,599	23,364	25,508	29,336	33,530	36,250	40,256	43,773	47,962	50,892

FUENTE: (PAGANO, 2011)

2.4.5 VALORES DE COLA

Para verificar el resultado Ji-cuadrado se realizará una prueba de cola que consiste en determinar un valor, dependiendo de la desviación estándar de la mayor media y compararlo con los valores críticos de z, en caso de que el valor quede dentro del rango la hipótesis planteada se acepta.

Tabla 2. 8 Valores de cola

NIVEL DE SIGNIFICANCIA	0,10	0,05	0,01	0,005	0,002
Valores críticos de z para pruebas de cola	-1,28 o 1,28	-1,645 o 1,645	-2,33 o 2,33	-2,58 o 2,58	-2,88 o 2,88

FUENTE: (PAGANO, 2011)

2.5 CORRELACIONES

2.5.1 DEFINICIÓN

Correlación, de acuerdo al libro de Murray Spiegel (MURRAY & STEPHEN, 2009), se define como el grado de relación entre las variables, donde se busca determinar una ecuación que explique el fenómeno, en caso de que los valores coincidan exactamente con una ecuación se dice que es una correlación perfecta.

2.5.2 RELACIÓN ENTRE VARIABLES

Se llama correlación simple cuando interviene dos variables y cuando interviene más de dos variables se llama correlación múltiple.

Para hallar una ecuación que satisfaga los valores encontrados en las pruebas de tratabilidad es necesario obtener un diagrama de dispersión para visualizar una curva que se aproxime a los datos. (MURRAY & STEPHEN, 2009)

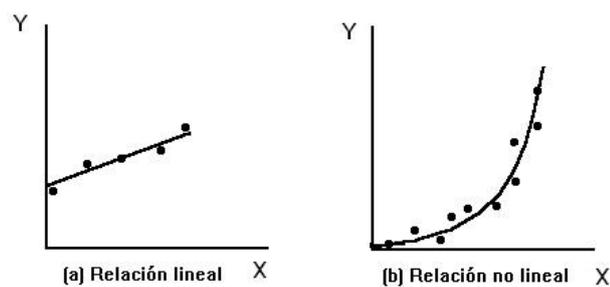


Figura 3.- Grados de libertad

FUENTE: Autora

2.5.3 ECUACIONES DE CURVAS DE APROXIMACIÓN

Se presenta casos de tipos más comunes de curvas donde X es la variable independiente y Y es la variable dependiente.

- Línea recta $Y = a_0 + a_1X$
- Parábola o curva cuadrática $Y = a_0 + a_1X + a_2X^2$
- Curva cúbica $Y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3$
- Curva cuadrática $Y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3 + a_4X^4$
- Curva de grado n $Y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + \dots + a_nX^n$

Las expresiones del lado derecho se las conoce como polinomios de primer, segundo, tercer y n-ésimo grados, y las primeras funciones se las conoce como funciones lineales, cúbicas y cuadráticas. (MURRAY & STEPHEN, 2009)

- Hipérbola $\frac{1}{Y} = a_0 + a_1X$
- Curva exponencial $Y = ab^X$
- Curva geométrica $Y = aX^b$

2.5.4 MODELOS DE DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN

En caso de que Y tienda a aumentar a medida que X aumenta, se dice que es una correlación positiva o directa y si Y tiende a disminuir a medida que X aumenta, se la conoce como correlación negativa o inversa. (MURRAY & STEPHEN, 2009)

2.5.5 COEFICIENTE DE CORRELACIÓN R

El coeficiente de correlación es una medida del grado en el cual los puntajes ocupan la misma posición dentro de sus propias distribuciones, pudiendo correlacionar todo tipo de variables.

Las correlaciones deben ser independientes de unidades en ambas variables y para solucionar los problemas se debe convertir los valores en una escala z, es decir, las mismas escalas en ambas variables. (PAGANO, 2011)

2.5.6 RELACIÓN R^2

Se la define como proporción de variabilidad total de Y que es explicada por X y se conoce como coeficiente de determinación, es decir, el valor de R^2 representa el porcentaje del cambio en Y. (PAGANO, 2011)

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE DATOS

3.1 Demanda biológica de oxígeno (DBO5)

3.1.1 Datos del inicio y final de DBO en un período de 5 días.

TABLA 3. 1 Datos generales de DBO5

	Unid	Afluente	Sin Plantas	Con Totora	Con Carrizo
TRH 1D	mg/lt	87,00	27,00	28,00	20,00
		145,00	34,00	35,00	31,00
		153,00	54,00	59,00	47,00
TRH 2D		124,00	22,00	24,00	22,00
		104,00	18,00	17,00	18,00
		140,00	20,00	20,00	24,00
TRH 3D		91,00	13,00	11,00	11,00
		116,00	13,00	10,00	11,00
		86,00	11,00	9,00	10,00
TRH 4D		110,00	11,00	7,00	9,00
		104,00	11,00	8,00	10,00
		115,00	11,00	7,00	9,00
TRH 5D	185,00	11,00	7,00	12,00	
	145,00	9,00	7,00	9,00	
	214,00	15,00	14,00	15,00	
TRH 5D TERCIOS	350,00		7,00		
	350,00			10,00	
	320,00	11,00			

Fuente: ETAPA

3.1.2 Análisis estadístico de la cantidad de oxígeno al inicio y al final de un período de 5 días sin plantas

3.1.2.1 Determinación de valores principales.

3.1.2.1.1 Cantidad de oxígeno al inicio y final de un período de 5 días sin plantas y la relación entre los mismos.

Se determina que el factor a evaluar será C_s/ C_o , la cual se refiere a la cantidad al inicio y final de cada tratamiento.

NOTA: Los procedimientos se detallan en los ANEXOS que se mencionan en cada ítem.

TABLA 3. 2 Cantidad de oxígeno al inicio y final de 5 días sin plantas y la relación entre Cs/Co

	Afluente	Sin Planta	Cs/Co
TRH 1D	87,00	27,00	0,31
	145,00	34,00	0,23
	153,00	54,00	0,35
TRH 2D	124,00	22,00	0,18
	104,00	18,00	0,17
	140,00	20,00	0,14
TRH 3D	91,00	13,00	0,14
	116,00	13,00	0,11
	86,00	11,00	0,13
TRH 4D	110,00	11,00	0,10
	104,00	11,00	0,11
	115,00	11,00	0,10
TRH 5D	185,00	11,00	0,06
	145,00	9,00	0,06
	214,00	15,00	0,07
	320,00	11,00	0,03

FUENTE: Autora

3.1.2.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

$$\overline{X}_{TRHX} = \frac{X1_{TRH1} + X2_{TRH1} + X3_{TRH1} + \dots + XN_{TRH1}}{\# \text{ Datos en cada renglón}}$$

TRH	Cs/Co
$\overline{X}_{TRH} 1$	0,299
$\overline{X}_{TRH} 2$	0,164
$\overline{X}_{TRH} 3$	0,128
$\overline{X}_{TRH} 4$	0,100
$\overline{X}_{TRH} 5$	0,056

3.1.2.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.1.2.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co			
1	0,310	0,234	0,353	
2	0,177	0,173	0,143	
3	0,143	0,112	0,128	
4	0,100	0,106	0,096	
5	0,059	0,062	0,070	0,034

La tabla contiene: a: 5 renglones y N: 16 datos.

3.1.2.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = \frac{X1 + X2 + X3 + \dots + XN}{\# \text{ Datos}}$$

$$\bar{X} = 0,143$$

3.1.2.2.3 Cálculo de variaciones.

3.1.2.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.1)

$$Vb = \# \text{ Datos de cada renglón} * (\overline{X_{TRH1}} - \bar{X})^2 + * (\overline{X_{TRH2}} - \bar{X})^2 + \dots (\overline{X_{TRHN}} - \bar{X})^2$$

$$Vb = 0,111$$

3.1.2.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.2)

$$Vw = (X1,2, N_{TRH1} - \overline{X_{TRH1}})^2 + (X1,2, N_{TRH2} - \overline{X_{TRH2}})^2 + \dots (XN_{TRHN} - \overline{X_{TRHN}})^2$$

$$Vw = 0,009$$

3.1.2.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.3)

$$V = (X1 - \bar{X})^2 + (X2 - \bar{X})^2 + (X3 - \bar{X})^2 \dots (XN - \bar{X})^2$$

$$V = 0,119$$

3.1.2.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.1.2.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 3 Análisis ANOVA con prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,898	0,299	3,60E-03
Columna 2	3	0,493	0,164	3,54E-04
Columna 3	3	0,383	0,128	2,37E-04
Columna 4	3	0,301	0,100	2,58E-05
Columna 5	4	0,226	0,056	2,38E-04

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,1107	4	0,0276	33,27	0,000004	3,36
Dentro de grupos	0,0091	11	0,0008			
Total	0,1198	15				

FUENTE: Autora

3.1.2.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de Percentiles.

TABLA 3. 4 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,36

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,000004 < Prueba de significancia de 0,05.
- $F = 33,27 > \text{Valor crítico para } F = 3,36$.
- Percentil 95 = 3,36 < $F = 33,27$.

3.1.2.2.4.3 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 5 Análisis ANOVA con prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,898	0,299	3,60E-03
Columna 2	3	0,493	0,164	3,54E-04
Columna 3	3	0,383	0,128	2,37E-04
Columna 4	3	0,301	0,100	2,58E-05
Columna 5	4	0,226	0,056	2,38E-04

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,1107	4	0,0277	33,27	0,000004	5,67
Dentro de grupos	0,0091	11	0,0008			
Total	0,1198	15				

FUENTE: Autora

3.1.2.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de Percentiles.

TABLA 3. 6 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,67

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,000004 < Prueba de significancia de 0,01.
- $F = 33,27 > \text{Valor crítico para } F = 5,67$.
- Percentil 99 = 5,67 < $F = 33,27$.

La hipótesis se rechaza a nivel de 5% y 1%, dado que el menor nivel de significancia es 0,000004 y se deduce que los resultados no son significativos.

3.1.2.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.1.2.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 7 Análisis Ji Cuadrado de datos

TRH	fo	Factor	fe	X^2
	Cs/Co			
1	0,299	0,20	0,150	0,149
2	0,164		0,150	0,001
3	0,128		0,150	0,003
4	0,100		0,150	0,016
5	0,056		0,150	0,058
	0,748		x^2 Obtenido	0,228

FUENTE: Autora

3.1.2.3.2 Cálculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a fo y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

$$S = \sqrt{\frac{(x - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

$$Us = \frac{fo - fe}{S}$$

S	fo	Fe	Us
0,049	0,30	0,15	3,05

Análisis de datos: puesto que los datos son menores a cero al análisis Ji-cuadrado se realizará con los valores de la tabla 2.7 y la prueba de cola con los valores la tabla 2.8 a nivel de 0,01 y 0,05.

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,228 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se acepta ya que $0,228 < 0,295$.
- La prueba de cola se rechaza porque 3,05 se ubica fuera de 1,645.
- La prueba de cola se rechaza porque 3,05 se ubica fuera de 2,33.

La hipótesis se rechaza, es decir, los resultados no son significativos.

3.1.2.4 Análisis de modelo exponencial.

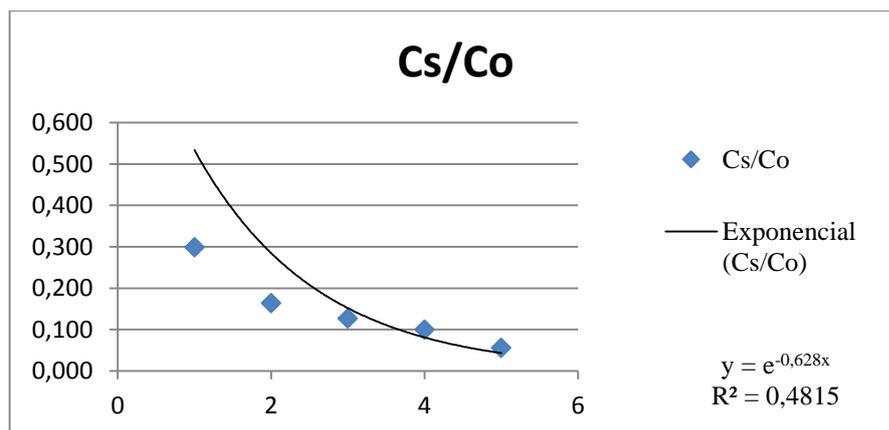


Figura 4.- Modelo de comportamiento de DBO sin plantas

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,4815 lo que significa que el 48,15% de variabilidad en la relación Cs/Co puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo no es significativo.

3.1.3 Análisis estadístico de la cantidad de oxígeno al inicio y final de un período de 5 días con totora

3.1.2.1 Determinación de valores principales.

3.1.2.1.1 Cantidad de oxígeno al inicio y final del período de 5 días con totora y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 8 Cantidad de oxígeno al inicio y final de 5 días con totora y la relación entre Cs/Co

	Afluyente	Con Totora	Cs/Co
TRH 1D	241,00	75,00	0,32
	357,00	121,00	0,24
	357,00	121,00	0,39
TRH 2D	325,00	50,00	0,19
	321,00	67,00	0,16
	353,00	80,00	0,14
TRH 3D	188,00	24,00	0,12
	221,00	32,00	0,09
	261,00	48,00	0,10
TRH 4D	258,00	49,00	0,06
	258,00	36,00	0,08
	377,00	36,00	0,06
TRH 5D	374,00	36,00	0,04
	402,00	68,00	0,05
	421,00	31,00	0,07
	797,00	84,00	0,02

FUENTE: Autora

3.1.2.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

TRH	Cs/Co
$\overline{X}_{TRH} 1$	0,316
$\overline{X}_{TRH} 2$	0,167
$\overline{X}_{TRH} 3$	0,104
$\overline{X}_{TRH} 4$	0,067
$\overline{X}_{TRH} 5$	0,043

3.1.2.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.1.2.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co			
1	0,322	0,241	0,386	
2	0,194	0,163	0,143	
3	0,121	0,086	0,105	
4	0,064	0,077	0,061	
5	0,038	0,048	0,065	0,020

3.1.2.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0,133$$

3.1.2.2.3 Cálculo de variaciones.

3.1.2.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.4)

$$Vb = 0,152$$

3.1.2.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.5)

$$Vw = 0,013$$

3.1.2.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.6)

$$V = 0,165$$

3.1.2.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.1.2.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 9 Análisis ANOVA con prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,949	0,316	5,22E-03
Columna 2	3	0,500	0,167	6,50E-04
Columna 3	3	0,312	0,104	3,01E-04
Columna 4	3	0,201	0,067	7,37E-05
Columna 5	4	0,172	0,043	3,62E-04

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,1522	4	0,0380	30,81	0,000006	3,36
Dentro de grupos	0,0136	11	0,0012			
Total	0,1658	15				

FUENTE: Autora

3.1.2.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 10 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,36

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,000006 < Prueba de significancia de 0,05.
- $F = 30,81 > \text{Valor crítico para } F = 3,36$.
- Percentil 95 = 3,36 < $F = 30,81$.

3.1.2.2.4.3 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 11 Análisis ANOVA con prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,949	0,316	5,22E-03
Columna 2	3	0,500	0,167	6,50E-04
Columna 3	3	0,312	0,104	3,01E-04
Columna 4	3	0,201	0,067	7,37E-05
Columna 5	4	0,172	0,043	3,62E-04

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,1522	4	0,0380	30,81	0,00001	5,67
Dentro de grupos	0,0136	11	0,0012			
Total	0,1658	15				

FUENTE: Autora

3.1.2.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 12 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,67

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,00001 < Prueba de significancia de 0,01.
- $F = 30,81 > \text{Valor crítico para } F = 5,67$.
- Percentil 99 = 5,67 < $F = 30,81$.

La hipótesis se rechaza a nivel de 5% y 1%, dado que el menor nivel de significancia es 0,00001 y se deduce que los resultados no son significativos.

3.1.2.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.1.2.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 13 Análisis Ji Cuadrado de datos

TRH	fo	factor	fe	χ^2
	Cs/Co			
1	0,316	0,20	0,139	0,224
2	0,167		0,139	0,005
3	0,104		0,139	0,009
4	0,067		0,139	0,037
5	0,043		0,139	0,066
	0,697		x ² Obtenido	0,343

FUENTE: Autora

3.1.2.3.2 Cálculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a f_0 y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

S	f_0	f_e	U_s
0,059	0,32	0,14	3,00

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,3431 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se rechaza ya que $0,3431 > 0,295$.
- La prueba de cola se rechaza porque 3,00 se ubica fuera de 1,645.
- La prueba de cola se rechaza porque 3,00 se ubica fuera de 2,33.

La hipótesis se rechaza, es decir, los resultados no son significativos.

3.1.3.3 Análisis de modelo exponencial.

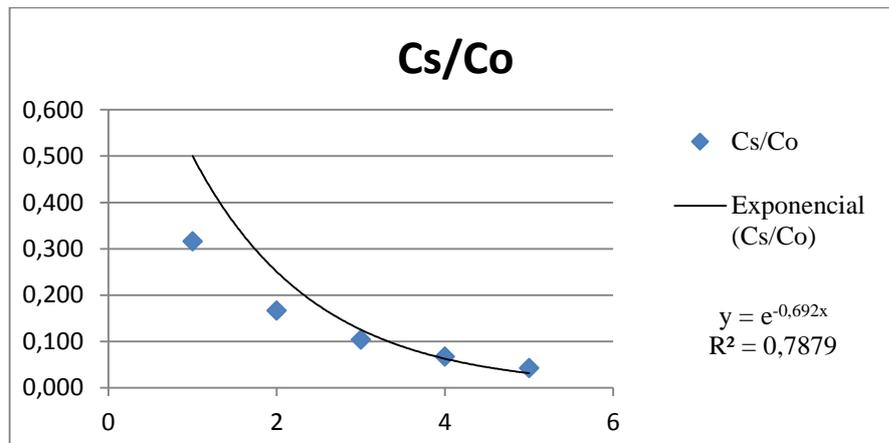


Figura 5.- Modelo de comportamiento de DBO con totora

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,7879 lo que significa que el 78,79% de variabilidad en la relación C_s/C_o puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo es significativo.

3.1.3 Análisis estadístico de la cantidad de oxígeno al inicio y al final de un período de 5 días con carrizo

3.1.3.1 Determinación de valores principales.

3.1.3.1.1 Cantidad de oxígeno al inicio y al final de un período de 5 días con carrizo y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 14 Cantidad de oxígeno al inicio y final de 5 días con carrizo y la relación entre Cs/Co

	Afluente	Con Carrizo	Cs/Co
TRH 1D	87,00	20,00	0,23
	145,00	31,00	0,21
	153,00	47,00	0,31
TRH 2D	124,00	22,00	0,18
	104,00	18,00	0,17
	140,00	24,00	0,17
TRH 3D	91,00	11,00	0,12
	116,00	11,00	0,09
	86,00	10,00	0,12
TRH 4D	110,00	9,00	0,08
	104,00	10,00	0,10
	115,00	9,00	0,08
TRH 5D	185,00	12,00	0,06
	145,00	9,00	0,06
	214,00	15,00	0,07
	350,00	10,00	0,03

FUENTE: Autora

3.1.3.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

TRH	Cs/Co
$\overline{X}_{TRH} 1$	0,250
$\overline{X}_{TRH} 2$	0,174
$\overline{X}_{TRH} 3$	0,111
$\overline{X}_{TRH} 4$	0,085
$\overline{X}_{TRH} 5$	0,056

3.1.3.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.1.3.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co			
1	0,230	0,214	0,307	
2	0,177	0,173	0,171	
3	0,121	0,095	0,116	
4	0,082	0,096	0,078	
5	0,065	0,062	0,070	0,029

3.1.3.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0,130$$

3.1.3.2.3 Cálculo de variaciones.

3.1.3.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.7)

$$Vb = 0,078$$

3.1.3.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.8)

$$Vw = 0,007$$

3.1.3.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.9)

$$V = 0,084$$

3.1.3.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.1.3.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 15 Análisis ANOVA con prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,751	0,250	2,49E-03
Columna 2	3	0,522	0,174	9,58E-06
Columna 3	3	0,332	0,111	1,93E-04
Columna 4	3	0,256	0,085	8,97E-05
Columna 5	4	0,226	0,056	3,55E-04

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0780	4	0,0195	32,30	0,00001	3,36
Dentro los grupos	0,0066	11	0,0006			
Total	0,0846	15				

FUENTE: Autora

3.1.3.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 16 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,36

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,00001 < Prueba de significancia de 0,05.
- $F = 32,30 > \text{Valor crítico para } F = 3,36$.
- Percentil 95 = 3,36 < $F = 32,30$.

3.1.3.2.4.3 Resultados de análisis ANOVA con prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 17 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,751	0,250	2,49E-03
Columna 2	3	0,522	0,174	9,58E-06
Columna 3	3	0,332	0,111	1,93E-04
Columna 4	3	0,256	0,085	8,97E-05
Columna 5	4	0,226	0,056	3,55E-04

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0780	4	0,0195	32,30	0,00001	5,67
Dentro de grupos	0,0066	11	0,0006			
Total	0,0846	15				

FUENTE: Autora

3.1.3.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 18 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,67

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,00001 < Prueba de significancia de 0,01.
- $F = 32,30 > \text{Valor crítico para } F = 5,67$.
- Percentil 99 = 5,67 > $F = 32,30$.

La hipótesis se rechaza a nivel de 5% y 1%, dado que el menor nivel de significancia es 0,00001 y se deduce que los resultados no son significativos.

3.1.3.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.1.3.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 19 Análisis Ji Cuadrado de datos

TRH	fo	factor	fe	X^2
	Cs/Co			
1	0,250	0,20	0,135	0,097
2	0,174		0,135	0,011
3	0,111		0,135	0,004
4	0,085		0,135	0,018
5	0,056		0,135	0,046
	0,677		x^2 Obtenido	0,177

FUENTE: Autora

3.1.3.3.2 Cálculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a f_0 y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

S	f_0	f_e	Us
0,041	0,25	0,14	2,82

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,177 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se acepta ya que $0,177 < 0,295$.
- La prueba de cola se rechaza porque 2,88 se ubica fuera de 1,645.
- La prueba de cola se rechaza porque 2,88 se ubica fuera de 2,33.

La hipótesis se rechaza, es decir, los resultados no son significativos.

3.1.3.4 Análisis de modelo exponencial.

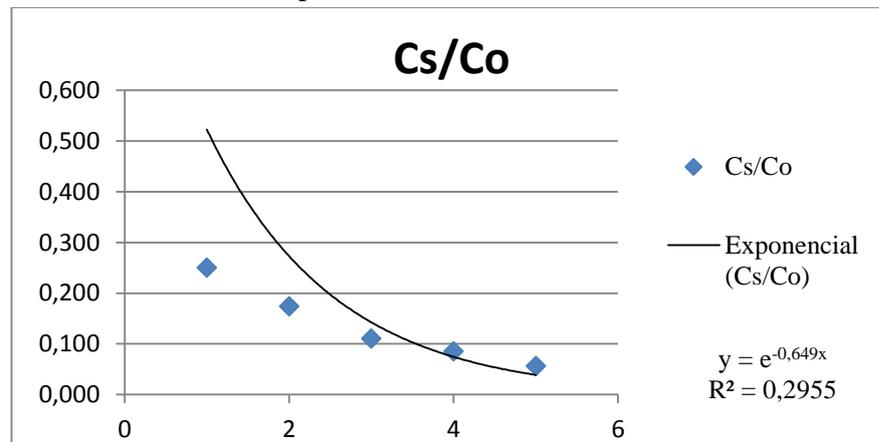


Figura 6.- Modelo de comportamiento de DBO con carrizo

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,2955 lo que significa que el 29,55% de variabilidad en la relación C_s/C_o puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo no es significativo.

3.2 Demanda química de oxígeno (DQO)

3.2.1 Datos iniciales y finales de DQO.

TABLA 3. 20 Datos generales de DQO

	Unid	Afluyente	Sin Plantas	Con Totora	Con Carrizo
TRH 1D	mg/lt	241,00	85,00	75,00	87,00
		357,00	85,00	121,00	131,00
		357,00	85,00	121,00	131,00
TRH 2D		325,00	48,00	50,00	44,00
		321,00	69,00	67,00	62,00
		353,00	156,00	80,00	74,00
TRH 3D		188,00	92,00	24,00	38,00
		221,00	57,00	32,00	45,00
		261,00	86,00	48,00	39,00
TRH 4D		258,00	74,00	49,00	152,00
		258,00	42,00	36,00	74,00
		377,00	56,00	36,00	32,00
TRH 5D	374,00	66,00	36,00	41,00	
	402,00	40,00	68,00	44,00	
	421,00	83,00	31,00	89,00	
TRH 5D TERCIOS	797,00		84,00		
	430,00			157,00	
	599,00	214,00			

Fuente: ETAPA

3.2.2 Análisis estadístico de datos iniciales y finales de DQO sin plantas

3.2.2.1 Determinación de valores principales.

3.2.2.1.1 Datos de DQO al inicio y al final del ensayo sin plantas y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 21 Datos iniciales y finales de DQO sin plantas y la relación entre Cs/Co

	Afluyente	Sin Planta	Cs/Co
TRH 1D	241,00	85,00	0,353
	357,00	85,00	0,238
	357,00	85,00	0,238
TRH 2D	325,00	48,00	0,148
	321,00	69,00	0,215
	353,00	156,00	0,442
TRH 3D	188,00	92,00	0,489
	221,00	57,00	0,258

	261,00	86,00	0,330
TRH 4D	258,00	74,00	0,287
	258,00	42,00	0,163
	377,00	56,00	0,149
TRH 5D	374,00	66,00	0,1765
	402,00	40,00	0,100
	421,00	83,00	0,197
	599,00	214,00	0,357

FUENTE: Autora

3.1.2.2.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

TRH	Cs/Co
$\bar{X}_{TRH} 1$	0,276
$\bar{X}_{TRH} 2$	0,268
$\bar{X}_{TRH} 3$	0,359
$\bar{X}_{TRH} 4$	0,199
$\bar{X}_{TRH} 5$	0,208

3.2.2.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.2.2.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co			
1	0,353	0,238	0,238	
2	0,148	0,215	0,442	
3	0,489	0,258	0,330	
4	0,287	0,163	0,149	
5	0,176	0,100	0,197	0,357

3.2.2.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0,258$$

3.2.2.2.3 Cálculo de variaciones.

3.2.2.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.10)

$$Vb = 0,052$$

3.2.2.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.11)

$$Vw = 0,131$$

3.2.2.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.12)

$$V = 0,183$$

3.2.2.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.2.2.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 22 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,829	0,276	4,38E-03
Columna 2	3	0,805	0,268	2,38E-02
Columna 3	3	1,077	0,359	1,40E-02
Columna 4	3	0,598	0,199	5,78E-03
Columna 5	4	0,830	0,208	1,17E-02

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0523	4	0,0131	1,10	0,405	3,36
Dentro de grupos	0,1311	11	0,0119			
Total	0,1834	15				

FUENTE: Autora

3.2.2.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de Percentiles.

TABLA 3. 23 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,36

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0,405 > Prueba de significancia de 0,05.
- $F = 1,10 < \text{Valor crítico para } F = 3,36$.
- Percentil 95 = 3,36 > $F = 1,10$

3.2.2.2.4.3 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 24 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,829	0,276	4,38E-03
Columna 2	3	0,805	0,268	2,38E-02
Columna 3	3	1,077	0,359	1,40E-02
Columna 4	3	0,598	0,199	5,78E-03
Columna 5	4	0,830	0,208	1,17E-02

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0523	4	0,0131	1,10	0,405	5,67
Dentro de grupos	0,1311	11	0,0119			
Total	0,1834	15				

FUENTE: Autora

3.2.2.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de Percentiles.

TABLA 3. 25 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,67

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0,405 > Prueba de significancia de 0,01.
- $F = 1,10 < \text{Valor crítico para } F = 5,67$.
- Percentil 99 = 5,67 > $F = 1,10$.

La hipótesis se acepta a nivel de 1% y 5%, en este caso se toma el resultado más desfavorable del análisis de varianza, es decir, a nivel de 5% por lo tanto los resultados son probablemente significativos.

3.2.2.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.2.2.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 26 Análisis Ji Cuadrado de datos

	fo	Factor	fe	X ²
TRH	Cs/Co			
1	0,276	0,20	0,262	0,0008
2	0,268		0,262	0,0001
3	0,359		0,262	0,035
4	0,199		0,262	0,015
5	0,208		0,262	0,011
	1,310		x ² Obtenido	0,063

FUENTE: Autora

3.2.2.3.2 Cálculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a fo y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

S	fo	fe	Us
0,054	0,28	0,26	0,26

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,063 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se acepta ya que $0,063 < 0,295$.
- La prueba de cola se acepta porque 0,26 se ubica dentro de 1,645.
- La prueba de cola se acepta porque 0,26 se ubica dentro de 2,33.

La hipótesis se acepta, es decir, los resultados son significativos.

3.2.2.4 Análisis de modelo exponencial.

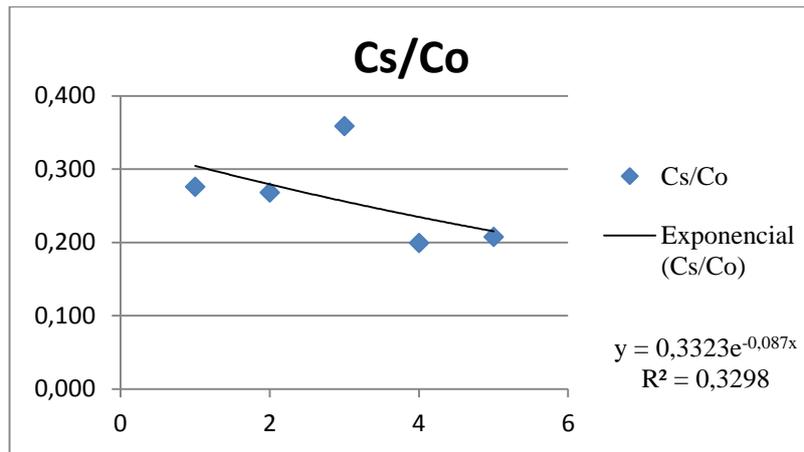


Figura 7.- Modelo de comportamiento de DQO sin plantas

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,3298 lo que significa que el 32,98% de variabilidad en la relación C_s/C_o puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo no es significativo.

3.2.3 Análisis estadístico de datos iniciales y finales de DQO con totora

3.2.3.1 Determinación de valores principales.

3.2.3.1.1 Datos de DQO al inicio y al final del ensayo con totora y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 27 Datos iniciales y finales de DQO con totora y la relación entre C_s/C_o

	Afluente	Con Totora	C_s/C_o
TRH 1D	241,00	75,00	0,311
	357,00	121,00	0,339
	357,00	121,00	0,339
TRH 2D	325,00	50,00	0,154
	321,00	67,00	0,209
	353,00	80,00	0,227
TRH 3D	188,00	24,00	0,128
	221,00	32,00	0,145
	261,00	48,00	0,184
TRH 4D	258,00	49,00	0,190
	258,00	36,00	0,140
	377,00	36,00	0,095

TRH 5D	374,00	36,00	0,096
	402,00	68,00	0,169
	421,00	31,00	0,074
	797,00	84,00	0,105

FUENTE: Autora

3.2.3.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

TRH	Cs/Co
$\bar{X}_{TRH} 1$	0,330
$\bar{X}_{TRH} 2$	0,196
$\bar{X}_{TRH} 3$	0,152
$\bar{X}_{TRH} 4$	0,142
$\bar{X}_{TRH} 5$	0,111

3.2.3.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.2.3.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co			
1	0,311	0,339	0,339	
2	0,154	0,209	0,227	
3	0,128	0,145	0,184	
4	0,190	0,140	0,095	
5	0,096	0,169	0,074	0,105

3.2.3.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0,181$$

3.2.3.2.3 Cálculo de variaciones.

3.2.3.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.13)

$$Vb = 0,093$$

3.2.3.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.14)

$$Vw = 0,026$$

3.2.3.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.15)

$$V = 0,108$$

3.2.3.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.2.3.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 28 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,989	0,330	2,56E-04
Columna 2	3	0,589	0,196	1,44E-03
Columna 3	3	0,456	0,152	8,31E-04
Columna 4	3	0,425	0,142	2,23E-03
Columna 5	4	0,444	0,111	1,68E-03

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0937	4	0,0234	17,72	0,0001	3,36
Dentro de grupos	0,0145	11	0,0013			
Total	0,1083	15				

FUENTE: Autora

3.2.3.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 29 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,36

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,0001 < Prueba de significancia de 0,05.
- $F = 17,72 > \text{Valor crítico para } F = 3,36$.
- Percentil 95 = 3,36 < $F = 17,72$.

3.2.3.2.4.3 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 30 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,989	0,330	2,56E-04
Columna 2	3	0,589	0,196	1,44E-03
Columna 3	3	0,456	0,152	8,31E-04
Columna 4	3	0,425	0,142	2,23E-03
Columna 5	4	0,444	0,111	1,68E-03

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0937	4	0,0234	17,72	0,0001	5,67
Dentro de grupos	0,0145	11	0,0013			
Total	0,1083	15				

FUENTE: Autora

3.2.3.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles. 323244

TABLA 3. 31 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,67

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,0001 < Prueba de significancia de 0,01.
- $F = 17,72 > \text{Valor crítico para } F = 5,67$.
- Percentil 99 = 5,67 < $F = 17,72$.

La hipótesis se rechaza a nivel de 5% y 1%, dado que el menor nivel de significancia es 0,0001 y se deduce que los resultados no son significativos.

3.2.3.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.2.3.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 32 Análisis Ji Cuadrado de datos

	fo	factor	fe	X ²
TRH	Cs/Co			
1	0,330	0,20	0,1861	0,110
2	0,196		0,1861	0,000
3	0,152		0,1861	0,006
4	0,142		0,1861	0,010
5	0,111		0,1861	0,030
	0,931		x ² Obtenido	0,158

FUENTE: Autora

3.2.3.3.2 Cálculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a fo y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

S	fo	fe	Us
0,013	0,33	0,19	10,98

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,158 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se acepta ya que $0,158 < 0,295$.
- La prueba de cola se rechaza porque 10,98 se ubica fuera de 1,645.
- La prueba de cola se rechaza porque 10,98 se ubica fuera de 2,33.

La hipótesis se rechaza, es decir, los resultados no son significativos.

3.2.3.4 Análisis de modelo exponencial.

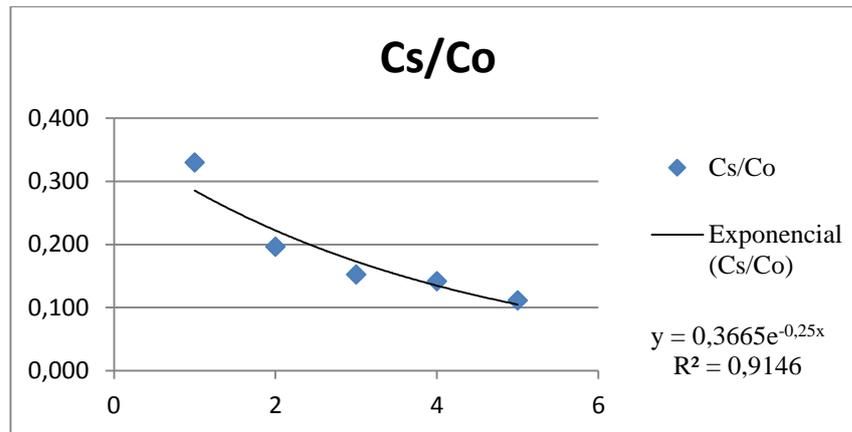


Figura 8.- Modelo de comportamiento de DQO con totora

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,9146 lo que significa que el 91,46% de variabilidad en la relación Cs/Co puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo es significativo.

3.2.4 Análisis estadístico de datos iniciales y finales de DQO con carrizo

3.2.4.1 Determinación de valores principales.

3.2.4.1.1 Datos de DQO al inicio y al final del ensayo con carrizo y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 33 Datos iniciales y finales de DQO con carrizo y la relación entre Cs/Co

	Afluente	Con Carrizo	Cs/Co
TRH 1D	241,00	87,00	0,361
	357,00	131,00	0,367
	357,00	131,00	0,367
TRH 2D	325,00	44,00	0,135
	321,00	62,00	0,193
	353,00	74,00	0,210
TRH 3D	188,00	38,00	0,202
	221,00	45,00	0,204
	261,00	39,00	0,149
TRH 4D	258,00	152,00	0,589
	258,00	74,00	0,287
	377,00	32,00	0,085

TRH 5D	374,00	41,00	0,110
	402,00	44,00	0,109
	421,00	89,00	0,211
	430,00	157,00	0,365

FUENTE: Autora

3.2.4.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

TRH	Cs/Co
$\bar{X}_{TRH} 1$	0,365
$\bar{X}_{TRH} 2$	0,179
$\bar{X}_{TRH} 3$	0,185
$\bar{X}_{TRH} 4$	0,320
$\bar{X}_{TRH} 5$	0,199

3.2.4.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.2.4.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co			
1	0,361	0,367	0,367	
2	0,135	0,193	0,210	
3	0,202	0,204	0,149	
4	0,589	0,287	0,085	
5	0,110	0,109	0,211	0,365

3.2.4.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0,246$$

3.2.4.2.3 Cálculo de variaciones.

3.2.4.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.16)

$$Vb = 0,092$$

3.2.4.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.17)

$$Vw = 0,283$$

3.2.4.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.18)

$$V = 0,269$$

3.2.4.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.2.4.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 34 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	1,095	0,365	1,18E-05
Columna 2	3	0,538	0,179	1,52E-03
Columna 3	3	0,555	0,185	9,53E-04
Columna 4	3	0,961	0,320	6,44E-02
Columna 5	4	0,796	0,199	1,46E-02

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0923	4	0,0231	1,43	0,288	3,36
Dentro de grupos	0,1775	11	0,0161			
Total	0,2699	15				

FUENTE: Autora

3.2.4.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 35 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,36

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0,288 > Prueba de significancia de 0,05.
- $F = 1,43 < \text{Valor crítico para } F = 3,36$.
- Percentil 95 = 3,36 > $F = 1,43$.

3.2.4.2.4.3 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 36 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	1,095	0,365	1,18E-05
Columna 2	3	0,538	0,179	1,52E-03
Columna 3	3	0,555	0,185	9,53E-04
Columna 4	3	0,961	0,320	6,44E-02
Columna 5	4	0,796	0,199	1,46E-02

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0923	4	0,0231	1,43	0,288	5,67
Dentro de grupos	0,1775	11	0,0161			
Total	0,2699	15				

FUENTE: Autora

3.2.4.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 37 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,67

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0,288 > Prueba de significancia de 0.01.
- $F = 1,43 < \text{Valor crítico para } F = 5.66$.
- Percentil 99 = 5.67 > $F = 1,43$.

La hipótesis se acepta a nivel de 1% y 5%, en este caso se toma el resultado más desfavorable del análisis de varianza, es decir, a nivel de 5% por lo tanto los resultados son probablemente significativos.

3.2.4.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.2.4.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 38 Análisis Ji Cuadrado de datos

	fo	factor	fe	X ²
TRH	Cs/Co			
1	0,365	0,20	0,250	0,053
2	0,179		0,250	0,020
3	0,185		0,250	0,017
4	0,320		0,250	0,020
5	0,199		0,250	0,010
	1,249		x ² Obtenido	0,120

FUENTE: Autora

3.2.4.3.2 Cálculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a fo y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

S	fo	fe	Us
0,207	0,32	0,25	0,34

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,120 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se acepta ya que $0,120 < 0,295$.
- La prueba de cola se acepta porque 0,34 se ubica dentro de 1,645.
- La prueba de cola se acepta porque 0,34 se ubica dentro de 2,33.

La hipótesis se acepta, es decir, los resultados son significativos.

3.2.4.4 Análisis de modelo exponencial.

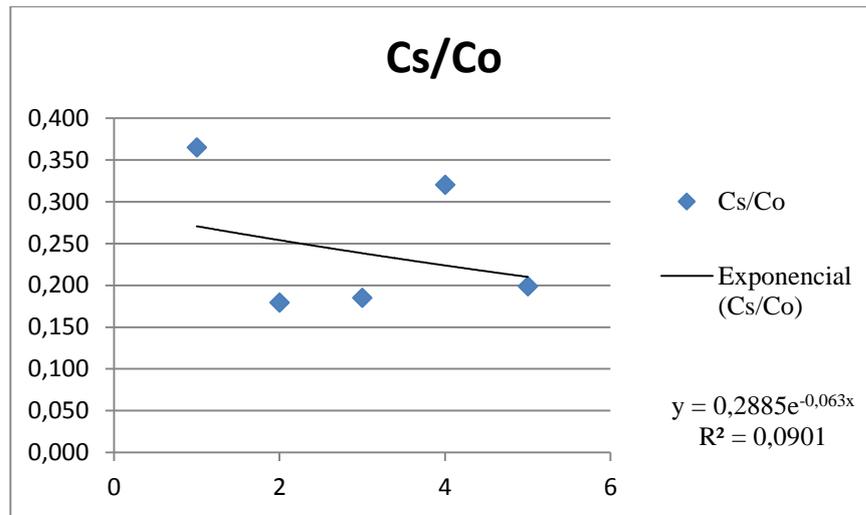


Figura 9.- Modelo de comportamiento de DQO con carrizo

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,0901 lo que significa que el 9,01% de variabilidad en la relación Cs/Co puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo no es significativo.

3.3 Coliformes fecales

3.3.1 Datos de entrada y salida de coliformes fecales.

TABLA 3. 39 Datos generales de coliformes fecales

	Unidad	Afluente	Sin Plantas	Con Totora	Con Carrizo
TRH 1D	NMP/100ml	3,50E+07	2,40E+06	1,60E+06	9,20E+05
		7,00E+06	2,40E+06	2,40E+06	2,60E+06
		1,70E+07	3,50E+06	3,50E+06	2,40E+06
TRH 2D		1,70E+07	1,30E+05	1,30E+05	2,30E+05
		8,60E+06	1,40E+06	1,40E+06	1,20E+06
		7,90E+06	3,30E+05	7,90E+04	7,00E+05
TRH 3D		4,90E+06	6,30E+04	4,90E+04	7,80E+04
		1,70E+06	4,90E+04	4,90E+04	1,30E+05
		3,30E+06	7,30E+04	7,00E+04	7,80E+04
TRH 4D		1,10E+07	2,70E+04	1,10E+04	1,30E+05
		4,90E+06	3,10E+04	1,80E+04	2,00E+04
		7,90E+06	3,30E+04	1,70E+04	1,10E+05
TRH 5D	4,60E+07	1,70E+04	1,10E+05	4,90E+04	
	1,70E+07	4,90E+04	4,90E+04	7,00E+04	
	4,90E+07	7,90E+04	4,90E+04	4,90E+05	
TRH 5D TERCIOS	2,30E+07		1,10E+05		
	2,30E+07			1,40E+05	
	4,90E+07	1,60E+05			

Fuente: ETAPA

3.3.2 Análisis estadístico de la salida de coliformes fecales sin plantas con respecto a los datos de entrada

3.3.2.1 Determinación de valores principales.

3.3.2.1.1 Datos de entrada y salida de coliformes fecales sin plantas y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 40 Datos de entrada y salida de coliformes fecales sin planta y relación entre Cs/Co

	ENTRADA	SALIDA	
	Afluente	Sin Planta	Cs/Co
TRH 1D	3,50E+07	2,40E+06	0,069
	7,00E+06	2,40E+06	0,343
	1,70E+07	3,50E+06	0,206
TRH 2D	1,70E+07	1,30E+05	0,008
	8,60E+06	1,40E+06	0,163
	7,90E+06	3,30E+05	0,042

TRH 3D	4,90E+06	6,30E+04	0,013
	1,70E+06	4,90E+04	0,029
	3,30E+06	7,30E+04	0,022
TRH 4D	1,10E+07	2,70E+04	0,002
	4,90E+06	3,10E+04	0,006
	7,90E+06	3,30E+04	0,004
TRH 5D	4,60E+07	1,70E+04	0,0004
	1,70E+07	4,90E+04	0,003
	4,90E+07	7,90E+04	0,002
	4,90E+07	1,60E+05	0,003

FUENTE: Autora

3.3.2.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH). 33212

TRH	Cs/Co
$\bar{X}_{TRHX} 1$	0,206
$\bar{X}_{TRHX} 2$	0,071
$\bar{X}_{TRHX} 3$	0,021
$\bar{X}_{TRHX} 4$	0,004
$\bar{X}_{TRHX} 5$	0,002

3.3.2.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.3.2.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co			
1	0,069	0,343	0,206	
2	0,008	0,163	0,042	
3	0,013	0,029	0,022	
4	0,002	0,006	0,004	
5	0,0004	0,003	0,002	0,003

3.3.2.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0.0572$$

3.3.2.2.3 Cálculo de variaciones.

3.3.2.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.19)

$$Vb = 0.0912$$

3.3.2.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.20)

$$V_w = 0.051$$

3.3.2.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.21)

$$V = 0.1423$$

3.3.2.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.3.2.2.4.1 Resultados del análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 41 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,6173	0,2057	1,88E-02
Columna 2	3	0,2122	0,0707	6,65E-03
Columna 3	3	0,0638	0,0212	6,42E-05
Columna 4	3	0,0129	0,0043	3,76E-06
Columna 5	4	0,0081	0,0020	1,72E-06

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0912	4	0,0228	4,91	0,016	3,35
Dentro de grupos	0,0510	11	0,0046			
Total	0,1422	15				

FUENTE: Autora

3.3.2.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de Percentiles.

TABLA 3. 42 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,36

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0.0161 < Prueba de significancia de 0.05.
- $F = 4.91 > \text{Valor crítico para } F = 3.3566$.
- Percentil 95 = 3.36 < $F = 4.91$.

3.3.2.2.4.3 Resultados del análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 43 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,6173	0,2057	1,88E-02
Columna 2	3	0,2122	0,0707	6,65E-03
Columna 3	3	0,0638	0,0212	6,42E-05
Columna 4	3	0,0129	0,0043	3,76E-06
Columna 5	4	0,0081	0,0020	1,72E-06

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0912	4	0,0228	4,91	0,016	5,66
Dentro de grupos	0,0510	11	0,0046			
Total	0,1422	15				

FUENTE: Autora

3.3.2.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de Percentiles.

TABLA 3. 44 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,67

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0.016 > Prueba de significancia de 0.01

- $F = 4.91 < \text{Valor crítico para } F = 5.6683$
- $\text{Percentil } 99 = 5.67 > F = 4.91$

La hipótesis se acepta a nivel de 1%, por lo que se tiene un nivel de confiabilidad del 99% y se puede deducir que los datos son altamente significativos.

3.3.2.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.3.2.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 45 Análisis Ji Cuadrado de datos

	fo	factor	fe	X^2
TRH	Cs/Co			
1	0,206	0,20	0,060	0,345
2	0,071		0,060	0,001
3	0,021		0,060	0,025
4	0,004		0,060	0,052
5	0,002		0,060	0,056
	0,304		x^2 Obtenido	0,482

FUENTE: Autora

3.3.2.3.2 Cálculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a fo y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

S	fe	fo	Us
0,112	0,21	0,06	1,29

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,482 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se rechaza ya que $0,482 > 0,295$.
- La prueba de cola se acepta porque 1,29 se ubica dentro de 1,645.
- La prueba de cola se acepta porque 1,29 se ubica dentro de 2,33.

La hipótesis se acepta, es decir, los resultados son significativos.

3.3.2.4 Análisis de modelo exponencial.

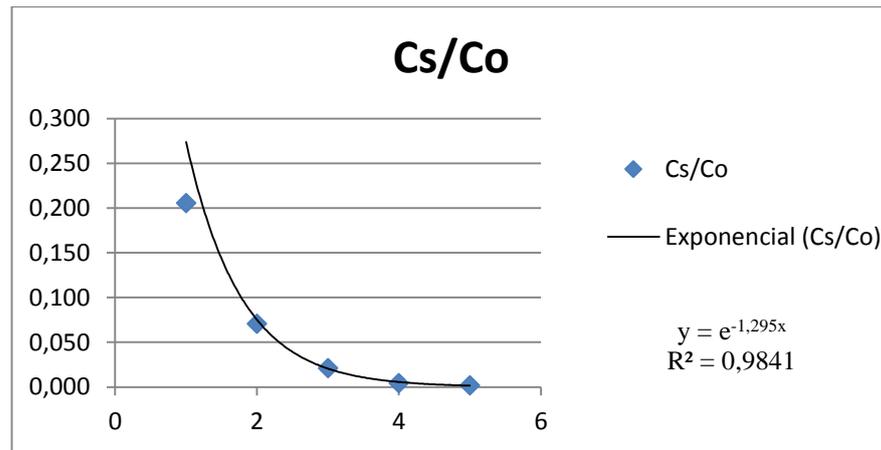


Figura 10.- Modelo de comportamiento de coliformes fecales sin plantas

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,9841 lo que significa que el 98,41% de variabilidad en la relación Cs/Co puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo es significativo.

3.3.3 Análisis estadístico de la salida de coliformes con totora respecto a los datos de entrada

3.3.3.1 Determinación de valores principales.

3.3.3.1.1 Datos de entrada y salida sin plantas de coliformes fecales con totora y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 46 Datos de entrada y salida de coliformes fecales con totora y relación entre Cs/Co

	ENTRADA	SALIDA	
	Afluente	Con Totora	Cs/Co
TRH 1D	3,50E+07	1,60E+06	0,046
	7,00E+06	2,40E+06	0,343
	1,70E+07	3,50E+06	0,206
TRH 2D	1,70E+07	1,30E+05	0,008
	8,60E+06	1,40E+06	0,163
	7,90E+06	7,90E+04	0,010
TRH 3D	4,90E+06	4,90E+04	0,010
	1,70E+06	4,90E+04	0,029
	3,30E+06	7,00E+04	0,021

TRH 4D	1,10E+07	1,10E+04	0,001
	4,90E+06	1,80E+04	0,004
	7,90E+06	1,70E+04	0,002
TRH 5D	4,60E+07	1,10E+05	0,002
	1,70E+07	4,90E+04	0,003
	4,90E+07	4,90E+04	0,001
	2,30E+07	1,10E+05	0,005

FUENTE: Autora

3.3.3.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

TRH	Cs/Co
\bar{X}_{TRHX} 1	0,198
\bar{X}_{TRHX} 2	0,060
\bar{X}_{TRHX} 3	0,020
\bar{X}_{TRHX} 4	0,002
\bar{X}_{TRHX} 5	0,003

3.3.3.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.3.3.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co			
1	0,046	0,343	0,206	
2	0,008	0,163	0,010	
3	0,010	0,029	0,021	
4	0,001	0,004	0,002	
5	0,002	0,003	0,001	0,005

3.3.3.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0.0533$$

3.3.3.2.3 Cálculo de variaciones.

3.3.3.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.22)

$$Vb = 0.0844$$

3.3.3.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.23)

$$Vw = 0.060$$

3.3.3.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.24)

$$V = 0.1447$$

3.3.3.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.3.3.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 47 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,5944	0,1981	2,21E-02
Columna 2	3	0,1804	0,0601	7,90E-03
Columna 3	3	0,0600	0,0200	8,96E-05
Columna 4	3	0,0068	0,0022	1,79E-06
Columna 5	4	0,0110	0,0027	2,44E-06

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0844	4	0,0211	3,85	0,033	3,35
Dentro de grupos	0,0602	11	0,0054			
Total	0,1446	15				

FUENTE: Autora

3.3.3.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 48 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,36

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0.03398 < Prueba de significancia de 0.05
- $F = 3.85 > \text{Valor crítico para } F = 3.35$
- Percentil 95 = 3.36 < $F = 3.85$

3.3.3.2.4.3 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 49 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,5944	0,1981	2,21E-02
Columna 2	3	0,1804	0,0601	7,90E-03
Columna 3	3	0,0600	0,0200	8,96E-05
Columna 4	3	0,0068	0,0022	1,79E-06
Columna 5	4	0,0110	0,0027	2,44E-06

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0844	4	0,0211	3,85	0,0339	5,66
Dentro de grupos	0,0602	11	0,0054			
Total	0,1446	15				

FUENTE: Autora

3.3.3.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 50 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,67

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0.0339 > Prueba de significancia de 0.01
- $F = 3.85 < \text{Valor crítico para } F = 5.66$
- Percentil 99 = 5.67 > $F = 3.86$

La hipótesis se acepta a nivel de 1%, por lo que se tiene un nivel de confiabilidad del 99% y se puede deducir que los datos son altamente significativos.

3.3.3.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.3.3.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 51 Análisis Ji Cuadrado de datos

	fo	factor	fe	χ^2
TRH	Cs/Co			
1	0,198	0,20	0,056	0,353
2	0,060		0,056	0,0002
3	0,020		0,056	0,023
4	0,002		0,056	0,052
5	0,003		0,056	0,051
	0,283		x^2 Obtenido	0,480

FUENTE: Autora

3.3.3.3.2 Cálculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a fo y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

S	fe	fo	Us
0,121	0,20	0,06	1,17

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,480 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se rechaza ya que $0,480 > 0,295$.
- La prueba de cola se acepta porque 1,17 se ubica dentro de 1,645.
- La prueba de cola se acepta porque 1,17 se ubica dentro de 2,33.

La hipótesis se acepta, es decir, los resultados son significativos.

3.3.3.4 Análisis de modelo exponencial.

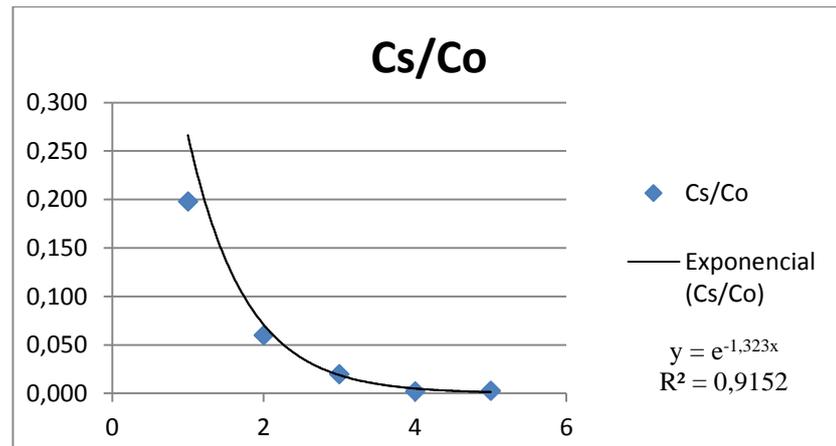


Figura 11.- Modelo de comportamiento de coliformes fecales con totora

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,9146 lo que significa que el 91,46% de variabilidad en la relación Cs/Co puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo es significativo.

3.3.4 Análisis estadístico de la salida de coliformes con carrizo respecto a los datos de entrada

3.3.4.1 Determinación de valores principales.

3.3.4.1.1 Datos de entrada y salida sin plantas de coliformes fecales con carrizo y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 52 Datos de entrada y salida de coliformes fecales con carrizo y relación entre Cs/Co

	ENTRADA	SALIDA	
	Afluente	Con Carrizo	Cs/Co
TRH 1D	3,50E+07	9,20E+05	0,026
	7,00E+06	2,60E+06	0,371
	1,70E+07	2,40E+06	0,141
TRH 2D	1,70E+07	2,30E+05	0,014
	8,60E+06	1,20E+06	0,140
	7,90E+06	7,00E+05	0,089
TRH 3D	4,90E+06	7,80E+04	0,016
	1,70E+06	1,30E+05	0,076
	3,30E+06	7,80E+04	0,024

TRH 4D	1,10E+07	1,30E+05	0,012
	4,90E+06	2,00E+04	0,004
	7,90E+06	1,10E+05	0,014
TRH 5D	4,60E+07	4,90E+04	0,001
	1,70E+07	7,00E+04	0,004
	4,90E+07	4,90E+05	0,010
	2,30E+07	1,40E+05	0,006

FUENTE: Autora

3.3.4.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

TRH	Cs/Co
\bar{X}_{TRHX} 1	0,180
\bar{X}_{TRHX} 2	0,081
\bar{X}_{TRHX} 3	0,039
\bar{X}_{TRHX} 4	0,010
\bar{X}_{TRHX} 5	0,005

3.3.4.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.3.4.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co			
1	0,026	0,371	0,141	
2	0,014	0,140	0,089	
3	0,016	0,076	0,024	
4	0,012	0,004	0,014	
5	0,001	0,004	0,010	0,006

3.3.4.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0.0592$$

3.3.4.2.3 Cálculo de variaciones.

3.3.4.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.25)

$$Vb = 0.0650$$

3.3.4.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.26)

$$Vw = 0.072$$

3.3.4.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.27)

$$V = 0.1371$$

3.3.4.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.3.4.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 53 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,5388	0,1796	3,09E-02
Columna 2	3	0,2416	0,0805	4,02E-03
Columna 3	3	0,1160	0,0386	1,09E-03
Columna 4	3	0,0298	0,0099	2,68E-05
Columna 5	4	0,0212	0,0053	1,40E-05

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0650	4	0,0162	2,48	0,1050	3,35
Dentro de grupos	0,0720	11	0,0065			
Total	0,1371	15				

FUENTE: Autora

3.3.4.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 54 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,36

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0.1050 > Prueba de significancia de 0.05.
- $F = 2.48 < \text{Valor crítico para } F = 3.35$.
- Percentil 95 = 3.36 > $F = 2.48$.

3.3.4.2.4.3 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 55 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,5388	0,1796	3,09E-02
Columna 2	3	0,2416	0,0805	4,02E-03
Columna 3	3	0,1160	0,0386	1,09E-03
Columna 4	3	0,0298	0,0099	2,68E-05
Columna 5	4	0,0212	0,0053	1,40E-05

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0650	4	0,0162	2,48	0,105	5,66
Dentro de grupos	0,0720	11	0,0065			
Total	0,1371	15				

FUENTE: Autora

3.3.4.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 56 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,67

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0.105 > Prueba de significancia de 0.01.
- $F = 2,48 < \text{Valor crítico para } F = 5,66$.
- Percentil 95 = 5,67 > $F = 2,48$

La hipótesis se acepta a nivel de 1% y 5%, en este caso se toma el resultado más desfavorable del análisis de varianza, es decir, a nivel de 5% por lo tanto los resultados son probablemente significativos.

3.3.4.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.3.4.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 57 Análisis Ji Cuadrado de datos

	fo	factor	fe	X ²
TRH	Cs/Co			
1	0,180	0,20	0,062	0,217
2	0,081		0,062	0,005
3	0,039		0,062	0,009
4	0,010		0,062	0,044
5	0,005		0,062	0,052
	0,314		x ² Obtenido	0,328

FUENTE: Autora

3.3.4.3.2 Cálculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a fo y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

S	fe	fo	Us
0,144	0,18	0,06	0,81

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,328 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se rechaza ya que $0,328 > 0,295$.
- La prueba de cola se acepta porque 0,81 se ubica dentro de 1,645.
- La prueba de cola se acepta porque 0,81 se ubica dentro de 2,33.

La hipótesis se acepta, es decir, los resultados son significativos.

3.3.4.4 Análisis de modelo exponencial.

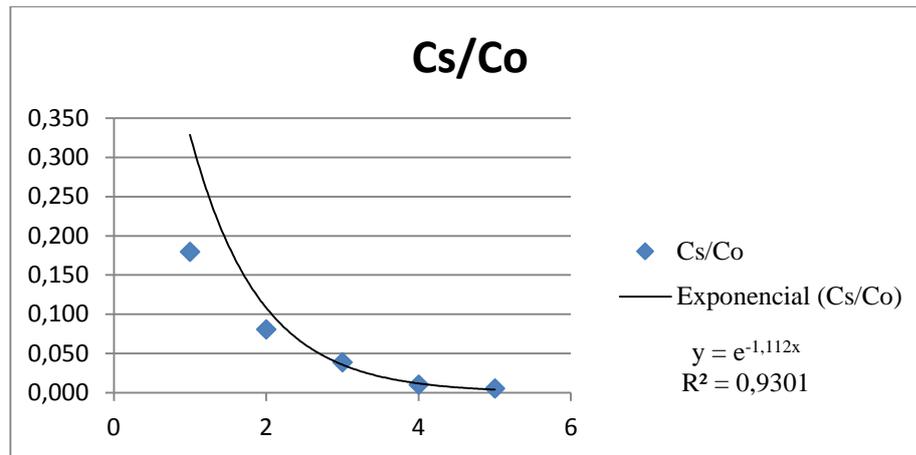


Figura 12.- Modelo de comportamiento de coliformes fecales con carrizo

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0.9301 lo que significa que el 93.01% de variabilidad en la relación Cs/Co puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo tanto se puede decir que el modelo es confiable.

3.4 Coliformes totales

3.4.1 Datos de entrada y salida de coliformes totales.

TABLA 3. 58 Datos generales de coliformes totales

	Unid	Afluente	Sin Plantas	Con Totora	Con Carrizo
TRH 1D	NMP/100ml	5,4E+07	2,4E+06	2,4E+06	2,2E+06
		1,7E+07	9,2E+06	3,5E+06	8,6E+06
		5,4E+07	3,5E+06	3,5E+06	2,4E+06
TRH 2D		3,3E+07	1,7E+05	3,3E+05	7,0E+05
		1,8E+07	1,9E+06	1,7E+06	1,5E+06
		1,3E+07	4,9E+05	1,7E+05	9,4E+05
TRH 3D		1,3E+07	1,7E+05	7,9E+04	1,7E+05
		4,6E+06	7,1E+04	4,9E+04	5,2E+04
		7,9E+06	1,1E+05	9,4E+04	9,7E+04
TRH 4D		5,4E+07	1,3E+05	7,0E+04	1,2E+05
		7,0E+06	4,6E+04	4,3E+04	4,0E+04
		1,3E+07	3,3E+04	3,1E+04	3,4E+04
TRH 5D		8,4E+07	1,7E+05	1,7E+05	1,3E+05
		7,9E+07	4,9E+04	1,3E+05	1,1E+05
		2,4E+08	2,2E+05	1,3E+05	2,4E+06
TRH 5D TERCIOS	7,9E+07		3,3E+05		
	5,9E+07			1,6E+05	
	4,9E+07	3,3E+05			

Fuente: ETAPA

3.4.2 Análisis estadístico de la salida de coliformes totales sin plantas respecto a los datos de entrada

3.4.2.1 Determinación de valores principales.

3.4.2.1.1 Datos de entrada y salida de coliformes sin plantas y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 59 Datos de entrada y salida de coliformes sin plantas y la relación entre Cs/Co

	Afluente	Sin Planta	Cs/Co
TRH 1D	5,40E+07	2,40E+06	0,044
	1,70E+07	9,20E+06	0,541
	5,40E+07	3,50E+06	0,065
TRH 2D	3,30E+07	1,70E+05	0,005
	1,80E+07	1,90E+06	0,106
	1,30E+07	4,90E+05	0,038

TRH 3D	1,30E+07	1,70E+05	0,013
	4,60E+06	7,10E+04	0,015
	7,90E+06	1,10E+05	0,014
TRH 4D	5,40E+07	1,30E+05	0,002
	7,00E+06	4,60E+04	0,007
	1,30E+07	3,30E+04	0,003
TRH 5D	8,40E+07	1,70E+05	0,0020
	7,90E+07	4,90E+04	0,001
	2,40E+08	2,20E+05	0,001
	4,90E+07	3,30E+05	0,007

FUENTE: Autora

3.4.2.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

TRH	Cs/Co
$\bar{X}_{TRH} 1$	0,217
$\bar{X}_{TRH} 2$	0,049
$\bar{X}_{TRH} 3$	0,014
$\bar{X}_{TRH} 4$	0,004
$\bar{X}_{TRH} 5$	0,003

3.4.2.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.4.2.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co			
1	0,044	0,541	0,065	
2	0,005	0,106	0,038	
3	0,013	0,015	0,014	
4	0,002	0,007	0,003	
5	0,002	0,001	0,001	0,007

3.4.2.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0,054$$

3.4.2.2.3 Cálculo de variaciones.

3.4.2.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.28)

$$Vb = 0,103$$

3.4.2.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.29)

$$V_w = 0,163$$

3.4.2.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.30)

$$V = 0,265$$

3.4.2.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.4.2.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 60 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,650	0,217	7,90E-02
Columna 2	3	0,148	0,049	2,62E-03
Columna 3	3	0,042	0,014	1,43E-06
Columna 4	3	0,012	0,004	5,60E-06
Columna 5	4	0,010	0,003	8,06E-06

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,1025	4	0,0256	1,73	0,214	3,36
Dentro de grupos	0,1633	11	0,0148			
Total	0,2658	15				

FUENTE: Autora

3.4.2.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de Percentiles.

TABLA 3. 61 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,36

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0,214 > Prueba de significancia de 0,05.
- F = 1,73 < Valor crítico para F = 3,36.

- Percentil 95 = 3,36 > F = 1,73.

3.4.2.2.4.3 Resultados del análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 62 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,650	0,217	7,90E-02
Columna 2	3	0,148	0,049	2,62E-03
Columna 3	3	0,042	0,014	1,43E-06
Columna 4	3	0,012	0,004	5,60E-06
Columna 5	4	0,010	0,003	8,06E-06

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,1025	4	0,0256	1,73	0,214	5,67
Dentro de grupos	0,1633	11	0,0148			
Total	0,2658	15				

FUENTE: Autora

3.4.2.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de Percentiles.

TABLA 3. 63 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,67

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0,214 > Prueba de significancia de 0,01.
- F = 1,73 < Valor crítico para F = 5,67.
- Percentil 99 = 5,67 > F = 1,73.

La hipótesis se acepta a nivel de 1% y 5%, en este caso se toma el resultado más desfavorable del análisis de varianza, es decir, a nivel de 5% por lo tanto los resultados son probablemente significativos.

3.4.2.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.4.2.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 64 Análisis Ji Cuadrado de datos

	fo	factor	fe	X ²
TRH	Cs/Co			
1	0,217	0,20	0,057	0,443
2	0,049		0,057	0,001
3	0,014		0,057	0,032
4	0,004		0,057	0,049
5	0,003		0,057	0,052
	0,287		x ² Obtenido	0,579

FUENTE: Autora

3.4.2.3.2 Cálculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a fo y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

S	fe	fo	Us
0,230	0,22	0,06	0,69

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,579 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se rechaza ya que $0,579 > 0,295$.
- La prueba de cola se acepta porque 0,69 se ubica dentro de 1,645.
- La prueba de cola se acepta porque 0,69 se ubica dentro de 2,33.

La hipótesis se acepta, es decir, los resultados son significativos.

3.4.2.4 Análisis de modelo exponencial.

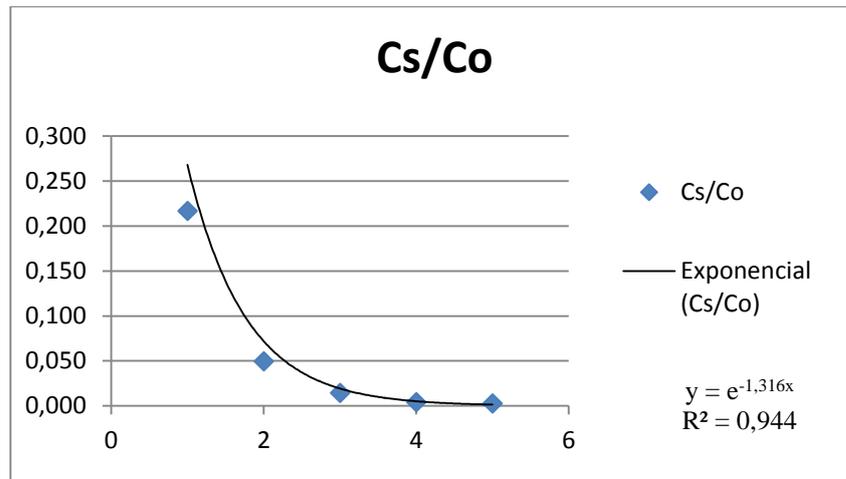


Figura 13.- Modelo de comportamiento de coliformes totales sin plantas

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,9440 lo que significa que el 94,40% de variabilidad en la relación Cs/Co puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo es significativo.

3.4.3 Análisis estadístico de la salida de coliformes totales con totora respecto a los datos de entrada

3.4.3.1 Determinación de valores principales.

3.4.3.1.1 Datos de entrada y salida con totora de coliformes y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 65 Datos de entrada y salida de coliformes con totora y la relación entre Cs/Co

	Afluente	Con Totora	Cs/Co
TRH 1D	5,40E+07	2,40E+06	0,044
	1,70E+07	3,50E+06	0,206
	5,40E+07	3,50E+06	0,065
TRH 2D	3,30E+07	3,30E+05	0,010
	1,80E+07	1,70E+06	0,094
	1,30E+07	1,70E+05	0,013
TRH 3D	1,30E+07	7,90E+04	0,006
	4,60E+06	4,90E+04	0,011
	7,90E+06	9,40E+04	0,012

TRH 4D	5,40E+07	7,00E+04	0,001
	7,00E+06	4,30E+04	0,006
	1,30E+07	3,10E+04	0,002
TRH 5D	8,40E+07	1,70E+05	0,002
	7,90E+07	1,30E+05	0,002
	2,40E+08	1,30E+05	0,001
	7,90E+07	3,30E+05	0,004

FUENTE: Autora

3.4.3.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

TRH	Cs/Co
$\bar{X}_{TRH} 1$	0,105
$\bar{X}_{TRH} 2$	0,039
$\bar{X}_{TRH} 3$	0,010
$\bar{X}_{TRH} 4$	0,003
$\bar{X}_{TRH} 5$	0,002

3.4.3.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.4.3.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co			
1	0,044	0,206	0,065	
2	0,010	0,094	0,013	
3	0,006	0,011	0,012	
4	0,001	0,006	0,002	
5	0,002	0,002	0,001	0,004

3.4.3.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0,030$$

3.4.3.2.3 Cálculo de variaciones.

3.4.3.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.31)

$$Vb = 0,023$$

3.4.3.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.32)

$$Vw = 0,020$$

3.4.3.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.33)

$$V = 0,044$$

3.4.3.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.4.3.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 66 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,315	0,105	7,73E-03
Columna 2	3	0,118	0,039	2,29E-03
Columna 3	3	0,029	0,010	9,40E-06
Columna 4	3	0,010	0,003	6,47E-06
Columna 5	4	0,008	0,002	2,32E-06

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0237	4	0,0059	3,24	0,055	3,36
Dentro de grupos	0,0201	11	0,0018			
Total	0,0437	15				

FUENTE: Autora

3.4.3.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 67 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,36

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0,055 > Prueba de significancia de 0,05.
- $F = 3,24 < \text{Valor crítico para } F = 3,36$.
- Percentil 95 = 3,36 > $F = 3,24$.

3.4.3.2.4.3 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 68 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,315	0,105	7,73E-03
Columna 2	3	0,118	0,039	2,29E-03
Columna 3	3	0,029	0,010	9,40E-06
Columna 4	3	0,010	0,003	6,47E-06
Columna 5	4	0,008	0,002	2,32E-06

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0237	4	0,0059	3,24	0,055	5,67
Dentro de grupos	0,0201	11	0,0018			
Total	0,0437	15				

FUENTE: Autora

3.4.3.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 69 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,67

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0,055 > Prueba de significancia de 0,01.
- $F = 3,24 < \text{Valor crítico para } F = 5,67$.
- Percentil 99 = 5,67 > $F = 3,24$.

La hipótesis se acepta a nivel de 1% y 5%, en este caso se toma el resultado más desfavorable del análisis de varianza, es decir, a nivel de 5% por lo tanto los resultados son probablemente significativos.

3.4.3.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.4.3.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 70 Análisis Ji Cuadrado de datos

	fo	factor	fe	X ²
TRH	Cs/Co			
1	0,105	0,20	0,031	0,168
2	0,039		0,031	0,001
3	0,010		0,031	0,015
4	0,003		0,031	0,025
5	0,002		0,031	0,027
	0,159		x ² Obtenido	0,239

FUENTE: Autora

3.4.3.3.2 Cálculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a fo y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

S	fe	fo	Us
0,072	0,11	0,03	1,02

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,239 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se acepta ya que $0,239 > 0,295$.
- La prueba de cola se acepta porque 1,02 se ubica dentro de 1,645.
- La prueba de cola se acepta porque 1,02 se ubica dentro de 2,33.

La hipótesis se acepta, es decir, los resultados son significativos.

3.4.3.4 Análisis de modelo exponencial.

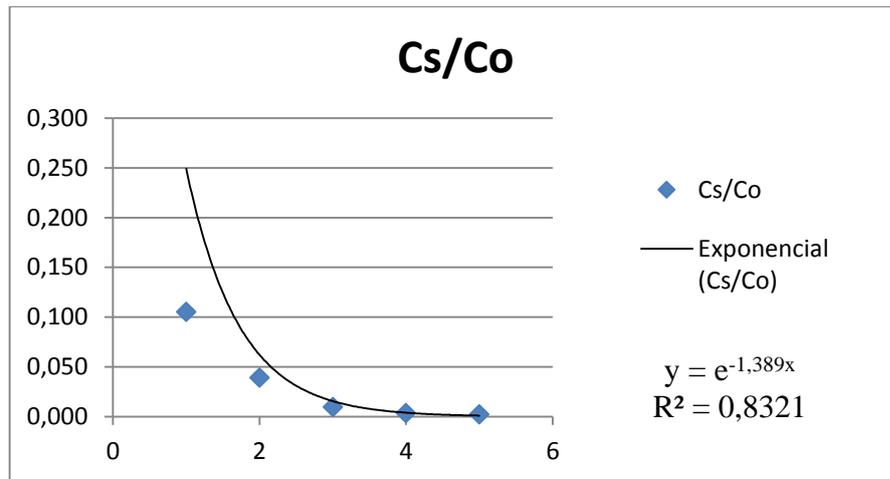


Figura 14.- Modelo de comportamiento de coliformes totales con totora

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,8321 lo que significa que el 83,21% de variabilidad en la relación Cs/Co puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo es significativo.

3.4.4 Análisis estadístico de la salida de coliformes con carrizo respecto a los datos de entrada

3.4.4.1 Determinación de valores principales.

3.4.4.1.1 Datos de entrada y salida con carrizo de coliformes y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 71 Datos de entrada y salida de coliformes con carrizo y la relación entre Cs/Co

	Afluente	Con Carrizo	Cs/Co
TRH 1D	5,40E+07	2,20E+06	0,041
	1,70E+07	8,60E+06	0,506
	5,40E+07	2,40E+06	0,044
TRH 2D	3,30E+07	7,00E+05	0,021
	1,80E+07	1,50E+06	0,083
	1,30E+07	9,40E+05	0,072
TRH 3D	1,30E+07	1,70E+05	0,013
	4,60E+06	5,20E+04	0,011
	7,90E+06	9,70E+04	0,012

TRH 4D	5,40E+07	1,20E+05	0,002
	7,00E+06	4,00E+04	0,006
	1,30E+07	3,40E+04	0,003
TRH 5D	8,40E+07	1,30E+05	0,002
	7,90E+07	1,10E+05	0,001
	2,40E+08	2,40E+06	0,010
	5,90E+07	1,60E+05	0,003

FUENTE: Autora

3.4.4.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

TRH	Cs/Co
\bar{X}_{TRH} 1	0,197
\bar{X}_{TRH} 2	0,059
\bar{X}_{TRH} 3	0,012
\bar{X}_{TRH} 4	0,004
\bar{X}_{TRH} 5	0,004

3.4.4.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.4.4.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co			
1	0,041	0,506	0,044	
2	0,021	0,083	0,072	
3	0,013	0,011	0,012	
4	0,002	0,006	0,003	
5	0,002	0,001	0,010	0,003

3.4.4.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0,052$$

3.4.4.2.3 Cálculo de variaciones.

3.4.4.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.34)

$$Vb = 0,084$$

3.4.4.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.35)

$$Vw = 0,145$$

3.4.4.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.36)

$$V = 0,229$$

3.4.4.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.4.4.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 72 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,591	0,197	7,15E-02
Columna 2	3	0,177	0,059	1,10E-03
Columna 3	3	0,037	0,012	7,88E-07
Columna 4	3	0,011	0,004	3,66E-06
Columna 5	4	0,016	0,004	1,68E-05

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0843	4	0,0211	1,59	0,244	3,36
Dentro de grupos	0,1454	11	0,0132			
Total	0,2296	15				

FUENTE: Autora

3.4.4.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 73 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,36

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0,244 > Prueba de significancia de 0,05.
- $F = 1,59 < \text{Valor crítico para } F = 3,36$.
- Percentil 95 = 3,36 > $F = 1,59$.

3.4.4.2.4.3 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 74 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,591	0,197	7,15E-02
Columna 2	3	0,177	0,059	1,10E-03
Columna 3	3	0,037	0,012	7,88E-07
Columna 4	3	0,011	0,004	3,66E-06
Columna 5	4	0,016	0,004	1,68E-05

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0843	4	0,0211	1,59	0,244	5,67
Dentro de grupos	0,1454	11	0,0132			
Total	0,2296	15				

FUENTE: Autora

3.4.4.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 75 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,67

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0,244 > Prueba de significancia de 0.01.
- $F = 1,59 < \text{Valor crítico para } F = 5.66$.
- Percentil 99 = 5.67 > $F = 1,59$.

La hipótesis se acepta a nivel de 1% y 5%, en este caso se toma el resultado más desfavorable del análisis de varianza, es decir, a nivel de 5% por lo tanto los resultados son probablemente significativos.

3.4.4.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.4.4.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 76 Análisis Ji Cuadrado de datos

	fo	factor	fe	X ²
TRH	Cs/Co			
1	0,197	0,20	0,055	0,365
2	0,059		0,055	0,0003
3	0,012		0,055	0,033
4	0,004		0,055	0,048
5	0,004		0,055	0,047
	0,276		x^2 Obtenido	0,494

FUENTE: Autora

3.4.4.3.2 Cálculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a fo y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

Us	fe	fo	Us
0,218	0,20	0,06	0,65

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,494 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se rechaza ya que $0,494 > 0,295$.
- La prueba de cola se acepta porque 0,65 se ubica dentro de 1,645.
- La prueba de cola se acepta porque 0,65 se ubica dentro de 2,33.

La hipótesis se acepta, es decir, los resultados son significativos.

3.4.4.4 Análisis de modelo exponencial.

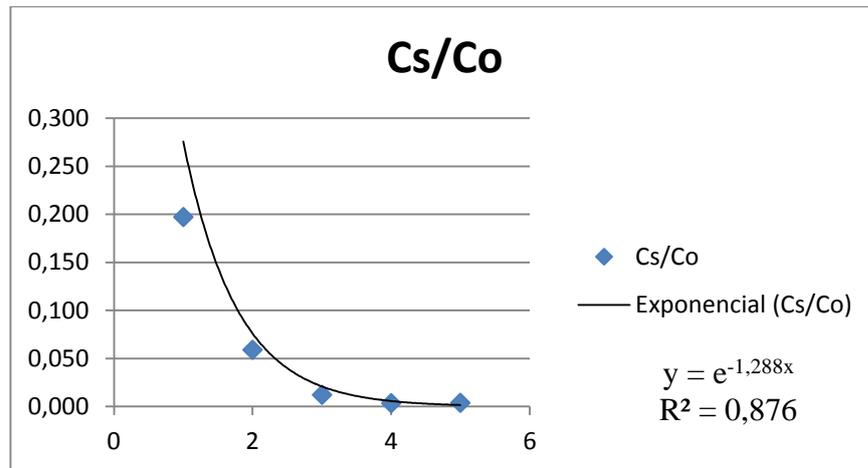


Figura 15.- Modelo de comportamiento de coliformes totales con carrizo

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,8760 lo que significa que el 87,60% de variabilidad en la relación Cs/Co puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo es significativo.

3.5 Sólidos suspendidos

3.5.1 Datos de entrada y salida de sólidos suspendidos.

TABLA 3. 77 Datos generales de sólidos suspendidos

	Unid	Afluente	Sin Plantas	Con Totora	Con Carrizo
TRH 1D	mg/lt	162,00	15,00	16,00	8,00
		189,00	11,00	12,00	6,00
		302,00	10,00	14,00	7,00
TRH 2D		63,00	16,00	13,00	5,00
		90,00	14,00	11,00	9,00
		36,00	25,00	5,00	5,00
TRH 3D		68,00	4,00	3,00	5,00
		180,00	2,00	1,00	2,00
		138,00	5,00	5,00	5,00
TRH 4D		143,00	23,00	18,00	17,00
		154,00	21,00	12,00	14,00
		187,00	17,00	11,00	12,00
TRH 5D	291,00	5,00	5,00	7,00	
	406,00	5,00	7,00	5,00	
	352,00	9,00	5,00	5,00	
TRH 5D TERCIOS	396,00		24,00		
	711,00			129,00	
	205,00	31,00			

Fuente: ETAPA

3.5.2 Análisis estadístico de la entrada y salida de sólidos suspendidos sin plantas

3.5.2.1 Determinación de valores principales.

3.5.2.1.1 Datos de entrada y salida de sólidos suspendidos sin plantas y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 78 Datos de entrada y salida de sólidos suspendidos sin plantas y la relación entre Cs/Co

	Afluente	Sin Planta	Cs/Co
TRH 1D	162,00	15,00	0,093
	189,00	11,00	0,058
	302,00	10,00	0,033
TRH 2D	63,00	16,00	0,254
	90,00	14,00	0,156
	36,00	25,00	0,694

TRH 3D	68,00	4,00	0,059
	180,00	2,00	0,011
	138,00	5,00	0,036
TRH 4D	143,00	23,00	0,161
	154,00	21,00	0,136
	187,00	17,00	0,091
TRH 5D	291,00	5,00	0,0172
	406,00	5,00	0,012
	352,00	9,00	0,026
	205,00	31,00	0,151

FUENTE: Autora

3.5.2.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

TRH	Cs/Co
$\bar{X}_{TRH} 1$	0,061
$\bar{X}_{TRH} 2$	0,368
$\bar{X}_{TRH} 3$	0,035
$\bar{X}_{TRH} 4$	0,129
$\bar{X}_{TRH} 5$	0,052

3.5.2.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.5.2.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co			
1	0,093	0,058	0,033	
2	0,254	0,156	0,694	
3	0,059	0,011	0,036	
4	0,161	0,136	0,091	
5	0,017	0,012	0,026	0,151

3.5.2.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0,124$$

3.5.2.2.3 Cálculo de variaciones.

3.5.2.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.37)

$$Vb = 0,235$$

3.5.2.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.38)

$$V_w = 0,183$$

3.5.2.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.39)

$$V = 0,418$$

3.5.2.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.5.2.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 79 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,184	0,061	8,92E-04
Columna 2	3	1,104	0,368	8,24E-02
Columna 3	3	0,106	0,035	5,70E-04
Columna 4	3	0,388	0,129	1,26E-03
Columna 5	4	0,206	0,052	4,44E-03

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,2350	4	0,0588	3,52	0,044	3,36
Dentro de grupos	0,1835	11	0,0167			
Total	0,4185	15				

FUENTE: Autora

3.5.2.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de Percentiles.

TABLA 3. 80 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,36

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,044 < Prueba de significancia de 0,05.
- F = 3,52 > Valor crítico para F = 3,36.

- Percentil 95 = 3,36 < F = 3,52.

3.5.2.2.4.3 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 81 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,184	0,061	8,92E-04
Columna 2	3	1,104	0,368	8,24E-02
Columna 3	3	0,106	0,035	5,70E-04
Columna 4	3	0,388	0,129	1,26E-03
Columna 5	4	0,206	0,052	4,44E-03

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,2350	4	0,0588	3,52	0,044	5,67
Dentro de grupos	0,1835	11	0,0167			
Total	0,4185	15				

FUENTE: Autora

3.5.2.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de Percentiles.

TABLA 3. 82 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,67

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0,044 > Prueba de significancia de 0,01.
- F = 3,52 < Valor crítico para F = 5,67.
- Percentil 99 = 5,67 > F = 3,52.

La hipótesis se acepta a nivel de 1%, por lo que se tiene un nivel de confiabilidad del 99% y se puede deducir que los datos son altamente significativos.

3.5.2.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.5.2.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 83 Análisis Ji Cuadrado de datos

	fo	factor	fe	X ²
TRH	Cs/Co			
1	0,061	0,20	0,129	0,035
2	0,368		0,129	0,441
3	0,035		0,129	0,068
4	0,129		0,129	0,00000005
5	0,052		0,129	0,046
	0,646		x ² Obtenido	0,592

FUENTE: Autora

3.5.2.3.2 Cálculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a fo y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

S	fe	fo	Us
0,234	0,368	0,12912	1,02

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,592 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se rechaza ya que $0,592 > 0,295$.
- La prueba de cola se acepta porque 1,02 se ubica dentro de 1,645.
- La prueba de cola se acepta porque 1,02 se ubica dentro de 2,33.

La hipótesis se acepta, es decir, los resultados son significativos.

3.5.2.4 Análisis de modelo exponencial.

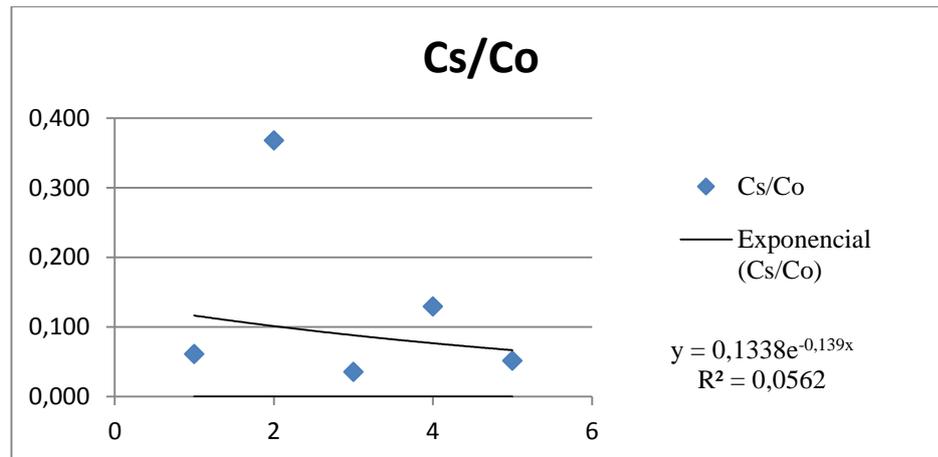


Figura 16.- Modelo de comportamiento de sólidos suspendidos sin plantas

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,0562 lo que significa que el 5,62% de variabilidad en la relación Cs/Co puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo no es significativo.

3.5.3 Análisis estadístico de la entrada y salida de sólidos suspendidos con totora

3.5.3.1 Determinación de valores principales.

3.5.3.1.1 Datos de entrada y salida de sólidos suspendidos con totora y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 84 Datos de entrada y salida de sólidos suspendidos con totora y la relación entre Cs/Co

	Afluente	Con Totora	Cs/Co
TRH 1D	1,62E+02	1,60E+01	0,099
	1,89E+02	1,20E+01	0,063
	3,02E+02	1,40E+01	0,046
TRH 2D	6,30E+01	1,30E+01	0,206
	9,00E+01	1,10E+01	0,122
	3,60E+01	5,00E+00	0,139
TRH 3D	6,80E+01	3,00E+00	0,044
	1,80E+02	1,00E+00	0,006
	1,38E+02	5,00E+00	0,036

TRH 4D	1,43E+02	1,80E+01	0,126
	1,54E+02	1,20E+01	0,078
	1,87E+02	1,10E+01	0,059
TRH 5D	2,91E+02	5,00E+00	0,017
	4,06E+02	7,00E+00	0,017
	3,52E+02	5,00E+00	0,014
	3,96E+02	2,40E+01	0,061

FUENTE: Autora

3.5.3.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

TRH	Cs/Co
$\bar{X}_{TRH} 1$	0,070
$\bar{X}_{TRH} 2$	0,156
$\bar{X}_{TRH} 3$	0,029
$\bar{X}_{TRH} 4$	0,088
$\bar{X}_{TRH} 5$	0,027

3.5.3.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.5.3.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co			
1	0,099	0,063	0,046	
2	0,206	0,122	0,139	
3	0,044	0,006	0,036	
4	0,126	0,078	0,059	
5	0,017	0,017	0,014	0,061

3.5.3.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0,071$$

3.5.3.2.3 Cálculo de variaciones.

3.5.3.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.40)

$$Vb = 0,045$$

3.5.3.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.41)

$$Vw = 0,013$$

3.5.3.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.42)

$$V = 0,045$$

3.5.3.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.5.3.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 85 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,209	0,070	7,14E-04
Columna 2	3	0,467	0,156	1,98E-03
Columna 3	3	0,086	0,029	4,15E-04
Columna 4	3	0,263	0,088	1,19E-03
Columna 5	4	0,109	0,027	4,95E-04

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0354	4	0,0089	9,65	0,0013	3,36
Dentro de grupos	0,0101	11	0,0009			
Total	0,0455	15				

FUENTE: Autora

3.5.3.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 86 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,36

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,0013 < Prueba de significancia de 0,05.
- $F = 9,65 > \text{Valor crítico para } F = 3,36$.
- Percentil 95 = 3,36 < $F = 9,65$.

3.5.3.2.4.3 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 87 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,209	0,070	7,14E-04
Columna 2	3	0,467	0,156	1,98E-03
Columna 3	3	0,086	0,029	4,15E-04
Columna 4	3	0,263	0,088	1,19E-03
Columna 5	4	0,109	0,027	4,95E-04

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0354	4	0,0089	9,65	0,0013	5,67
Dentro de grupos	0,0101	11	0,0009			
Total	0,0455	15				

FUENTE: Autora

3.5.3.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 88 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,67

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,0013 < Prueba de significancia de 0,01.
- $F = 9,65 > \text{Valor crítico para } F = 5,67$.
- Percentil 99 = 5,67 < $F = 9,65$.

La hipótesis se rechaza a nivel de 5% y 1%, dado que el menor nivel de significancia es 0,0013 y se deduce que los resultados no son significativos.

3.5.3.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.5.3.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 89 Análisis Ji Cuadrado de datos

	fo	factor	fe	X ²
TRH	Cs/Co			
1	0,070	0,20	0,073	0,0002
2	0,156		0,073	0,091
3	0,029		0,073	0,027
4	0,088		0,073	0,002
5	0,027		0,073	0,029
	0,369		x ² Obtenido	0,151

FUENTE: Autora

3.5.3.3.2 Calculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a fo y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

S	fe	fo	Us
0,036	0,156	0,07377	2,256

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,15 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se acepta ya que $0,151 > 0,295$.
- La prueba de cola se acepta porque 2,256 se ubica dentro de 1,645.
- La prueba de cola se acepta porque 2,256 se ubica dentro de 2,33.

La hipótesis se acepta, es decir, los resultados son significativos.

3.5.3.4 Análisis de modelo exponencial.

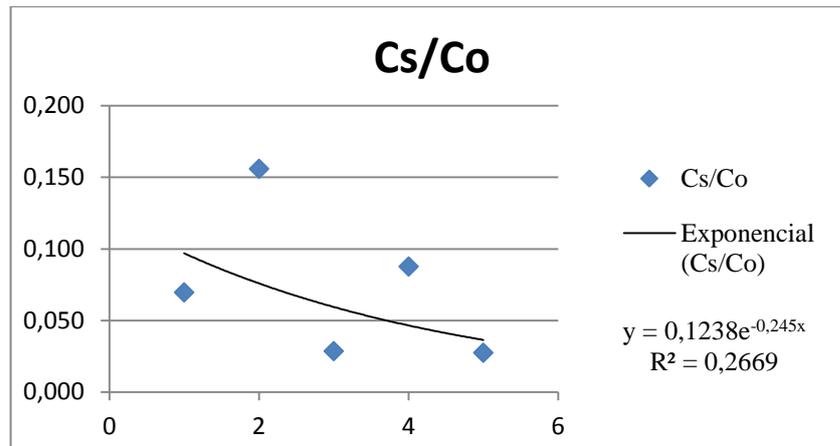


Figura 17.- Modelo de comportamiento de sólidos suspendidos con totora

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,2669 lo que significa que el 26,69% de variabilidad en la relación Cs/Co puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo no es significativo.

3.5.4 Análisis estadístico de la entrada y salida de sólidos suspendidos con carrizo

3.5.4.1 Determinación de valores principales.

3.5.4.1.1 Datos de entrada y salida de sólidos suspendidos con carrizo y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 90 Datos de entrada y salida de sólidos suspendidos con carrizo y la relación entre Cs/Co

	Afluente	Con Carrizo	Cs/Co
TRH 1D	162,00	8,00	0,049
	189,00	6,00	0,032
	302,00	7,00	0,023
TRH 2D	63,00	5,00	0,079
	90,00	9,00	0,100
	36,00	5,00	0,139
TRH 3D	68,00	5,00	0,074
	180,00	2,00	0,011
	138,00	5,00	0,036

TRH 4D	143,00	17,00	0,119
	154,00	14,00	0,091
	187,00	12,00	0,064
TRH 5D	291,00	7,00	0,024
	406,00	5,00	0,012
	352,00	5,00	0,014
	711,00	129,00	0,181

FUENTE: Autora

3.5.4.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

TRH	Cs/Co
\bar{X}_{TRH} 1	0,035
\bar{X}_{TRH} 2	0,106
\bar{X}_{TRH} 3	0,040
\bar{X}_{TRH} 4	0,091
\bar{X}_{TRH} 5	0,058

3.5.4.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.5.4.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co			
1	0,049	0,032	0,023	
2	0,079	0,100	0,139	
3	0,074	0,011	0,036	
4	0,119	0,091	0,064	
5	0,024	0,012	0,014	0,181

La tabla contiene: a: 5 renglones y N: 16 datos.

3.5.4.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0,065$$

3.5.4.2.3 Cálculo de variaciones.

3.5.4.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.43)

$$Vb = 0,020$$

3.5.4.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.44)

$$Vw = 0,044$$

3.5.4.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.45)

$$V = 0,038$$

3.5.4.2.4 Análisis de datos según función ANOVA de Excel.

3.5.4.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 91 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,104	0,035	1,79E-04
Columna 2	3	0,318	0,106	9,14E-04
Columna 3	3	0,121	0,040	9,86E-04
Columna 4	3	0,274	0,091	7,48E-04
Columna 5	4	0,232	0,058	6,80E-03

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0119	4	0,0030	1,26	0,344	3,36
Dentro de grupos	0,0260	11	0,0024			
Total	0,0380	15				

FUENTE: Autora

3.5.4.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 92 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,36

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0,344 > Prueba de significancia de 0,05.
- $F = 1,26 < \text{Valor crítico para } F = 3,36$.
- Percentil 95 = 3,36 > $F = 1,26$.

3.5.4.2.4.3 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 93 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	0,104	0,035	1,79E-04
Columna 2	3	0,318	0,106	9,14E-04
Columna 3	3	0,121	0,040	9,86E-04
Columna 4	3	0,274	0,091	7,48E-04
Columna 5	4	0,232	0,058	6,80E-03

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0119	4	0,0030	1,26	0,344	5,67
Dentro de grupos	0,0260	11	0,0024			
Total	0,0380	15				

FUENTE: Autora

3.5.4.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 94 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,67

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se acepta puesto que:

- Probabilidad = 0,344 > Prueba de significancia de 0,01.
- $F = 1,26 < \text{Valor crítico para } F = 5,66$.
- Percentil 99 = 5,67 > $F = 1,26$.

La hipótesis se acepta a nivel de 1% y 5%, en este caso se toma el resultado más desfavorable del análisis de varianza, es decir, a nivel de 5% por lo tanto los resultados son probablemente significativos.

3.5.4.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.5.4.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 95 Análisis Ji Cuadrado de datos

	fo	factor	fe	X ²
TRH	Cs/Co			
1	0,035	0,20	0,066	0,014
2	0,106		0,066	0,024
3	0,040		0,066	0,010
4	0,091		0,066	0,009
5	0,058		0,066	0,001
	0,330		x ² Obtenido	0,059

FUENTE: Autora

3.5.4.3.2 Calculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a fo y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

S	fe	fo	Us
0,025	0,11	0,06609	1,62

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,059 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se acepta ya que $0,059 > 0,295$.
- La prueba de cola se acepta porque 1,62 se ubica dentro de 1,645.
- La prueba de cola se acepta porque 1,62 se ubica dentro de 2,33.

La hipótesis se acepta, es decir, los resultados son significativos.

3.5.4.4 Análisis de modelo exponencial.

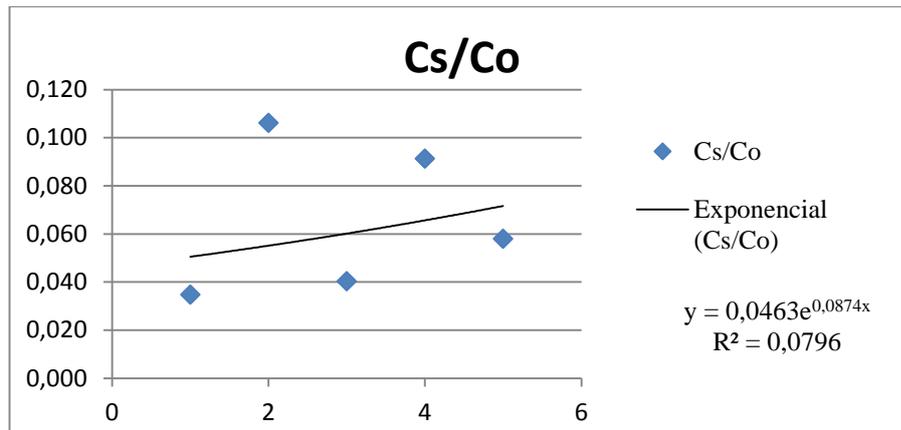


Figura 18.- Modelo de comportamiento de sólidos suspendidos con carrizo

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,0796 lo que significa que el 7,96% de variabilidad en la relación C_s/C_o puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo no es significativo.

3.6 Sólidos totales

3.6.1 Datos de entrada y salida de sólidos totales.

TABLA 3. 96 Datos generales de sólidos totales

	Unid	Afluyente	Sin Plantas	Con Totora	Con Carrizo
TRH 1D	mg/lt	465,00	286,00	287,00	270,00
		532,00	265,00	271,00	264,00
		668,00	335,00	336,00	316,00
TRH 2D		311,00	278,00	280,00	253,00
		440,00	389,00	288,00	354,00
		284,00	305,00	279,00	287,00
TRH 3D		403,00	277,00	275,00	266,00
		458,00	281,00	279,00	273,00
		398,00	286,00	279,00	288,00
TRH 4D		404,00	248,00	244,00	271,00
		437,00	242,00	256,00	240,00
		519,00	282,00	292,00	275,00
TRH 5D	657,00	249,00	243,00	243,00	
	674,00	218,00	240,00	231,00	
	646,00	256,00	253,00	262,00	

Fuente: ETAPA

3.6.2 Análisis estadístico de la entrada y salida de sólidos totales sin plantas

3.6.2.1 Determinación de valores principales.

3.6.2.1.1 Datos de entrada y salida de sólidos totales sin plantas y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 97 Datos de entrada y salida de sólidos totales sin plantas y la relación entre Cs/Co

	Afluyente	Sin Planta	Cs/Co
TRH 1D	465,00	286,00	0,62
	532,00	265,00	0,50
	668,00	335,00	0,50
TRH 2D	311,00	278,00	0,89
	440,00	389,00	0,88
	284,00	305,00	1,07
TRH 3D	403,00	277,00	0,69
	458,00	281,00	0,61
	398,00	286,00	0,72
TRH 4D	404,00	248,00	0,61
	437,00	242,00	0,55

	519,00	282,00	0,54
TRH 5D	657,00	249,00	0,38
	674,00	218,00	0,32
	646,00	256,00	0,40

FUENTE: Autora

3.6.2.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

TRH	Cs/Co
$\bar{X}_{TRH} 1$	0,538
$\bar{X}_{TRH} 2$	0,951
$\bar{X}_{TRH} 3$	0,673
$\bar{X}_{TRH} 4$	0,570
$\bar{X}_{TRH} 5$	0,275

3.6.2.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.6.2.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co		
1	0,615	0,498	0,501
2	0,894	0,884	1,074
3	0,687	0,614	0,719
4	0,614	0,554	0,543
5	0,379	0,323	0,396

3.6.2.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0,581$$

3.6.2.2.3 Cálculo de variaciones.

3.6.2.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.46)

$$Vb = 0,723$$

3.6.2.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.47)

$$Vw = 0,068$$

3.6.2.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.48)

$$V = 0,623$$

3.6.2.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.6.2.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 98 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	1,615	0,538	4,43E-03
Columna 2	3	2,852	0,951	1,14E-02
Columna 3	3	2,019	0,673	2,91E-03
Columna 4	3	1,711	0,570	1,45E-03
Columna 5	3	1,099	0,366	1,45E-03

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,5571	4	0,1393	32,14	0,00001	3,48
Dentro de grupos	0,0433	10	0,0043			
Total	0,6004	14				

FUENTE: Autora

3.6.2.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de Percentiles.

TABLA 3. 99 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,48

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,00001 < Prueba de significancia de 0,05.
- $F = 32,14 > \text{Valor crítico para } F = 3,48$.
- Percentil 95 = 3,48 < $F = 32,14$.

3.6.2.2.4.3 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 100 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	1,615	0,538	4,43E-03
Columna 2	3	2,852	0,951	1,14E-02
Columna 3	3	2,019	0,673	2,91E-03
Columna 4	3	1,711	0,570	1,45E-03
Columna 5	3	1,099	0,366	1,45E-03

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,5571	4	0,1393	32,14	0,0000 1	5,99
Dentro de grupos	0,0433	10	0,0043			
Total	0,6004	14				

FUENTE: Autora

3.6.2.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de Percentiles.

TABLA 3. 101 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,99

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,00001 < Prueba de significancia de 0,01.
- $F = 32,14 > \text{Valor crítico para } F = 5,99$.
- Percentil 99 = 5,99 < $F = 32,14$.

La hipótesis se rechaza a nivel de 5% y 1%, dado que el menor nivel de significancia es 0,0001 y se deduce que los resultados no son significativos.

3.6.2.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.6.2.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 102 Análisis Ji Cuadrado de datos

	fo	factor	fe	X ²
TRH	Cs/Co			
1	0,538	0,20	0,601	0,006
2	0,951		0,601	0,202
3	0,673		0,601	0,008
4	0,570		0,601	0,001
5	0,275		0,601	0,177
	3,007		x ² Obtenido	0,397

FUENTE: Autora

3.6.2.3.2 Cálculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a fo y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

S	fe	fo	Us
0,087	0,95	0,60	4,00

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,397 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se rechaza ya que $0,397 > 0,295$.
- La prueba de cola se rechaza porque 4,00 se ubica fuera de 1,645.
- La prueba de cola se rechaza porque 4,00 se ubica fuera de 2,33.

La hipótesis se rechaza, es decir, los resultados no son significativos.

3.6.2.4 Análisis de modelo exponencial.

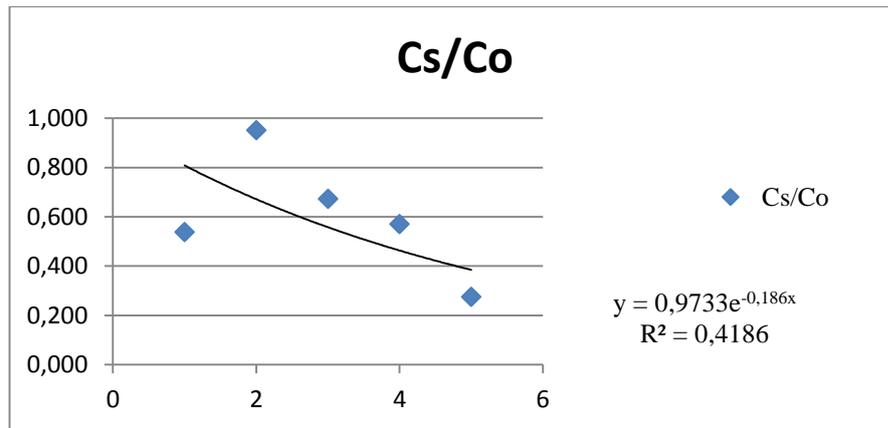


Figura 19.- Modelo de comportamiento de sólidos totales sin plantas

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,4186 lo que significa que el 41,86% de variabilidad en la relación Cs/Co puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo no es significativo.

3.6.3 Análisis estadístico de la entrada y salida de sólidos totales con totora

3.6.3.1 Determinación de valores principales.

3.6.3.1.1 Datos de entrada y salida de sólidos totales con totora y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 103 Datos de entrada y salida de sólidos totales con totora y la relación entre Cs/Co

	Afluente	Con Totora	Cs/Co
TRH 1D	465,00	287,00	0,62
	532,00	271,00	0,51
	668,00	336,00	0,50
TRH 2D	311,00	280,00	0,90
	440,00	288,00	0,65
	284,00	279,00	0,98
TRH 3D	403,00	275,00	0,68
	458,00	279,00	0,61
	398,00	279,00	0,70
TRH 4D	404,00	244,00	0,60
	437,00	256,00	0,59
	519,00	292,00	0,56

TRH 5D	657,00	243,00	0,37
	674,00	240,00	0,36
	646,00	253,00	0,39

FUENTE: Autora

3.6.3.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

TRH	Cs/Co
$\bar{X}_{TRH} 1$	0,543
$\bar{X}_{TRH} 2$	0,846
$\bar{X}_{TRH} 3$	0,664
$\bar{X}_{TRH} 4$	0,584
$\bar{X}_{TRH} 5$	0,279

3.6.3.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.6.3.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co		
1	0,617	0,509	0,503
2	0,900	0,655	0,982
3	0,682	0,609	0,701
4	0,604	0,586	0,563
5	0,370	0,356	0,392

3.6.3.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0,564$$

3.6.3.2.3 Cálculo de variaciones.

3.6.3.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.49)

$$Vb = 0,513$$

3.6.3.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.50)

$$Vw = 0,099$$

3.6.3.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.51)

$$V = 0,453$$

3.6.3.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.6.3.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 104 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	1,630	0,543	4,12E-03
Columna 2	3	2,537	0,846	2,91E-02
Columna 3	3	1,993	0,664	2,36E-03
Columna 4	3	1,752	0,584	4,29E-04
Columna 5	3	1,118	0,373	3,21E-04

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,3592	4	0,0898	12,36	0,0007	3,48
Dentro de grupos	0,0727	10	0,0073			
Total	0,4318	14				

FUENTE: Autora

3.6.3.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 105 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,48

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,0007 < Prueba de significancia de 0,05.
- $F = 13,01 > \text{Valor crítico para } F = 3,48$.
- Percentil 95 = 3,48 < $F = 13,01$.

3.6.3.2.4.3 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 106 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	1,630	0,543	4,12E-03
Columna 2	3	2,537	0,846	2,91E-02
Columna 3	3	1,993	0,664	2,36E-03
Columna 4	3	1,752	0,584	4,29E-04
Columna 5	3	1,118	0,373	3,21E-04

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,3592	4	0,0898	12,36	0,0007	5,99
Dentro de grupos	0,0727	10	0,0073			
Total	0,4318	14				

FUENTE: Autora

3.6.3.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 107 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,99

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,0007 > Prueba de significancia de 0,01.
- $F = 12,36 > \text{Valor crítico para } F = 5,99$.
- Percentil 99 = 5,99 < $F = 12,36$.

La hipótesis se rechaza a nivel de 5% y 1%, dado que el menor nivel de significancia es 0,0001 y se deduce que los resultados no son significativos.

3.6.3.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.6.3.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 108 Análisis Ji Cuadrado de datos

	fo	factor	fe	χ^2
TRH	Cs/Co			
1	0,543	0,20	0,583	0,002
2	0,846		0,583	0,118
3	0,664		0,583	0,011
4	0,584		0,583	0,000001
5	0,279		0,583	0,158
	2,917		x^2 Obtenido	0,290

FUENTE: Autora

3.6.3.3.2 Cálculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a fo y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

S	fe	fo	Us
0,139	0,85	0,58	1,88

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,290 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se acepta ya que $0,290 > 0,295$.
- La prueba de cola se acepta porque 1,88 se ubica dentro de 1,645.
- La prueba de cola se acepta porque 1,88 se ubica dentro de 2,33.

La hipótesis se acepta, es decir, los resultados son significativos.

3.6.3.4 Análisis de modelo exponencial.

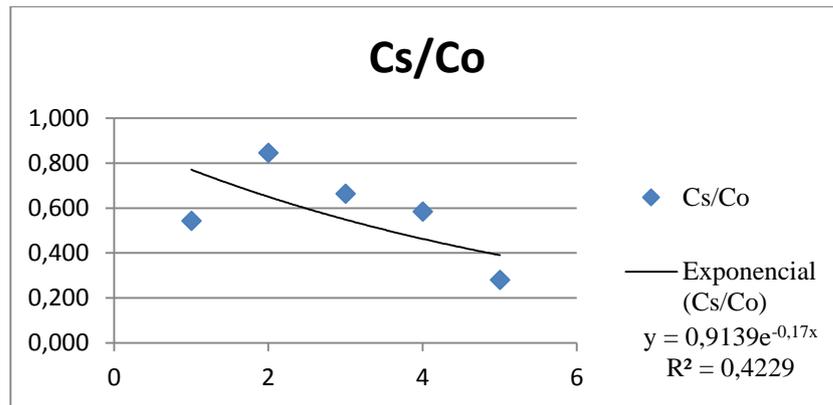


Figura 20.- Modelo de comportamiento de sólidos totales con totora

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,4229 lo que significa que el 42,29% de variabilidad en la relación Cs/Co puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo no es significativo.

3.6.4 Análisis estadístico de la entrada y salida de sólidos totales con carrizo

3.6.4.1 Determinación de valores principales.

3.6.4.1.1 Datos de entrada y salida de sólidos totales con carrizo y la relación entre los mismos.

TABLA 3. 109 Datos de entrada y salida de sólidos totales con carrizo y la relación entre Cs/Co

	Afluente	Con Carrizo	Cs/Co
TRH 1D	465,00	270,00	0,58
	532,00	264,00	0,50
	668,00	316,00	0,47
TRH 2D	311,00	253,00	0,81
	440,00	354,00	0,80
	284,00	287,00	1,01
TRH 3D	403,00	266,00	0,66
	458,00	273,00	0,60
	398,00	288,00	0,72
TRH 4D	404,00	271,00	0,67
	437,00	240,00	0,55
	519,00	275,00	0,53

TRH 5D	657,00	243,00	0,37
	674,00	231,00	0,34
	646,00	262,00	0,41

FUENTE: Autora

3.6.4.1.2 Media aritmética de los datos según su tiempo de retención (TRH).

TRH	Cs/Co
$\bar{X}_{TRH} 1$	0,517
$\bar{X}_{TRH} 2$	0,876
$\bar{X}_{TRH} 3$	0,660
$\bar{X}_{TRH} 4$	0,583
$\bar{X}_{TRH} 5$	0,280

3.6.4.2 Análisis ANOVA de un factor para evaluar la significancia de datos.

3.6.4.2.1 Ordenamiento de datos.

TRH	CS/Co		
1	0,581	0,496	0,473
2	0,814	0,805	1,011
3	0,660	0,596	0,724
4	0,671	0,549	0,530
5	0,370	0,343	0,406

3.6.4.2.2 Media aritmética de todos los valores ordenados.

$$\bar{X} = 0,564$$

3.6.4.2.3 Cálculo de variaciones.

3.6.4.2.3.1 Variación entre tratamientos. (ANEXO 3.52)

$$Vb = 0,571$$

3.6.4.2.3.2 Variación dentro de tratamientos. (ANEXO 3.53)

$$Vw = 0,081$$

3.6.4.2.3.3 Variación total. (ANEXO 3.54)

$$V = 0,493$$

3.6.4.2.4 Análisis de datos según función ANOVA.

3.6.4.2.4.1 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%.

TABLA 3. 110 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 5%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	1,550	0,517	3,21E-03
Columna 2	3	2,629	0,876	1,36E-02
Columna 3	3	1,980	0,660	4,07E-03
Columna 4	3	1,750	0,583	5,84E-03
Columna 5	3	1,118	0,373	9,93E-04

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,4162	4	0,1041	18,81	0,0001	3,48
Dentro de grupos	0,0553	10	0,0055			
Total	0,4716	14				

FUENTE: Autora

3.6.4.2.4.2 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 111 Análisis referente al percentil 95

Valor de percentil 95	
P 95	3,48

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 5% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,0001 < Prueba de significancia de 0,05.
- $F = 18,81 > \text{Valor crítico para } F = 3,36$.
- Percentil 95 = 3,36 < $F = 18,81$.

3.6.4.2.4.3 Resultados de análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%.

TABLA 3. 112 Análisis ANOVA con una prueba de significancia del 1%

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	3	1,550	0,517	3,21E-03
Columna 2	3	2,629	0,876	1,36E-02
Columna 3	3	1,980	0,660	4,07E-03
Columna 4	3	1,750	0,583	5,84E-03
Columna 5	3	1,118	0,373	9,93E-04

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados libertad	Promedio de cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,4162	4	0,1041	18,81	0,0001	5,99
Dentro de grupos	0,0553	10	0,0055			
Total	0,4716	14				

FUENTE: Autora

3.6.4.2.4.4 Resultados de análisis ANOVA según tabla de percentiles.

TABLA 3. 113 Análisis referente al percentil 99

Valor de percentil 99	
P 99	5,99

FUENTE: Autora

Análisis de datos:

El análisis ANOVA con prueba de significancia del 1% se rechaza puesto que:

- Probabilidad = 0,0001 < Prueba de significancia de 0.01.
- $F = 18,81 > \text{Valor crítico para } F = 5,99$.
- Percentil 99 = 5,99 < $F = 18,81$.

La hipótesis se rechaza a nivel de 5% y 1%, dado que el menor nivel de significancia es 0,0001 y se deduce que los resultados no son significativos.

3.6.4.3 Análisis de datos mediante el método de Ji – Cuadrado.

3.6.4.3.1 Análisis de datos respecto a su tiempo de retención.

TABLA 3. 114 Análisis Ji Cuadrado de datos

	fo	factor	fe	X2
TRH	Cs/Co			
1	0,517	0,20	0,583	0,007
2	0,876		0,583	0,147
3	0,660		0,583	0,010
4	0,583		0,583	0,00000005
5	0,280		0,583	0,158
	2,916		x^2 Obtenido	0,323

FUENTE: Autora

3.6.4.3.2 Cálculo de la desviación estándar del mayor valor correspondiente a fo y evaluación de datos con prueba de 1 cola.

S	fe	fo	Us
0,095	0,88	0,58	3,08

Análisis de datos:

- A nivel de 0,01 la hipótesis se acepta ya que $0,308 < 0,771$.
- A nivel de 0,05 la hipótesis se rechaza ya que $0,308 > 0,295$.
- La prueba de cola se rechaza porque 3,08 se ubica fuera de 1,645.
- La prueba de cola se rechaza porque 3,08 se ubica fuera de 2,33.

La hipótesis se rechaza, es decir, los resultados no son significativos.

3.6.4.4 Análisis de modelo exponencial.

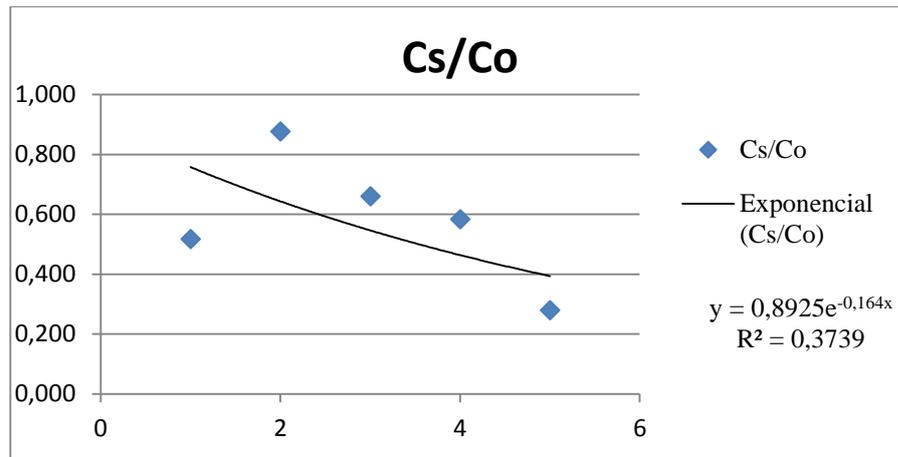


Figura 21.- Modelo de comportamiento de sólidos totales con carrizo

FUENTE: Autora

Se obtiene un R^2 de 0,3739 lo que significa que el 37,39% de variabilidad en la relación C_s/C_o puede ser explicada por el tiempo de retención, por lo cual se entiende que el modelo no es significativo.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Interpretación de resultados

Tabla 4. 1 Resultados del análisis estadístico de DBO

	DBO		
	SIN PLANTAS	CON TOTORA	CON CARRIZO
ANOVA 5%	R	R	R
ANOVA 1%	R	R	R
Ji-Cuadrado 1%	A	A	A
Ji-Cuadrado 5%	A	R	A
Prueba de cola 1%	R	R	R
Prueba de cola 5%	R	R	R
R ²	0,4815	0,7879	0,2955

FUENTE: Autora

Las pruebas de tratabilidad referentes al análisis de DBO₅, el cual representa la demanda bioquímica de oxígeno al inicio y final de un período de 5 días, no son significativos a nivel de 1% y 5% según el análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de cola de los tratamientos sin plantas, con totora y con carrizo, lo que significa que tiene un nivel de confiabilidad menor al 95%, sin embargo la prueba Ji-cuadrado nos da un resultado positivo a nivel del 1% y 5% en los tratamientos sin plantas y con carrizo, es decir, se acepta la hipótesis planteada con un nivel de confianza del 95%, en el tratamiento con totora se acepta únicamente a nivel del 1%, lo que representa que la hipótesis se acepta con un nivel de confianza del 99%, por lo tanto en este tratamiento se tiene mayor grado de significancia, este caso es explicado también por el análisis de gráficas relacionadas al coeficiente de correlación R, en el cual la probabilidad de que la relación entre los datos de entrada y salida Cs/Co sea explicado por el tiempo de retención (TRH) es del 78,79%, mientras que en el tratamiento con plantas es del 48,15% y el tratamiento con carrizo es del 29,55%. Por lo tanto se puede concluir que el análisis tiene una tendencia a ser significativa.

Tabla 4. 2 Resultados del análisis estadístico de DQO

	DQO		
	SIN PLANTAS	CON TOTORA	CON CARRIZO
ANOVA 5%	A	R	A
ANOVA 1%	A	R	A
Ji-Cuadrado 1%	A	A	A
Ji-Cuadrado 5%	A	A	A
Prueba de cola 1%	A	R	A
Prueba de cola 5%	A	R	A
R ²	0,3298	0,9146	0,0901

FUENTE: Autora

El análisis realizado a las pruebas de DQO, el cual se refiere a la demanda química de oxígeno al inicio y final de un período, son significativas a nivel de 1% y 5% según el análisis de varianza (ANOVA), el análisis Ji-cuadrado y la prueba de cola en los tratamiento sin plantas y con carrizo, lo cual significa que tienen un nivel de confiabilidad del 95%, puesto que se toma el más desfavorable, sin embargo la probabilidad de que la relación Cs/Co pueda ser explicada por el tiempo de retención (TRH) es de 32,98% para el tratamiento sin planta y 9,01 para el tratamiento con carrizo, las cuales no representan valores significativos. En caso del tratamiento con totora los resultados no son significativos a nivel de 1% y 5% según el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de cola, pero son significativos a nivel de 1% y 5% en el análisis Ji-cuadrado, por lo tanto se tiene un nivel de confiabilidad del 95% y este puede ser explicado también por el coeficiente de correlación el cual es de 91,46%. Por lo tanto se puede concluir que el análisis es probablemente significativo.

Tabla 4. 3 Resultados del análisis estadístico de coliformes fecales

	COLIFORMES FECALES		
	SIN PLANTAS	CON TOTORA	CON CARRIZO
ANOVA 5%	R	R	A
ANOVA 1%	A	A	A
Ji-Cuadrado 1%	A	A	A
Ji-Cuadrado 5%	R	R	R
Prueba de cola 1%	A	A	A
Prueba de cola 5%	A	A	A
R ²	0,9841	0,9152	0,9301

FUENTE: Autora

El análisis estadístico de pruebas referente a los coliformes fecales es significativo a nivel de 1%, pero no a nivel de 5%, según el análisis de varianza (ANOVA) y Ji-cuadrado en los tratamientos sin plantas y con totora, lo cual significa que tiene un nivel de confiabilidad del 99%, en la prueba de cola se acepta a nivel de 1% y 5% esto representa un nivel de confianza del 95%, es decir, se toma el más desfavorable; la probabilidad de que la relación Cs/Co sea explicada por el tiempo de retención para el tratamiento con planta es del 98,41% y para el tratamiento con totora es del 91,52%, en el caso del tratamiento con carrizo es significativo a nivel de 1% y 5% según el análisis de varianza (ANOVA) y prueba de cola, por lo que se tiene un nivel de confiabilidad del 95% y en caso del análisis Ji-cuadrado es significativo a nivel de 1%, por lo tanto es confiable en un 99% y su coeficiente de correlación es del 93,01%. Se puede concluir que los resultados son significativos.

Tabla 4. 4 Resultados del análisis estadístico de coliformes totales

	COLIFORMES TOTALES		
	SIN PLANTAS	CON TOTORA	CON CARRIZO
ANOVA 5%	A	A	A
ANOVA 1%	A	A	A
Ji-Cuadrado 1%	A	A	A
Ji-Cuadrado 5%	R	A	R
Prueba de cola 1%	A	A	A
Prueba de cola 5%	A	A	A
R ²	0,944	0,8321	0,876

FUENTE: Autora

El análisis realizado a las pruebas de coliformes totales es significativo a nivel de 1% y 5% según el análisis de varianza (ANOVA), análisis Ji-cuadrado y prueba de cola en el tratamiento con totora, lo que significa que tiene un nivel de confiabilidad del 95%, con un coeficiente de correlación igual a 83,21%. En caso de los tratamientos sin plantas y con carrizo son significativos a nivel de 1% y 5% según el análisis de varianza (ANOVA) lo cual representa un nivel de confianza del 95% y es significativo a nivel de 1%, pero no de 5%, según el análisis Ji-cuadrado, con un nivel de confiabilidad del 99%, así como también la probabilidad de que la relación Cs/Co sea explicada por el tiempo de retención (TRH) para el tratamiento con plantas es del 94,40% y para el tratamiento con carrizo es del 87,60%. Por lo tanto se concluye que los resultados son probablemente significativos.

Tabla 4. 5 Resultados del análisis estadístico de sólidos suspendidos

	SÓLIDOS SUSPENDIDOS		
	SIN PLANTAS	CON TOTORA	CON CARRIZO
ANOVA 5%	R	R	A
ANOVA 1%	A	R	A
Ji-Cuadrado 1%	A	A	A
Ji-Cuadrado 5%	R	A	A
Prueba de cola 1%	A	A	A
Prueba de cola 5%	A	A	A
R ²	0,0562	0,2669	0,0796

FUENTE: Autora

El análisis referente a los sólidos suspendidos es significativo a nivel de 1%, pero no de 5% según el análisis de varianza (ANOVA) y análisis Ji-cuadrado del tratamiento con plantas, lo cual significa que tiene un nivel de confiabilidad del 99% y es significativo a nivel de 1% y 5% en las pruebas de cola, en la cual se elige el valor más desfavorable, por lo tanto se tiene un nivel de confianza del 95%, sin embargo se tiene con un coeficiente de correlación de 5,62% el cual es bajo en comparación con los resultados de los análisis estadísticos. Para el tratamiento con totora se obtiene que los resultados no son significativos a nivel de 1% y 5% según el análisis de varianza (ANOVA), pero es significativo a nivel de 1% y 5% en las pruebas de cola y análisis Ji-cuadrado, lo que representa un nivel de confiabilidad del 95% con un coeficiente de correlación igual a 26,69% y en caso del tratamiento con carrizo la hipótesis planteada se acepta a nivel de 1% y 5% según el análisis de varianza (ANOVA), análisis Ji-cuadrado y pruebas de cola, lo cual se refiere a que se tiene un nivel de confiabilidad del 95% con un coeficiente de correlación del 7,96%. Por lo tanto se puede concluir que los resultados no son significativos.

Tabla 4. 6 Resultados del análisis estadístico de sólidos totales

	SÓLIDOS TOTALES		
	SIN PLANTAS	CON TOTORA	CON CARRIZO
ANOVA 5%	R	R	R
ANOVA 1%	R	R	R
Ji-Cuadrado 1%	R	A	R
Ji-Cuadrado 5%	R	A	R
Prueba de cola 1%	R	A	R
Prueba de cola 5%	R	A	R
R ²	0,4186	0,4229	0,3739

FUENTE: Autora

El análisis estadístico referente a los coliformes totales no es significativo a nivel de 1% y 5% según el análisis de varianza (ANOVA), análisis Ji-cuadrado y pruebas de cola de los tratamientos sin plantas y con carrizo, así como también la probabilidad de que la relación entre los datos de entrada y salida de coliformes sea explicada por el tiempo de retención (TRH) es baja, para el tratamiento sin plantas es de 41,86% y para el tratamiento con carrizo es de 37,39%, en el caso del tratamiento con totora los resultados no son significativos a nivel de 1% y 5% según el análisis de varianza (ANOVA), pero se acepta la hipótesis planteada a nivel de 1% y 5% en el análisis Ji-cuadrado y pruebas de cola, lo que significa que tiene un nivel de confiabilidad del 95% y su coeficiente de correlación corresponde al valor de 42,29%. Por lo tanto se puede concluir que los resultados tienen tendencia a ser significativos.

CONCLUSIONES

- Como resultado del análisis estadístico realizado a las pruebas de tratabilidad de DBO5, DQO, coliformes fecales, coliformes totales, sólidos suspendidos y sólidos totales obtenidas por ETAPA mediante varias tecnologías, es posible concluir que no todos los datos son significativos, sin embargo estos tiene una tendencia a serlo, por lo cual es necesario realizar un mayor número de pruebas para que los resultados lleguen a la característica de ser significativos estadísticamente. Por otro lado se observa la importancia de realizar este tipo de pruebas estadísticas a valores experimentales, ya que de no probarse que los mismos son significativos podría llegarse a ecuaciones de tendencia erróneas.
- Se realizó dos diferentes análisis para cada parámetro de cada tratamiento, los cuales son: análisis de varianza (ANOVA) y análisis Ji-cuadrado, a través de los cuales se puede obtener la significancia estadística de cada uno de ellos. Los resultados finales se muestran en el apartado 4.1 y se evidencia que a través de los dos métodos se obtienen resultados semejantes, y por tanto las conclusiones obtenidas pueden tomarse como válidas.
- Para el análisis de las curvas de tendencia de remoción de contaminantes se empleó una curva exponencial, ya que en la bibliografía sobre tratamiento de aguas residuales se especifica la tendencia hacia este tipo de curva de la relación entre porcentaje de remoción y tiempo de retención hidráulico.
- Como resultado del análisis del coeficiente de correlación para las curvas de tendencia se pudo observar que en algunos casos se obtuvieron valores altos de R^2 y en otros no, lo que refuerza la necesidad de realizar un mayor número de pruebas con el fin de obtener ecuaciones de tendencia con una mayor correlación.

BIBLIOGRAFÍA

MURRAY, R. S., & STEPHEN, L. J. (2009). *Estadística*. México: McGRAW-HILL/Interamericana editores, S.A.

PAGANO, R. R. (2011). *Estadística para las ciencias del comportamiento*. México: Cengage Learning Editores, S.A.

RUIZ, D. (2013). Manual de estadística. En D. Ruiz, *Manual de estadística*. Quito: Universidad Pablo de Olavide.

ZÚÑIGA, D. L. (2009). *Estadística gerencial*. Ecuador.

ANEXOS

Procedimientos del cálculo de parámetros de DBO5 sin plantas.

Anexo 3. 1.- Variación entre tratamientos

TRH	$\overline{X_{TRHX}}$	\bar{X}	Vb
1	0,299	0,143	0,111
2	0,164		
3	0,128		
4	0,100		
5	0,056		

Anexo 3. 2.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	X4	$\overline{X_{TRHX}}$	Vw
1	0,310	0,234	0,353		0,299	0,009
2	0,177	0,173	0,143		0,164	
3	0,143	0,112	0,128		0,128	
4	0,100	0,106	0,096		0,100	
5	0,059	0,062	0,070	0,034	0,056	

Anexo 3. 3.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}	V
1	0,310	0,234	0,353		0,143	0,119
2	0,177	0,173	0,143			
3	0,143	0,112	0,128			
4	0,100	0,106	0,096			
5	0,059	0,062	0,070	0,034		

Procedimientos del cálculo de parámetros de DBO5 con totora.

Anexo 3. 4.- Variación entre tratamientos

TRH	$\overline{X_{TRHX}}$	\bar{X}	Vb
1	0,316	0,133	0,152
2	0,167		
3	0,104		
4	0,067		
5	0,043		

Anexo 3. 5.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}_{TRHX}	Vw
1	0,322	0,241	0,386		0,316	0,013
2	0,194	0,163	0,143		0,167	
3	0,121	0,086	0,105		0,104	
4	0,064	0,077	0,061		0,067	
5	0,037	0,048	0,065	0,020	0,043	

Anexo 3. 6.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}	V
1	0,322	0,241	0,386		0,133	0,165
2	0,194	0,163	0,143			
3	0,121	0,086	0,105			
4	0,064	0,077	0,061			
5	0,037	0,048	0,065	0,020		

Procedimientos del cálculo de parámetros de DBO5 con carrizo.

Anexo 3. 7.- Variación entre tratamientos

TRH	\bar{X}_{TRHX}	\bar{X}	Vb
1	0,250	0,130	0,078
2	0,174		
3	0,111		
4	0,085		
5	0,056		

Anexo 3. 8.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}_{TRHX}	Vw
1	0,230	0,214	0,307		0,250	0,007
2	0,177	0,173	0,171		0,174	
3	0,121	0,095	0,116		0,111	
4	0,082	0,096	0,078		0,085	
5	0,064	0,062	0,070	0,029	0,056	

Anexo 3. 9.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}	V
1	0,230	0,214	0,307		0,130	0,084
2	0,177	0,173	0,171			
3	0,121	0,095	0,116			
4	0,082	0,096	0,078			
5	0,0649	0,062	0,070	0,029		

Procedimientos del cálculo de parámetros de DQO sin plantas.

Anexo 3. 10.- Variación entre tratamientos

TRH	\bar{X}_{TRHX}	\bar{X}	Vb
1	0,276	0,258	0,052
2	0,268		
3	0,359		
4	0,199		
5	0,208		

Anexo 3. 11.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}_{TRHX}	Vw
1	0,353	0,238	0,238		0,276	0,131
2	0,148	0,215	0,442		0,268	
3	0,489	0,258	0,330		0,359	
4	0,287	0,163	0,149		0,199	
5	0,176	0,100	0,197	0,357	0,208	

Anexo 3. 12.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}	V
1	0,353	0,238	0,238		0,258	0,183
2	0,148	0,215	0,442			
3	0,489	0,258	0,330			
4	0,287	0,163	0,149			
5	0,176	0,100	0,197	0,357		

Procedimientos del cálculo de parámetros de DQO con totora.

Anexo 3. 13.- Variación entre tratamientos

TRH	$\overline{X_{TRHX}}$	\bar{X}	Vb
1	0,330	0,181	0,094
2	0,196		
3	0,152		
4	0,142		
5	0,111		

Anexo 3. 14.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	X4	$\overline{X_{TRHX}}$	Vw
1	0,311	0,339	0,339		0,330	0,026
2	0,154	0,209	0,227		0,196	
3	0,128	0,145	0,184		0,152	
4	0,190	0,140	0,095		0,142	
5	0,096	0,169	0,074	0,105	0,111	

Anexo 3. 15.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}	V
1	0,311	0,339	0,339		0,181	0,108
2	0,154	0,209	0,227			
3	0,128	0,145	0,184			
4	0,190	0,140	0,095			
5	0,0963	0,169	0,074	0,105		

Procedimientos del cálculo de parámetros de DQO con carrizo.

Anexo 3. 16.- Variación entre tratamientos

TRH	$\overline{X_{TRHX}}$	\bar{X}	Vb
1	0,365	0,246	0,092
2	0,179		
3	0,185		
4	0,320		
5	0,199		

Anexo 3. 17.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	X4	$\overline{X_{TRHX}}$	Vw
1	0,361	0,367	0,367		0,365	0,283
2	0,135	0,193	0,210		0,179	
3	0,202	0,204	0,149		0,185	
4	0,589	0,287	0,085		0,320	
5	0,1096	0,109	0,211	0,365	0,199	

Anexo 3. 18.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}	V
1	0,361	0,367	0,367		0,246	0,269
2	0,135	0,193	0,210			
3	0,202	0,204	0,149			
4	0,589	0,287	0,085			
5	0,1096	0,109	0,211	0,365		

Procedimientos del cálculo de parámetros de coliformes fecales sin plantas.

Anexo 3. 19.- Variación entre tratamientos

TRH	$\overline{X_{TRHX}}$	\bar{X}	Vb
1	0,206	0,0572	0,091
2	0,071		
3	0,021		
4	0,004		
5	0,002		

Anexo 3. 20.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	X4	$\overline{X_{TRHX}}$	Vw
1	0,069	0,343	0,206		0,206	0,051
2	0,008	0,163	0,042		0,071	
3	0,013	0,029	0,022		0,021	
4	0,002	0,006	0,004		0,004	
5	0,0004	0,003	0,002	0,003	0,002	

Anexo 3. 21.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}	V
1	0,069	0,343	0,206		0,057	0,142
2	0,008	0,163	0,042			
3	0,013	0,029	0,022			
4	0,002	0,006	0,004			
5	0,0004	0,003	0,002	0,003		

Procedimientos del cálculo de parámetros de coliformes fecales con totora.

Anexo 3. 22.- Variación entre tratamientos

TRH	$\overline{X_{TRHX}}$	\bar{X}	Vb
1	0,198	0,0533	0,084
2	0,060		
3	0,020		
4	0,002		
5	0,003		

Anexo 3. 23.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	X4	$\overline{X_{TRHX}}$	Vw
1	0,046	0,343	0,206		0,198	0,060
2	0,008	0,163	0,010		0,060	
3	0,010	0,029	0,021		0,020	
4	0,001	0,004	0,002		0,002	
5	0,0024	0,003	0,001	0,005	0,003	

Anexo 3. 24.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}	V
1	0,046	0,343	0,206		0,053	0,145
2	0,008	0,163	0,010			
3	0,010	0,029	0,021			
4	0,001	0,004	0,002			
5	0,0024	0,003	0,001	0,005		

Procedimientos del cálculo de parámetros de coliformes fecales con carrizo.

Anexo 3. 25.- Variación entre tratamientos

TRH	$\overline{X_{TRHX}}$	\bar{X}	Vb
1	0,180	0,059	0,065
2	0,081		
3	0,039		
4	0,010		
5	0,005		

Anexo 3. 26.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	X4	$\overline{X_{TRHX}}$	Vw
1	0,026	0,371	0,141		0,180	0,072
2	0,014	0,140	0,089		0,081	
3	0,016	0,076	0,024		0,039	
4	0,012	0,004	0,014		0,010	
5	0,0011	0,004	0,010	0,006	0,005	

Anexo 3. 27.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}	V
1	0,026	0,371	0,141		0,059	0,137
2	0,014	0,140	0,089			
3	0,016	0,076	0,024			
4	0,012	0,004	0,014			
5	0,0011	0,004	0,010	0,006		

Procedimientos del cálculo de parámetros de coliformes totales sin plantas.

Anexo 3. 28.- Variación entre tratamientos

TRH	$\overline{X_{TRHX}}$	\bar{X}	Vb
1	0,217	0,053	0,102
2	0,049		
3	0,014		
4	0,004		
5	0,003		

Anexo 3. 29.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	X4	$\overline{X_{TRHX}}$	Vw
1	0,044	0,541	0,065		0,217	0,163
2	0,005	0,106	0,038		0,049	
3	0,013	0,015	0,014		0,014	
4	0,002	0,007	0,003		0,004	
5	0,002	0,001	0,001	0,007	0,003	

Anexo 3. 30.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}	V
1	0,044	0,541	0,065		0,053	0,265
2	0,005	0,106	0,038			
3	0,013	0,015	0,014			
4	0,002	0,007	0,003			
5	0,002	0,001	0,001	0,007		

Procedimientos del cálculo de parámetros de coliformes totales con totora.

Anexo 3. 31.- Variación entre tratamientos

TRH	$\overline{X_{TRHX}}$	\bar{X}	Vb
1	0,105	0,030	0,024
2	0,039		
3	0,010		
4	0,003		
5	0,002		

Anexo 3. 32.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	X4	$\overline{X_{TRHX}}$	Vw
1	0,044	0,206	0,065		0,105	0,020
2	0,010	0,094	0,013		0,039	
3	0,006	0,011	0,012		0,010	
4	0,001	0,006	0,002		0,003	
5	0,0020	0,002	0,001	0,004	0,002	

Anexo 3. 33.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}	V
1	0,044	0,206	0,065		0,030	0,043
2	0,010	0,094	0,013			
3	0,006	0,011	0,012			
4	0,001	0,006	0,002			
5	0,0020	0,002	0,001	0,004		

Procedimientos del cálculo de parámetros de coliformes totales con carrizo.

Anexo 3. 34.- Variación entre tratamientos

TRH	\bar{X}_{TRHX}	\bar{X}	Vb
1	0,197	0,0519	0,084
2	0,059		
3	0,012		
4	0,004		
5	0,004		

Anexo 3. 35.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}_{TRHX}	Vw
1	0,041	0,506	0,044		0,197	0,145
2	0,021	0,083	0,072		0,059	
3	0,013	0,011	0,012		0,012	
4	0,002	0,006	0,003		0,004	
5	0,001	0,001	0,010	0,003	0,004	

Anexo 3. 36.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}	V
1	0,041	0,506	0,044		0,0519	0,2296
2	0,021	0,083	0,072			
3	0,013	0,011	0,012			
4	0,002	0,006	0,003			
5	0,001	0,001	0,010	0,003		

Procedimientos del cálculo de parámetros de sólidos suspendidos sin plantas.

Anexo 3. 37.- Variación entre tratamientos

TRH	$\overline{X_{TRHX}}$	\bar{X}	Vb
1	0,061	0,124	0,235
2	0,368		
3	0,035		
4	0,129		
5	0,052		

Anexo 3. 38.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	X4	$\overline{X_{TRHX}}$	Vw
1	0,093	0,058	0,033		0,061	0,183
2	0,254	0,156	0,694		0,368	
3	0,059	0,011	0,036		0,035	
4	0,161	0,136	0,091		0,129	
5	0,017	0,012	0,026	0,151	0,052	

Anexo 3. 39.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}	V
1	0,093	0,058	0,033		0,124	0,418
2	0,254	0,156	0,694			
3	0,059	0,011	0,036			
4	0,161	0,136	0,091			
5	0,017	0,012	0,026	0,151		

Procedimientos del cálculo de parámetros de sólidos suspendidos con totora.

Anexo 3. 40.- Variación entre tratamientos

TRH	$\overline{X_{TRHX}}$	\bar{X}	Vb
1	0,070	0,0709	0,035
2	0,156		
3	0,029		
4	0,088		
5	0,027		

Anexo 3. 41.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	X4	$\overline{X_{TRHX}}$	Vw
1	0,099	0,063	0,046		0,070	0,013
2	0,206	0,122	0,139		0,156	
3	0,044	0,006	0,036		0,029	
4	0,126	0,078	0,059		0,088	
5	0,017	0,017	0,014	0,061	0,027	

Anexo 3. 42.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}	V
1	0,099	0,063	0,046		0,070	0,045
2	0,206	0,122	0,139			
3	0,044	0,006	0,036			
4	0,126	0,078	0,059			
5	0,017	0,017	0,014	0,061		

Procedimientos del cálculo de parámetros de sólidos suspendidos con carrizo.

Anexo 3. 43.- Variación entre tratamientos

TRH	$\overline{X_{TRHX}}$	\bar{X}	Vb
1	0,035	0,065	0,012
2	0,106		
3	0,040		
4	0,091		
5	0,058		

Anexo 3. 44.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	X4	$\overline{X_{TRHX}}$	Vw
1	0,049	0,032	0,023		0,035	0,044
2	0,079	0,100	0,139		0,106	
3	0,074	0,011	0,036		0,040	
4	0,119	0,091	0,064		0,091	
5	0,0241	0,012	0,014	0,181	0,058	

Anexo 3. 45.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	X4	\bar{X}	V
1	0,049	0,032	0,023		0,0656	0,0380
2	0,079	0,100	0,139			
3	0,074	0,011	0,036			
4	0,119	0,091	0,064			
5	0,0241	0,012	0,014	0,181		

Procedimientos del cálculo de parámetros de sólidos totales sin plantas.

Anexo 3. 46.- Variación entre tratamientos

TRH	\bar{X}_{TRHX}	\bar{X}	Vb
1	0,538	0,581	0,723
2	0,951		
3	0,673		
4	0,570		
5	0,275		

Anexo 3. 47.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	\bar{X}_{TRHX}	Vw
1	0,615	0,498	0,501	0,538	0,068
2	0,894	0,884	1,074	0,951	
3	0,687	0,614	0,719	0,673	
4	0,614	0,554	0,543	0,570	
5	0,379	0,323	0,396	0,275	

Anexo 3. 48.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	\bar{X}	V
1	0,615	0,498	0,501	0,5810	0,6229
2	0,894	0,884	1,074		
3	0,687	0,614	0,719		
4	0,614	0,554	0,543		
5	0,379	0,323	0,396		

Procedimientos del cálculo de parámetros de sólidos totales con totora.

Anexo 3. 49.- Variación entre tratamientos

TRH	$\overline{X_{TRHX}}$	\bar{X}	Vb
1	0,543	0,5643	0,514
2	0,846		
3	0,664		
4	0,584		
5	0,279		

Anexo 3. 50.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	$\overline{X_{TRHX}}$	Vw
1	0,617	0,509	0,503	0,543	0,099
2	0,900	0,655	0,982	0,846	
3	0,682	0,609	0,701	0,664	
4	0,604	0,586	0,563	0,584	
5	0,370	0,356	0,392	0,279	

Anexo 3. 51.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	\bar{X}	V
1	0,617	0,509	0,503	0,564	0,453
2	0,900	0,655	0,982		
3	0,682	0,609	0,701		
4	0,604	0,586	0,563		
5	0,370	0,356	0,392		

Procedimientos del cálculo de parámetros de sólidos totales con carrizo.

Anexo 3. 52.- Variación entre tratamientos

TRH	$\overline{X_{TRHX}}$	\bar{X}	Vb
1	0,517	0,5641	0,571
2	0,876		
3	0,660		
4	0,583		
5	0,280		

Anexo 3. 53.- Variación dentro de tratamientos

TRH	X1	X2	X3	$\overline{X_{TRHX}}$	Vw
1	0,581	0,496	0,473	0,517	0,081
2	0,814	0,805	1,011	0,876	
3	0,660	0,596	0,724	0,660	
4	0,671	0,549	0,530	0,583	
5	0,3699	0,343	0,406	0,280	

Anexo 3. 54.- Variación total

TRH	X1	X2	X3	\bar{X}	V
1	0,581	0,496	0,473	0,5641	0,4928
2	0,814	0,805	1,011		
3	0,660	0,596	0,724		
4	0,671	0,549	0,530		
5	0,3699	0,343	0,406		